05-2025 | ISSN 2734-9888 | tapchixaydung.vn

XÂY DỰNG

TẠP CHÍ CỦA BỘ XÂY DỰNG

JOURNAL OF CONSTRUCTION



A-GROUP

Kiến tạo
CÔNG TRÌNH BỀN VỮNG
CHẠM ĐẾN KHÔNG GIAN
Hoàn mỹ



TƯ VẤN - THIẾT KẾ - XÂY DỰNG - NỘI THẤT - SÂN VƯỜN









A-GROUP
ĐƠN VỊ THIẾT KẾ THI CÔNG

0931 2222 81
0941 2222 81

TP. Rạch Giá : P31-19, Tôn Đức Thắng, KĐT Phú Cường, P. An Hòa
TP. Phú Quốc : Đường Dương Đông Cửa Cạn, KP10, P. Dương Đông
TP. HCM : 524 Lý Thường Kiệt, P.7, Q. Tân Bình

QUÉT MÃ NGAY
Để biết thêm
thông tin chi tiết

PEARL
RESIDENCE

CĂN HỘ Ngọc Trai

VẬN HÀNH THEO TIÊU CHUẨN QUỐC TẾ SAVILLS
TẠI VINH - CỬA LÒ

An Phú	S-Connect	B-Diamond	Vĩnh Khang
0948 961 188	0769 133 969	0986 532 308	0935 585 699



www.pearl-residence.vn

Trung tâm Cửa Lò, Thành phố Vinh, Tỉnh Nghệ An

MỤC LỤC CONTENT

05.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:
PGS.TS Phạm Minh Hà - Chủ tịch Hội đồng
PGS.TS Vũ Ngọc Anh - Thường trực Hội đồng
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
TS Lê Văn Cư - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vĩnh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Doãn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
PGS.TS Lê Trung Thành - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thăng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Thái Bình
PHÓ TỔNG BIÊN TẬP:
Nguyễn Văn Hường
Phạm Văn Dùng
Nguyễn Thanh Hoa
Lý Ngọc Thanh

TÒA SOẠN:
37 LÊ ĐẠI HÀNH, Q.HAI BÀ TRƯNG, HÀ NỘI
Phòng Thư ký - Biên tập (tiếp nhận bài):
024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Văn phòng đại diện phía Nam:
14 Kỳ Đồng, Quận 3, TP.HCM
Giấy phép xuất bản:
Số 14/GP-BVHTTDL, ngày 11/4/2025.
ISSN: 2734-9888
Tài khoản: 113000001172
Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam Chi nhánh Hai Bà Trưng, Hà Nội
Thiết kế: Thạc Cường
In tại: Công ty TNHH In Quang Minh
Địa chỉ: Số 27, Ngõ 785, Trương Định, Q Hoàng Mai, TP Hà Nội.

Ảnh bìa 1: Là một quốc gia ven biển, Việt Nam có rất nhiều lợi thế để phát triển hệ thống cảng biển, biến nó trở thành hạt nhân của kinh tế biển.

QUẢN LÝ NGÀNH

TS HOÀNG ANH TUẤN 6 Nâng cao hiệu quả hoạt động vận tải tại Việt Nam: Thực trạng và định hướng giải pháp

THANH NGA 10 Hệ thống đường sắt đô thị ở Việt Nam: Cần một bộ thông số kỹ thuật và khung tiêu chuẩn dùng chung

PGS.TS TỐNG TRẦN TÙNG 14 Bàn về một số nội dung của tập Chỉ dẫn kỹ thuật trong hồ sơ các dự án xây dựng giao thông hiện nay

TỪ CHÍNH SÁCH ĐẾN CUỘC SỐNG

NGUYỄN HOÀNG LINH 18 Hành trình "thoát thai" của kinh tế tư nhân Việt Nam

KTS PHẠM THANH TÙNG 20 Tính "Mở"- nét độc đáo của Kiến trúc đô thị Sài Gòn - TP.HCM

THANH LƯƠNG 24 Áp dụng thiết kế FEED cho dự án đường sắt tốc độ cao và dự án đường sắt đô thị: Một số điểm chung và khác biệt

TS.LS NGUYỄN TRUNG NAM, THS PHẠM HỒNG LIÊN 26 Kinh nghiệm quý giá về FEED và gợi ý cho dự án đường sắt cao tốc Bắc - Nam

THS PHẠM THANH HẢI 30 Kinh nghiệm thiết kế FEED từ dự án Đường sắt cao tốc Malaysia - Singapore

THS LÊ HIẾU HỒNG PHÚC 34 BIM áp dụng trong thiết kế FEED dự án xây dựng

LS VŨ THỊ THỊNH 38 FEED và một số vấn đề pháp lý tại các dự án cơ sở hạ tầng đường sắt hiện nay

NGUYỄN HUY HIỆP, TRẦN TRUNG ĐỨC, NGUYỄN VĂN ĐỨC 41 Nghiên cứu phát triển công nghệ lưu biến bảo đảm cho việc làm chủ không gian ngầm

LÊ ANH TUẤN, TRẦN TRUNG ĐỨC 44 Phân tích TOD trên quan điểm đa chiều

TRÒ TRUYỆN VỚI CHUYÊN GIA

MINH THÀNH 48 Biến cảng biển trở thành hạt nhân của kinh tế biển: Đừng bỏ lỡ thời cơ!

GÓC NHÌN TỪ THỰC TIỄN

NGUYỄN MINH VÂN 54 "Ngòi nổ" tên chung trong những cuốn sổ đỏ!

DOANH NGHIỆP 4.0

MINH ANH 56 Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 2 và Mông Dương 1: Hiệu quả trong bảo vệ môi trường và tiêu thụ tro xỉ

PV 58 Buýt Hà Nội không ngừng hoàn thiện, phục vụ tốt nhu cầu đi lại của người dân

GIỚI THIỆU SÁCH MỚI

AN NHIÊN 60 "Tổ chức thi công đường sắt đô thị"

NGHIÊN CỨU KHOA HỌC

THS NGUYỄN CÔNG THỊNH, PGS. TS NGUYỄN ĐỨC LƯỢNG, TS NGUYỄN HOÀNG HIỆP, THS VŨ VIỆT HÀ 65 Đánh giá tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một số giải pháp chiếu sáng, thông gió và điều hòa không khí cho một tòa nhà văn phòng giả định được xây dựng tại 03 thành phố có điều kiện khí hậu khác nhau ở Việt Nam

TS ĐÀO SỸ ĐÁN 70 Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14

PGS.TS HỒ ANH CƯƠNG, TS NGUYỄN TRỌNG DŨNG 74 Khả năng sử dụng bùn thải và đá thải trong khai thác khoáng sản quặng đồng Sin Quyền kết hợp tro bay nhiệt điện để chế tạo bê tông đầm lăn làm móng đường giao thông

THS LÊ THANH TÂM, THS VŨ NGỌC TRINH 78 Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ sạch bề mặt thép đến khả năng bám dính của vật liệu cốt sợi cường độ cao (FRP) trong sửa chữa gia cường kết cấu thép

TS NGÔ THỊ THANH HƯƠNG 81 Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến cường độ nén của đất gia cố xi măng trộn sâu trong phòng thí nghiệm

THS NGUYỄN HỒNG VÂN, PGS.TS NGUYỄN THỊ HỒNG HẠNH 84 Vai trò của phát triển năng lực và đánh giá thành tích trong việc tăng cường động lực làm việc cho lao động lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt Việt Nam

TS NGUYỄN ĐĂNG HẠNH 88 Đánh giá sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng công trình nhà ở dân dụng

THS TRẦN TUẤN ANH, TS NGUYỄN ANH NGỌC 92 Nghiên cứu tối ưu hóa công suất của bộ thu năng lượng áp điện kiểu xếp chồng tích hợp trên hệ thống treo ô tô

TS THÁI KHẮC CHIẾN 98 Sử dụng xi măng nhôm chế tạo vữa khô tự chảy không co cường độ nén trên 70 MPa

TS TRẦN VIỆT HƯNG 102 Nghiên cứu chẩn đoán hư hỏng kết cấu cầu giàn thép sử dụng mạng kết hợp 1DCNN-LSTM

PGS.TS TRỊNH ĐÌNH TOÁN 106 Thẩm định dự án với vai trò nâng cao vị thế của quyết định đầu tư xây dựng

PGS.TS NGUYỄN THANH SANG, TS TRẦN NGỌC HUY, TS BÙI TUẤN ANH, TS THÁI MINH QUÂN 110 Lớp vật liệu đắp K98 bằng vật liệu gia cố tro bay - xi măng trong xây dựng công trình giao thông

THS ĐỖ THỊ HẰNG, NGÔ HOÀNG LONG DƯƠNG MINH HIẾU, BÙI THỊ KIM DUNG 113 Thực nghiệm phân tích và đánh giá dao động kết cấu cầu và ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu

TS ĐẶNG MINH TÂN, PGS.TS ĐỖ QUỐC CƯỜNG 116 Nghiên cứu đánh giá vùng "lưỡng nan" tại nút giao thông có đèn tín hiệu sử dụng dữ liệu giao thông thực tế ở Hà Nội

THS PHẠM QUANG THÔNG 119 Nghiên cứu mô-đun đàn hồi của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải trong xây dựng mặt đường cứng

THS LÊ THỊ LỆ 122 Cải tạo đất nền bằng phương pháp nổ mini (microblasting)

TS NGUYỄN THUỲ LINH, TS LÊ KHÁNH GIANG 126 Nghiên cứu ứng dụng phương pháp local outlier factor trong phát hiện ngoại lai kết quả đo GNSS-RTK quan trắc chuyển dịch cầu hệ dây tại Việt Nam

TS PHẠM THỊ LAN ANH 130 Kế toán doanh thu của doanh nghiệp vận tải theo Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế

Giá 75.000 đồng





INDUSTRY MANAGEMENT

HOANG ANH TUAN 6 Improving the efficiency of transport operations in Vietnam: Current situation and solution orientation

THANH NGA 10 Urban railway system in Vietnam: Need for a common set of technical specifications and standards framework

TONG TRAN TUNG 14 Discuss some contents of the Technical Instructions in the dossiers of current traffic construction projects

FROM POLICY TO LIFE

NGUYEN HOANG LINH 18 The transformation journey of Vietnam's private economy

PHAM THANH TUNG 20 The spirit of "openness": A unique character of Saigon - Ho Chi Minh City's urban architecture

THANH LUONG 24 Applying FEED design to high-speed rail projects and urban rail projects: Some commonalities and differences

NGUYEN TRUNG NAM, PHAM HONG LIEN 26 Valuable experience in FEED and suggestions for the North-South high-speed railway project

PHAM THANH HAI 30 FEED design experience from the Malaysia - Singapore High Speed Rail project

LE HIEU HONG PHUC 34 BIM applied in FEED design of construction projects

VU THI THINH 38 FEED and some legal issues in current railway infrastructure projects

NGUYEN HUY HIEP, TRAN TRUNG DUC, NGUYEN VAN DUC 41 Research and development of rheological technology to ensure mastery of underground space

LE ANH TUAN, TRAN TRUNG DUC 44 TOD analysis from a ultidimensional perspective

TALK WITH EXPERTS

MINH THANH 48 Turning seaports into the core of the maritime economy: Do not miss the opportunity!

PERSPECTIVE TO PRACTICAL

NGUYEN MINH VAN 54 The trigger of shared names in land use certificates!

ENTERPRISE 4.0

MINH ANH 56 Vinh Tan 2 and Mong Duong 1 Thermal Power Plants: Efficiency in environmental protection and ash consumption

PV 58 Hanoi buses are constantly improv-ing, serving well the travel needs of the people

ABOUT NEW BOOK

AN NHIEN 60 "Organization of urban railway construction"

SCIENTIFIC RESEARCH

NGUYEN CONG THINH, NGUYEN DUC LUONG, NGUYEN HOANG HIEP, VU VIET HA 65 Energy efficiency potential assess-ment of lighting, ventilation, air con-ditioning solutions of an office build-ing assumed to be built in 03 typical cities in different climate zones of Vi-etnam

DAO SY DAN 70 Study on Evaluating the Fire Re-sistance of Simple Reinforced Con-crete Slabs Based on the ACI 216.1M-14

HO ANH CUONG, NGUYEN TRONG DUNG 74 Potential utilization of waste sludge and waste rock from Sin Quyen cop-per ore mining combined with coal fly ash for producing roller-compacted concrete for road subbase construc-tion

LE THANH TAM, VU NGOC TRINH 78 An experimental study the effect of rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and steel substrates on adhesive bonding of fi-bre reinforced polymer composite ma-terial

NGO THI THANH HUONG 81 Study on the influence of selected fac-tors on the compressive strength of cement deep mixing soil by laboratory experiments

NGUYEN HONG VAN, NGUYEN THI HONG HANH 84 The role of competence development and performance evaluation in en-hancing work motivation among em-ployees in Vietnam's railway trans-portation business sector

NGUYEN DANG HANH 88 Evaluates foam concrete for applica-tion in backfilling foundation in civil construction

TRAN TUAN ANH, NGUYEN ANH NGOC 92 Research on power optimization of stacked piezoelectric energy harvest-ers integrated on automotive suspen-sion systems

THAI KHAC CHIEN 98 Using aluminum cement in the manu-facturing of self-flowing, non-shrink grout with compressive strength of 70 MPa

TRAN VIET HUNG 102 Research on damage diagnosis of steel truss bridge structures using a hybrid 1DCNN-LSTM Network

TRINH DINH TOAN 106 Project appraisal as a role to enhance the position of construction invest-ment decisions

NGUYEN THANH SANG, TRAN NGOC HUY, BUI TUAN ANH, THAI MINH QUAN 110 Capping stabilized layer with fly ash and portland cement in transportation infrastructure construction

DO THI HANG, NGO HOANG LONG DUONG MINH HIEU, BUI THI KIM DUNG 113 An experimental investigation and assessment of structural vibrations in bridges and rail induced by train loads

DANG MINH TAN, DO QUOC CUONG 116 An evaluation of the dilemma zone at signalized intersections using empirical traffic data in Hanoi

PHAM QUANG THONG 119 Study on the elastic modulus of concrete using recycled aggregates from waste concrete in rigid pavement construction

LE THI LE 122 Soil improvement by the method of microblasting

NGUYEN THUY LINH, LE KHANH GIANG 126 Research on the application of local outlier factor in detecting outliers in GNSS-RTK measurements for moni-toring cable-stayed bridge displace-ments in Vietnam

PHAM THI LAN ANH 130 Accounting for revenue of transport enterprises according to International Financial Reporting Standard

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D
(Chairman of the Scientific Council)
Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D
(Permanent Council)
Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D
Dr. Le Van Cu
Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D
Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D
Dr. Nguyen Hong Hai
Dr. Le Quang Hung
Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D
Dr. Khuat Viet Hung
Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung
Prof. Pham Huy Khang, Ph.D
Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi
Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang
Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Dr. Phan Huu Duy Quoc
Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D
Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D
Prof. Pham Cao Thang, Ph.D
Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D
Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D
Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Thai Binh
DEPUTY-EDITOR-IN-CHIEF:
Nguyen Van Huong
Pham Van Dung
Nguyen Thanh Hoa
Ly Ngoc Thanh

OFFICE:
37 LE DAI HANH, HAI BA TRUNG, HANOI
Editorial Board: 024.39740744
Email: banbientap@tapchixaydung.vn
Representative Office in Ho Chi Minh City:
No. 14 Ky Dong, District 3, Ho Chi Minh City
Publication:
No: 14/GP-BVHTTDL dated April 11, 2025.
ISSN: 2734-9888
Account: 113000001172
Joint Stock Commercial Bank of Vietnam Industrial and Commercial Branch, Hai Ba Trung, Hanoi
Designed by: Thac Cuong
Printed at Quang Minh Company Limited
Address: No. 27, Alley 785, Truong Dinh Street, Hoang Mai District, Hanoi City, Vietnam.

MỤC LỤC CONTENT

05.2025 tapchixaydung.vn

HỘI ĐỒNG KHOA HỌC:

PGS.TS Phạm Minh Hà - Chủ tịch Hội đồng
PGS.TS Vũ Ngọc Anh - Thường trực Hội đồng
GS.TS Nguyễn Việt Anh - Ủy viên
TS Lê Văn Cư - Ủy viên
PGS.TS Phạm Xuân Dương - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Hà - Ủy viên
TS Nguyễn Hồng Hải - Ủy viên
TS Lê Quang Hùng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Văn Hùng - Ủy viên
TS Khuất Việt Hùng - Ủy viên
PGS.TS.KTS Hoàng Vĩnh Hưng - Ủy viên
GS.TS Phạm Huy Khang - Ủy viên
GS.TS.KTS Doãn Minh Khôi - Ủy viên
GS.TS.KTS Nguyễn Tố Lăng - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Ngọc Long - Ủy viên
GS.TS Phan Quang Minh - Ủy viên
TS Phan Hữu Duy Quốc - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thanh Sang - Ủy viên
PGS.TS Lê Trung Thành - Ủy viên
GS.TS Phạm Cao Thăng - Ủy viên
GS.TS Trịnh Minh Thụ - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Hồng Tiến - Ủy viên
PGS.TS Nguyễn Thị Tuyết Trinh - Ủy viên
PGS.TS Hoàng Tùng - Ủy viên
PGS.TS Tống Trần Tùng - Ủy viên

TS VÕ TRƯỜNG SƠN 134 Cải tiến thuật toán định tuyến địa lý chống tắc nghẽn cho mạng VANET dựa vào độ trễ cho phép của các gói tin

PGS.TS NGUYỄN VIẾT THANH 138 Ảnh hưởng của kênh Tắt và cảng Duyên Hải đến diễn biến dòng chảy, xói lở và bồi lắng vùng cửa sông và ven biển tỉnh Trà Vinh

THS PHẠM DUY HÒA 142 Tính giật đường cong theo phương pháp điểm giữa

THS TRƯƠNG TUẤN AN, THS NGUYỄN VĂN LONG 146 Cảm biến sợi quang FBG và ứng dụng trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình

THS LÊ KIM NHUNG 150 Nhận diện và đánh giá các rủi ro bên ngoài trong giai đoạn chuẩn bị tham gia đầu tư xây dựng hạ tầng giao thông đường bộ theo hình thức đối tác công tư (PPP)

TS VŨ VĂN TOẢN, TS HỒ XUÂN BA, TS HỒ VIỆT LONG 154 Nâng cao hiệu quả giám sát và nghiệm thu dầm Super-T bằng công nghệ đám mây điểm

TS TRẦN ANH DŨNG, TS NGUYỄN KHÁNH DŨNG 158 Nghiên cứu tính toán kết cấu đường không đá ballast dạng bản bê tông đường sắt tốc độ cao

THS LÊ QUANG HƯNG 162 Nghiên cứu ứng dụng cảm biến LVDT trong đo chuyển vị động nhịp dẫn cầu Long Biên

TS LÊ XUÂN TRƯỜNG, GS.TS LÊ HÙNG LÂN, TS NGUYỄN THỊ HỒNG MAI 165 Những thách thức và định hướng nghiên cứu phục vụ mục tiêu vận tải và logistics xanh ở Việt Nam

TS BÙI THANH QUANG 168 Mô phỏng ứng xử uốn của dầm bê tông tính năng siêu cao sử dụng mô hình phá hoại dẻo

THS ĐỖ XUÂN QUÝ 171 Đánh giá hiệu quả phân tích dầm trên nền đàn hồi chịu tác dụng của tải trọng tĩnh bằng phương pháp phần tử hữu hạn sử dụng mô hình nền Winkler, liên kết dị hướng và phần tử dầm-nền dị hướng

TS NGUYỄN VĂN HẢI 176 Điều khiển thông minh dựa trên deep Q-learning cho xe tự hành trong hệ thống giao thông thông minh

TS. PHẠM THỊ LÝ 181 Nghiên cứu phân tích và trích xuất đặc trưng dữ liệu giao thông từ camera giám sát phục vụ cho mô hình dự báo lưu lượng

TS VŨ VĂN TRUNG 186 Xây dựng phương pháp lý thuyết và thực nghiệm xác định các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép trong quá trình hạ bằng búa rung

NGUYỄN THANH TÙNG 191 Áp dụng máy học dựa trên tìm kiếm A* để thu được công thức mô đun đàn hồi tương đương của sàn thép khi quy về bài toán dầm

THS.KTS DƯƠNG AN HÀ 194 Nghiên cứu thiết kế chiếu sáng công trình tôn giáo, tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống theo hướng phát triển du lịch văn hóa

TS DƯƠNG THU HẰNG 198 Đánh giá đặc tính nước thải đô thị với mô hình hệ thống thoát nước riêng tại TP Đà Lạt, Việt Nam

TS TRẦN ĐỈNH CƯƠNG 202 Tổng quan các phương pháp hiện đại trong việc giảm thiểu hiện tượng thấm ngược ở kết cấu khối xây trong các công trình cũ và tiềm năng ứng dụng tại Việt Nam

TS TRẦN ĐỨC HIẾU 206 Xác định mức tiêu hao năng lượng đào đất của máy ủi

TS NGUYỄN VĂN TRUNG 210 Tăng cường công tác quản lý nhà nước trong hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao tại các tỉnh miền núi phía Bắc

PHẠM HỮU HÀ GIANG, NGUYỄN TRƯỜNG PHÁT, LÊ GIA LINH, CAO TRỌNG DANH, PHẠM MINH TRIẾT 214 Đánh giá chuyển vị của hệ cọc xi măng đất trong mô hình động

LÊ VĂN HIẾN 218 Giải pháp quan trắc chuyển dịch hầm đường sắt đô thị thi công bằng công nghệ khoan đào TBM

ĐÀO DUY KIÊN 222 Đặc trưng và tính ngẫu nhiên của độ nhám bề mặt bị ăn mòn

TS LÊ CÔNG DUY, THS PHAN ĐÌNH THOẠI, THS NGUYỄN MINH TUẤN ANH, KS NGUYỄN THÀNH TRUNG 226 Một cách đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép trong trường hợp trạng thái và khả năng là các số khoảng 2 chiều

TS LÊ BẢO QUỐC, TRẦN QUỐC HUY, TS VŨ NGỌC ANH 230 Nghiên cứu ứng xử móng cọc chịu tác động động đất trong nền đất yếu

MSC PHAN ĐỨC HOÀNG 234 Đề xuất phân khu vực để quản lý mạng lưới đường đô thị thành phố thái nguyên theo hướng giao thông đô thị phát triển bền vững

LÊ HẢI DƯƠNG, PHẠM ĐỨC TIỆP, DƯƠNG VĂN THỊNH, ĐINH QUANG TRUNG 240 Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá mức độ mài mòn và xói mòn của bê tông san hô

PHẠM PHÚ TÌNH, NGUYỄN THỊ NGỌC LOAN 244 Xác định cường độ chịu nén yêu cầu của bê tông theo tiêu chuẩn ACI 301-20

PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH 249 Đô thị Việt Nam 2050 hướng đến Chiến lược phát triển "Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững"

THS.KTS NGUYỄN HOÀNG HIỆP, TS LÊ ANH VŨ 252 Giải pháp nội thất tối ưu nào cho không gian căn hộ diện tích nhỏ?

TS PHẠM HOÀNG 255 Nghiên cứu dự báo chi phí biện pháp thi công xây dựng theo lý thuyết độ tin cậy

MAI VŨ DUY 260 Một số lưu ý trong thiết kế và lựa chọn cây xanh tạo cảnh quan tại các đô thị sông nước Cần Thơ

TS NGUYỄN HỮU DŨNG 263 Nghiên cứu giải pháp kết cấu sử dụng dầm bản rỗng đúc sẵn đặt trên hệ móng cọc ống bê tông cường độ cao đối với công trình giao thông

ĐỖ TRỌNG NGHĨA 266 Sử dụng phần mềm Deepsoil V7.0 để phân tích phản ứng địa chấn

THS CAO THỊ MAI HƯƠNG 269 Giải pháp khắc phục ảnh hưởng của ứng suất dư và biến dạng ban đầu trong kết cấu thép

TS.KTS NGUYỄN VIỆT HUY 272 Áp dụng phương thức xây dựng khô trong thiết kế kiến trúc bền vững tại Việt Nam

NGUYỄN QUANG TUẤN, BÙI TRƯỜNG GIANG, TRẦN THỊ PHƯƠNG LAN 276 Khảo sát mối liên hệ giữa độ cứng và tần số dao động riêng trong kết cấu nhà nhiều tầng bê tông cốt thép





VO TRUONG SON	134	Improving congestion-aware geo-graphical routing algorithm in VANET based on the allowable delay of packets
NGUYEN VIET THANH	138	Influence of kenh Tat Channel on the current, erosion and deposition in the estuaries and coast of Tra Vinh
PHAM DUY HOA	142	Calculation of curve jerk using the midpoint method
TRUONG TUAN AN, NGUYEN VAN LONG	146	Optical Fiber Bragg gratting sensor FBG and its application in structural quality inspection
LE KIM NHUNG	150	Identification and Assessment of Ex-ternal Risks in the Preparation Phase for Participation in Road Infrastruc-ture Investment under the Public-Private Partnership (PPP) Model
VU VAN TOAN, HO XUAN BA, HO VIET LONG	154	Enhancing the efficiency of monitor-ing and acceptance inspection of Su-per-T girder using point cloud tech-nology
TRAN ANH DUNG, NGUYEN KHANH DUNG	158	Research on calculation of slab track for high-speed railways
LE QUANG HUNG	162	Research on the application of LVDT sensor in measuring dynamic displacement of the approach span on Long Bien bridge
LE XUAN TRUONG, LE HUNG LAN, NGUYEN THI HONG MAI	165	Challenges and research orientation of green transport and logistics objec-tives
BUI THANH QUANG	168	Flexural behavior simulation of ultra-high performance concrete beams using the damage plasticity model
DO XUAN QUY	171	Efficiency Evaluation of Finite Ele-ment Analysis for Beams on Elastic Foundations under Static Loads Us-ing the Winkler Model with Aniso-tropic Connections and Beam-Foundation Interaction Elements
NGUYEN VAN HAI	176	Deep Q-learning-based intelligent control for automotive vehicles in intelligent transportation systems
PHAM THI LY	181	Research on analyzing and extracting traffic data features from surveillance cameras for traffic forecasting model
VU VAN TRUNG	186	Theoretical and experimental method measures the dynamic resistance of soil acting on steel pile driving by vibarator
NGUYEN THANH TUNG	191	A* Search-Based machine learning Approach for Obtaining the Equiva-lent elastic modulus formula of Steel decks as Beam problems
DUONG AN HA	194	Lighting design for traditional wood-en religious structures in the context of cultural tourism development
DUONG THU HANG	198	Evaluation of Urban wastewater characteristics in the Separate sewer-age systems in Da lat City, Vietnam
TRAN DINH CUONG	202	Overview of modern methods for mit-igating rising damp in masonry struc-tures of aged buildings and their ap-plication potential in Vietnam
TRAN DUC HIEU	206	Determining the energy consumption of the bulldozer
NGUYEN VAN TRUNG	210	Enhancing governmental manage-ment in guiding the implementation of the National Criteria for New Rural Communes and the National Criteria for Advanced New Rural Communes in the Northern mountainous provinc-es
PHAM HUU HA GIANG, NGUYEN TRUONG PHAT, LE GIA LINH, CAO TRONG DANH, PHAM MINH TRIET	214	Evaluation of displacement of soil cement columns in a dynamic model
LE VAN HIEN	218	Monitoring approach for displacements of urban railway tunnels excavated using TBM technology
DAO DUY KIEN	222	Characteristic and random law of roughness factor on corroded surface
LE CONG DUY, PHAN DINH THOAI, NGUYEN MINH TUAN ANH, NGUYEN THANH TRUNG	226	A formula of evaluating the reliability of the reinforced concrete frame in case of status and capacity are used 2d-interval numbers
LE BAO QUOC, TRAN QUOC HUY, VU NGOC ANH	230	Research on the dynamic behavior of pile foundations under earthquake loading In soft ground
PHAN DUC HOANG	234	A proposal for area division to man-age the urban road network of thai nguyen city towards sustainable urban transport development
LE HAI DUONG, PHAM DUC TIEP, DUONG VAN THINH, DINH QUANG TRUNG	240	Experimental study on the abrasion and erosion assessment of coral con-crete
PHAM PHU TINH, NGUYEN THI NGOC LOAN	244	Establish the required compressive strength of concrete in accordance with ACI 301-20
TRAN TRONG HANH	249	Vietnamese Urban Areas 2050: To-wards an "Effective - Inclusive - Sus-tainable" Development Strategy
NGUYEN HOANG HIEP, LE ANH VU	252	What Are the Optimal Interior Solu-tions for Micro-Apartments?
PHAM HOANG	255	Research on predicted construction costs based on the theory of reliabil
MAI VU DUY	260	Some notes in designing and selecting trees to create landscape in river cities in Can Tho province
NGUYEN HUU DUNG	263	Study on structural solutions using the hollow-core precast concrete slabs placed on the pre-stressed high strength concrete pipe piles (PHC) foundation for Transportation Infra-structure
DO TRONG NGHIA	266	Using Deepsoil V7.0 software to per-form the seismic response analysis
CAO THI MAI HUONG	269	Solutions to mitigate the effects of residual stress and initial deformation in steel structures
NGUYEN VIET HUY	272	Applying dry construction method in sustainable architectural design in Vi-etnam
NGUYEN QUANG TUAN, BUI TRUONG GIANG, TRAN THI PHUONG LAN	276	Investigation of the Correlation be-tween stiffness and Natural oscillation frequency in Multi-Storey reinforced concrete structures

SCIENTIFIC COMMISSION:

Ass.Prof Pham Minh Ha, Ph.D
(Chairman of the Scientific Council)
Ass.Prof Vu Ngoc Anh, Ph.D
(Permanent Council)
Prof. Nguyen Viet Anh, Ph.D
Dr. Le Van Cu
Ass.Prof Pham Xuan Duong, Ph.D
Ass.Prof Hoang Ha, Ph.D
Dr. Nguyen Hong Hai
Dr. Le Quang Hung
Ass.Prof Nguyen Van Hung, Ph.D
Dr. Khuat Viet Hung
Ass.Prof, Architect Hoang Vinh Hung
Prof. Pham Huy Khang, Ph.D
Prof, Dr, Architect Doan Minh Khoi
Prof, Dr, Architect Nguyen To Lang
Ass.Prof Nguyen Ngoc Long, Ph.D
Prof. Phan Quang Minh, Ph.D
Dr. Phan Huu Duy Quoc
Ass.Prof Nguyen Thanh Sang, Ph.D
Ass.Prof Le Trung Thanh, Ph.D
Prof. Pham Cao Thang, Ph.D
Prof. Trinh Minh Thu, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Hong Tien, Ph.D
Ass.Prof Nguyen Thi Tuyet Trinh, Ph.D
Ass.Prof Hoang Tung, Ph.D
Ass.Prof Tong Tran Tung, Ph.D

NÂNG CAO HIỆU QUẢ HOẠT ĐỘNG VẬN TẢI TẠI VIỆT NAM:

Thực trạng và **định hướng giải pháp**



TS HOÀNG ANH TUẤN*

Bài viết đánh giá thực trạng về hoạt động vận tải tại Việt Nam, tập trung làm rõ vấn đề liên thông, kết nối giữa các phương thức vận tải trong quy hoạch, quy định pháp luật; sự chồng chéo, phân mảnh trong thủ tục hành chính; sự thiếu đồng bộ trong áp dụng công nghệ số. Trên cơ sở đánh giá thực trạng, bài viết đề xuất định hướng một số giải pháp nhằm nâng cao hiệu quả và phát triển bền vững hoạt động vận tải.

Dự kiến, nếu các nhóm giải pháp được triển khai đồng bộ, chi phí logistics có thể giảm từ 16 - 17% GDP xuống còn khoảng 12 - 13% vào năm 2030, góp phần nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia.

1. MỞ ĐẦU

Trong hệ thống kinh tế quốc dân, vận tải là huyết mạch của nền kinh tế, đóng vai trò bảo đảm lưu thông hàng hóa, kết nối sản xuất với tiêu dùng, thúc đẩy phát triển vùng, liên kết quốc tế và tăng cường hội nhập kinh tế toàn cầu. Tính đến năm 2024, ngành giao thông vận tải Việt Nam đang quản lý và phát triển đồng thời năm phương thức vận tải gồm: đường bộ, đường sắt, đường thủy nội địa, hàng hải và hàng không. Tuy nhiên, mỗi phương thức lại có đặc điểm kỹ thuật, hành lang pháp lý và cơ chế vận hành khác nhau, tạo ra những khó khăn nhất định trong tổ chức kết nối liên thông, chia sẻ dữ liệu và tối ưu hóa chi phí logistics. Theo số liệu của Tổng cục Thống kê (nay là Cục Thống kê) năm 2024, sản lượng vận tải hàng hóa ước đạt 2,67 tỷ tấn, tăng 14,0% so với năm 2023; sản lượng vận tải hành khách đạt 5,09 tỷ lượt, tăng 8,3%. Tuy nhiên, vận tải đường bộ vẫn chiếm hơn 75% hàng hóa và 91,68% hành khách, phản ánh sự mất cân đối trong cơ cấu vận tải, làm gia tăng chi phí logistics và áp lực lên hạ tầng đường bộ. Đồng thời, chi phí logistics của Việt Nam hiện vào khoảng 16 - 17% GDP, cao hơn mức trung bình toàn cầu (14%) và gần gấp đôi so với nhóm nước OECD (9 - 11%). Một trong những nguyên nhân chính là hệ thống vận tải thiếu tính kết nối hiệu quả, tổ chức điều phối còn rời rạc, cơ chế quản lý chồng chéo, và hạ tầng chưa được quy hoạch tích hợp theo hành lang kinh tế.

Bài viết này tập trung đánh giá thực trạng quản lý vận tải hiện nay và đề xuất các giải pháp về phát triển hệ thống vận tải liên thông, số hóa và thân thiện môi trường nhằm nâng cao hiệu quả hoạt động vận tải.

(*) *Vụ trưởng Vụ Vận tải và An toàn giao thông (Bộ Xây dựng)*

2. THỰC TRẠNG QUẢN LÝ VẬN TẢI VÀ CÁC CÁCH THỨC CHÍNH

2.1. Pháp luật phân mảnh, thủ tục hành chính thủ công, lạc hậu

Các luật hiện hành điều chỉnh riêng biệt từng loại hình vận tải: đường bộ, đường sắt, hàng hải, đường thủy nội địa, dẫn đến nhiều quy định thiếu thống nhất. Nhiều thủ tục cấp phép, kiểm định, khai thác tuyến… chưa số hóa đồng bộ, còn yêu cầu hồ sơ giấy, gây tốn thời gian và chi phí cho doanh nghiệp. Đặc biệt, chưa có đạo luật quy định thống nhất điều chỉnh hoạt động vận tải đa phương thức và dịch vụ logistics với vai trò trung gian điều phối. Việc thiếu các tiêu chuẩn pháp lý cho "trung tâm logistics", "cảng cạn (ICD)", "xe điện", "sàn giao dịch vận tải"... làm chậm quá trình hiện đại hóa vận tải.

Để thấy rõ hơn tình trạng chồng chéo pháp luật, khi nghiên cứu một dịch vụ vận tải container cụ thể từ Hà Nội đi TP.HCM có thể phải thực hiện một loạt các thủ tục hành chính quy định tại Luật Giao thông đường bộ (về xe đầu kéo), Luật Hàng hải (về bốc xếp tại cảng), Luật Đường sắt (nếu trung chuyển bằng ga hàng hóa), và các quy định riêng về logistics, an toàn, bảo hiểm, xử lý sự cố... Một thống kê nội bộ của Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng) cho thấy, trung bình mỗi doanh nghiệp vận tải container quốc tế phải thực hiện trên 20 đầu mục thủ tục/năm, bao gồm cả đăng ký lộ trình, đăng kiểm, phù hiệu, báo cáo lưu lượng, xin cấp mã tuyến liên vận... Trong khi đó, tại các nước như Singapore hay Hà Lan, toàn bộ quy trình này đã được xử lý trên nền tảng số duy nhất và tích hợp với hệ thống hải quan, thuế và bảo hiểm.

Ngoài ra, nhiều quy trình vẫn yêu cầu chứng từ giấy như: khai thác tuyến cố định, xin cấp phép xe hợp đồng, đăng ký hoạt động vận tải hàng hóa nguy hiểm. Việc này kéo dài thời gian xử lý và gây áp lực lên cơ quan quản lý địa phương.

2.2. Quy hoạch mạng lưới chưa liên thông, thiếu tích hợp

Quy hoạch kết cấu hạ tầng vận tải hiện vẫn chia theo từng phương thức riêng biệt, thiếu liên kết không gian và chức năng.

Nhiều tuyến đường sắt, đường bộ và hệ thống cảng chưa đảm bảo kết nối với cảng biển, cảng thủy nội địa như Cái Mép - Thị Vải hay Lạch Huyện. Trung tâm logistics chủ yếu tập trung tại các vùng kinh tế trọng điểm nhưng lại thiếu hạ tầng kết nối trực tiếp đến cảng, ga, ICD. Trong khi đó, nhiều ICD hoặc trung tâm logistics ở vùng xa lại không có nguồn hàng ổn định. (hình 2)

Theo World Bank (2023), khoảng 30 - 35% chi phí logistics bị phát sinh do thiếu kết nối hiệu quả giữa các đầu mối giao thông như cảng biển, ga hàng hóa, kho trung chuyển và đường trục chính [3]. Theo đánh giá của UNESCAP (2023), Việt Nam vẫn chưa triển khai đầy đủ mô hình "hành lang vận tải tích hợp" (Integrated Transport Corridors) kết nối giữa sản xuất - logistics - tiêu dùng - xuất nhập khẩu. Trong khi đó, các nước như Trung Quốc, Hàn Quốc đã quy hoạch vận tải theo mô hình cụm cảng - khu logistics - trục đường cao tốc và đường sắt liên vùng. Việc thiếu các điểm trung chuyển quy mô vùng tại miền Trung, miền núi phía Bắc, ĐBSCL khiến khả năng gom hàng, chia sẻ phương thức vận tải không thể hiện thực hóa được.

Ngoài ra, Việt Nam hiện có hơn 25 ICD và trên 300 cảng thủy nội địa, tuy nhiên phân bố không đồng đều, thiếu các tiêu chí đánh giá hiệu quả vận hành và tính liên thông. Sự thiếu thống nhất trong quy hoạch giữa Bộ GTVT với quy hoạch địa phương cũng là nguyên nhân dẫn đến đầu tư dàn trải, gây lãng phí nguồn lực.

2.3. Hạ tầng kỹ thuật vận tải

Hạ tầng vận tải là yếu tố then chốt bảo đảm năng lực thông suốt của nền kinh tế và hỗ trợ các mục tiêu phát triển bền vững. Hạ tầng giao thông Việt Nam đã có những bước tiến lớn trong hơn một thập kỷ qua, nhất là đường bộ và hàng không. Tuy nhiên, hạ tầng giao thông Việt Nam vẫn tồn tại nhiều hạn chế, mất cân đối trong đầu tư và phát triển giữa các phương thức và chưa theo kịp nhu cầu phát triển; chưa phát triển mạnh hạ tầng tích hợp đa phương thức và logistics, dẫn đến chi phí logistics cao. Cụ thể:

Mạng lưới đường bộ: Đường cao tốc chủ yếu tập trung ở khu vực phía Bắc và Đông Nam Bộ, thiếu kết nối liên vùng, liên tỉnh ở miền Trung, Tây Nguyên và ĐBSCL; nhiều khu vực cửa ngõ Hà Nội, TP.HCM, Cần Thơ... thường xuyên quá tải, gây ùn tắc nghiêm trọng.

Hạ tầng đường sắt: Lạc hậu và chậm đổi mới, phần lớn tuyến đường sắt là khổ ray 1.000 mm, tốc độ thấp, hạ tầng yếu kém, thiếu tự động hóa; Thiếu kết nối với cảng biển, cảng cạn, khu công nghiệp; Giao cắt đồng mức nguy hiểm, dễ gây tai nạn.

Hạ tầng đường thủy nội địa: Chưa được đầu tư tương xứng, tỷ trọng vốn đầu tư cho đường thủy nội địa chỉ chiếm khoảng 2 - 3% tổng đầu tư hạ tầng giao thông hằng năm; Luồng lạch cạn, thiếu nạo vét, phương tiện chủ yếu nhỏ lẻ, bến bãi thiếu quy hoạch; Thiếu kết nối hiệu quả với các phương thức vận tải khác.

Hạ tầng hàng hải (cảng biển): Chênh lệch phát triển giữa các vùng miền Trung và ĐBSCL thiếu cảng nước sâu, cảng lớn; Thiếu hệ thống logistics sau cảng (hậu phương cảng) gây ùn tắc, tăng thời gian và chi phí thông quan; Cạnh tranh giữa các cảng trong cùng khu vực, gây dư thừa đầu tư.

Hạ tầng hàng không: Quá tải nghiêm trọng tại các sân bay lớn như Tân Sơn Nhất vượt công suất thiết kế, Nội Bài đang nâng cấp chậm; Hạ tầng vùng sâu, vùng xa yếu kém, nhiều sân bay địa phương hoạt động kém hiệu quả; Dự án Long Thành chậm tiến độ, ảnh hưởng chiến lược phát triển trung tâm trung chuyển quốc tế.

2.4. Kết nối yếu giữa các phương thức vận tải

Năng lực, tỷ trọng sản lượng vận chuyển đang mất cân đối rất lớn, việc kết nối giữa các phương thức còn rời rạc, dẫn đến chi phí còn cao, hiệu quả vận tải chưa đạt kỳ vọng. Trong thời gian gần đây, việc kết nối giữa vận tải đường bộ với các phương thức vận tải khác đang được đẩy mạnh nhằm giảm tải cho vận tải đường bộ, nhất là với tuyến vận tải thủy ven biển, vận tải đường thủy nội địa tại ĐBSCL, sông Hồng và vận tải đường sắt. Tuy nhiên, hạ tầng đường sắt chưa phát triển; hoạt động đường thuỷ trên một số tuyến bị hạn chế bởi tĩnh không cầu đường bộ và cầu đường sắt nên tầu có trọng tải lớn không hoạt động được dẫn đến tỷ trọng vận tải đường bộ vẫn chiếm tỷ lệ cao. Phát triển hài hoà giữa các phương thức vận tải nhằm giảm áp lực cho vận tải đường bộ chưa đạt được mục tiêu như kỳ vọng.

Vận tải đa phương thức mới chiếm khoảng 2 - 3% tổng hàng hóa, trong khi vận tải đường bộ vẫn đảm nhiệm hơn 75% hàng hóa và 91% hành khách [1]. Đường sắt, đường thủy và hàng hải chưa phát huy hết vai trò do thiếu các điểm gom hàng, trạm trung chuyển, ICD hiệu quả. (hình 3)

Tại ĐBSCL, mặc dù mạng lưới sông dày đặc, vận tải thủy chỉ chiếm khoảng 20% hàng hóa vận chuyển. Hệ thống cảng thủy nội địa còn manh mún, thiếu kết nối với các khu công nghiệp, trung tâm chế biến và mạng đường bộ.

Khảo sát của Bộ Công Thương (2023) tại các khu công nghiệp ở miền Bắc cho thấy, chỉ khoảng 8% doanh nghiệp sử dụng kết hợp đường sắt hoặc đường thủy nội địa trong chuỗi cung ứng, trong khi có đến 72% hoàn toàn phụ thuộc vào vận tải đường bộ. Điều này cho thấy khả năng tổ chức vận tải kết hợp vẫn còn rất hạn chế do: (1) Thiếu các trạm trung chuyển liên phương thức, trạm đổi tải container; (2) Không có cơ chế điều phối dòng hàng giữa các cảng, ga, ICD; (3) Doanh nghiệp logistics nhỏ lẻ, manh mún, thiếu chuỗi dịch vụ trọn gói.

Ví dụ, cảng Hải Phòng mỗi năm tiếp nhận trên 140 triệu tấn hàng, nhưng tỷ lệ hàng hóa đi/đến bằng đường sắt chỉ chiếm dưới 2%. Việc kết nối tuyến đường sắt từ cảng về các trung tâm ICD tại Hải Dương, Bắc Ninh vẫn chưa hiệu quả do chi phí đổi tải cao, thời gian chờ lâu.

2.5. Dịch vụ phụ trợ cho hoạt động logistics

Dịch vụ phụ trợ cho hoạt động logistics với một số dịch vụ chính như bảo hiểm, giám định, tư vấn… là nhân tố củng cố chất lượng dịch vụ và là thước đo mức độ phát triển, trưởng thành của ngành logistics. Tuy nhiên, dịch vụ phụ trợ cho ngành logistics ở Việt Nam quy mô còn nhỏ lẻ, phân tán, chưa thực sự tương xứng với điều kiện và tiềm năng phát triển. Năm 2023, Chỉ số hiệu quả logistics (LPI) của Việt Nam ở vị trí 43/139 nền kinh tế được xếp hạng và cùng thứ hạng với Philippines và đứng sau Singapore, Malaysia, Thái Lan xét trong khu vực ASEAN.

2.6. Ứng dụng công nghệ và số hóa còn hạn chế

Chuyển đổi số mới chỉ dừng ở phần mềm quản lý tuyến, đăng ký phù hiệu trực tuyến, chưa có nền tảng dữ liệu vận tải quốc gia dùng chung. Hệ thống GPS, camera giám sát còn rời rạc, thiếu phân tích dữ liệu lớn (big data) để dự báo luồng hàng, giám sát vi phạm.

Bảng: Thống kê sản lượng vận chuyển hành khách, hàng hoá năm 2024

Ngành vận tải	Vận chuyển	Luân chuyển	**Tỷ trọng đảm nhận**	Vận chuyển	Luân chuyển	**Tỷ trọng đảm nhận**
1. Đường sắt	5.086	3.872	**0,19%**	7.063	2.674	**0,14%**
2. Đường biển	132.395	274.845	**4,96%**	11.747	823	**0,23%**
3. Đường sông	527.558	120.674	**19,75%**	350.964	8.044	**6,93%**
4. Đường bộ	2.005.148	136.107	**75,08%**	4.645.920	175.482	**91,68%**
5. Hàng không	444	9.626	**0,02%**	75.442	88.349	**1,02%**

Nguồn: Báo cáo Vụ Vận tải và ATGT năm 2024

Các công nghệ điều hành thông minh như ATS (giám sát tàu đô thị), ITS (giao thông thông minh), AI (trí tuệ nhân tạo) mới được thử nghiệm tại Hà Nội, TP.HCM, chưa được triển khai tại trung ương hay các trung tâm logistics.

Các doanh nghiệp logistics của Việt Nam có quy mô nhỏ, hạn chế về vốn và công nghệ cũng như năng lực hoạt động ở thị trường quốc tế. Khảo sát tại Báo cáo Logistics Việt Nam 2023 cho thấy, 90,5% doanh nghiệp dịch vụ logistics tham gia khảo sát đang còn ở giai đoạn số hóa, bao gồm cấp độ 1 là tin học hóa và cấp độ 2 là kết nối. Trong đó, phần lớn các doanh nghiệp đang ở cấp độ 2 với tỷ lệ chiếm tới 73,5%. Chỉ có 5% doanh nghiệp dịch vụ logistics đã tiến lên cấp độ 3 là trực quan hóa, 2,2% ở cấp độ 4 là minh bạch hóa. Đặc biệt, chỉ có 1,9% doanh nghiệp dịch vụ logistics đã tiến lên cấp độ 5 là có khả năng dự báo và con số rất "khiêm tốn" 0,4% doanh nghiệp đạt đến cấp độ cao nhất, cấp độ 6 là có khả năng thích ứng [2].

2.7. Phương tiện vận tải chưa đáp ứng yêu cầu chuyển đổi xanh

Theo thống kê của Bộ GTVT (nay là Bộ Xây dựng)[1] 89% xe buýt còn chạy bằng dầu diesel; 96% phương tiện thủy sử dụng động cơ cũ, không đạt tiêu chuẩn phát thải IMO; 79% máy bay là thuê, thiếu kiểm soát tiêu chuẩn môi trường; Đội tàu biển quốc gia còn thiếu tàu dùng LNG, SAF.

Việt Nam chưa có chiến lược phát triển vận tải xanh, thiếu cơ chế ưu đãi tài chính, tín dụng xanh, miễn giảm thuế cho xe điện, tàu xanh.

3. KINH NGHIỆM QUỐC TẾ VÀ HÀM Ý CHO VIỆT NAM

3.1. Kinh nghiệm quốc tế

Nhiều quốc gia đã thành công trong việc tổ chức vận tải hiệu quả nhờ tích hợp pháp luật - quy hoạch - hạ tầng - công nghệ - dịch vụ.

Hà Lan: quy hoạch cảng Rotterdam trở thành "cảng biển thông minh" với mạng lưới kết nối đa phương thức (đường sắt, sông, bộ) và dữ liệu logistics mở. Chính phủ hỗ trợ mạnh tay cho vận tải thủy nội địa và kết nối ra châu Âu bằng đường sắt.

Singapore: đã tích hợp toàn bộ dữ liệu vận tải và logistics vào hệ thống TradeNet - nơi doanh nghiệp có thể xử lý mọi giấy phép, hợp đồng, hải quan, thuế chỉ trong một nền tảng duy nhất. Chính phủ đồng thời ban hành khung pháp lý riêng cho logistics và vận tải xanh.

Nhật Bản: thiết lập các trung tâm giao nhận vùng (RDC) kết nối với nhà ga container và cảng biển, ưu tiên vận tải bằng đường sắt liên đô thị. Chính phủ hỗ trợ tới 50% chi phí đầu tư phương tiện chạy điện hoặc nhiên liệu thay thế cho doanh nghiệp logistics.

Kinh nghiệm quốc tế cho thấy, Việt Nam cần xây dựng nền tảng dữ liệu dùng chung và quy định thống nhất về logistics và vận tải đa phương thức như mô hình TradeNet của Singapore. Học tập Hà Lan và Nhật Bản trong việc nâng cao năng lực vận tải phi đường bộ, qua đó giảm chi phí và bảo vệ môi trường. Chính phủ cần có cơ chế ưu đãi cụ thể như hỗ trợ tài chính, miễn giảm thuế cho doanh nghiệp sử dụng xe điện, nhiên liệu sạch như Nhật Bản đang thực hiện. Phát triển các cụm trung tâm logistics liên vùng gắn với cảng biển, ICD, ga đường sắt và khu công nghiệp theo mô hình "Hub & Spoke" để tối ưu hóa kết nối đa phương thức.

4. ĐỊNH HƯỚNG GIẢI PHÁP

4.1. Tăng cường liên thông trong pháp luật, quy hoạch, kết nối hạ tầng vận tải

Xây dựng một khung pháp lý thống nhất cho vận tải đa phương thức (Multimodal Transport Act), làm nền tảng pháp lý để phát triển dịch vụ logistics tích hợp, giao nhận trọn gói. Theo đó, cần nghiên cứu ban hành Luật Vận tải đa phương thức hoặc rà soát và sửa đổi đồng bộ 5 luật giao thông vận tải (đường bộ, sắt, thủy, hàng hải, hàng không), hướng tới tích hợp nguyên tắc liên thông, kết nối không gian và chuỗi vận tải.

Rà soát điều chỉnh quy hoạch tổng thể mạng lưới giao thông vận tải theo hành lang - cụm - trục kết nối: cảng biển - ga - trung tâm logistics. Xây dựng hệ thống Quy chuẩn, Tiêu chuẩn kỹ thuật tích hợp cho cảng, ICD, trạm gom hàng.

Đánh giá, điều chỉnh chương trình đầu tư phát triển hạ tầng giao thông vận tải, trong đó tập trung tính kết nối giữa các phương thức vận tải theo hướng thúc đẩy phát triển đồng bộ trục vận tải quốc gia theo hướng: hành lang kinh tế - cụm logistics - trung tâm công nghiệp - điểm giao nhận.

4.2. Đẩy mạnh kết nối đa phương thức và vận tải liên hoàn

Đầu tư kết nối "last-mile": nâng cấp đường vào cảng, ICD, ga hàng hóa, sân bay nhằm bảo đảm khả năng tiếp cận của xe tải, xe trung chuyển.

Triển khai đầu tư các intermodal hubs (trung tâm trung chuyển liên phương thức) tại Hà Nội, Hải Phòng, Đà Nẵng, TP.HCM, Cần Thơ. Phát triển các điểm trung chuyển container

giữa đường sắt - đường bộ - đường thủy, đặc biệt ở các vùng có tiềm năng như ĐBSCL, Đông Nam Bộ. Nâng cấp ga hàng hóa đường sắt (Yên Viên, Sóng Thần...) và bến thủy nội địa chuyên dùng để phù hợp đóng rút container, vận tải hàng rời khối lượng lớn.

Ưu tiên đầu tư kết nối đường sắt - cảng - ICD, gắn kết các cảng biển lớn với ga đường sắt hàng hóa, ICD, trung tâm logistics theo hình thức nhánh kết nối chuyên dụng. Cho phép doanh nghiệp vận tải, logistics được quyền khai thác hạ tầng đường sắt hoặc đường thủy theo mô hình "mở cửa" (open access) nhằm tăng hiệu quả vận hành và giảm chi phí vận tải.

Nâng cấp luồng tuyến thủy nội địa, ưu tiên vận tải container, hàng rời qua thủy nội địa nhằm giảm tỷ trọng hàng hóa container vận chuyển qua đường bộ.

4.3. Số hóa toàn diện công tác quản lý vận tải

Xây dựng nền tảng cơ sở dữ liệu vận tải quốc gia mở do Bộ Xây dựng chủ trì, liên thông dữ liệu từ Cục Đường bộ, Cục Hàng hải và đường thủy, Cục Đường sắt... Số hóa hoàn toàn quy trình cấp phép, giám sát hành trình. Áp dụng đồng bộ phù hiệu điện tử, hợp đồng vận tải số, hóa đơn vận chuyển điện tử, quản lý tuyến cố định bằng bản đồ số. Ứng dụng AI/Big Data trong điều hành mạng lưới và phân tích hành vi vi phạm. Đầu tư hệ thống giám sát hành trình thông minh dùng AI để phát hiện vi phạm tốc độ, thời gian lái xe, điểm dừng nghỉ.

Xây dựng hệ thống cơ sở dữ liệu logistics quốc gia, tích hợp dữ liệu từ cảng biển, ICD, ga đường sắt, sân bay, bến thủy… để đồng bộ luồng thông tin - luồng hàng. Kết nối Hệ thống một cửa quốc gia (NSW) với các trung tâm logistics và doanh nghiệp giao nhận để giảm thời gian thông quan.

4.4. Phát triển phương tiện xanh và vận tải bền vững

Rà soát hoàn thiện Chiến lược vận tải, trong đó quan tâm đến phát triển bền vững, chuyển đổi xanh và ban hành lộ trình chuyển đổi phương tiện vận tải sang điện, LNG, SAF từ 2025 đến 2050.

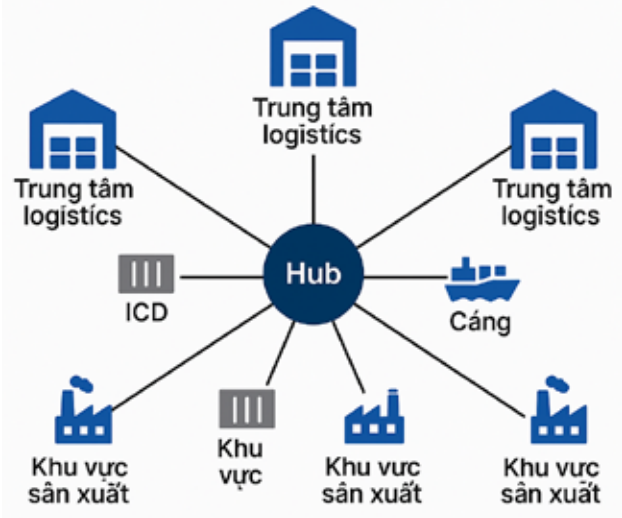
Ưu đãi thuế, giảm thuế trước bạ, thuế nhập khẩu, ưu đãi đăng kiểm cho xe/tàu bay/tàu thủy sử dụng năng lượng điện, LNG, SAF.

Phát triển trạm sạc, trạm nạp nhiên liệu sạch tại đô thị, cảng, ga thông qua mô hình xã hội hóa.

4.5. Phát triển dịch vụ hỗ trợ logistics

Thiết lập các trung tâm logistics tại các đầu mối vận tải lớn (gần cảng biển, ICD, ga đường sắt, sân bay...) với đầy đủ dịch vụ như: kho ngoại quan, kho phân phối, kho lạnh, trạm chuyển tải, dịch vụ khai báo hải quan, đóng rút container... Tăng cường vai trò của các trung tâm logistics liên vùng (như Long An, Lạng Sơn, Hải Dương...) để gom hàng và phân phối theo mô hình "Hub & Spoke", kết nối nhiều phương thức vận tải: đường bộ - đường thủy - đường sắt - hàng không.

Ứng dụng công nghệ số trong dịch vụ logistics: hệ thống quản lý kho (WMS), quản lý vận tải (TMS), định vị phương tiện, truy xuất nguồn gốc, nền tảng giao dịch điện tử. Phát triển các dịch vụ giá trị gia tăng: đóng gói, dán nhãn, phân loại, kiểm tra chất lượng, dịch vụ "hậu cần ngược" (reverse logistics). Áp dụng e-DO, e-Bill, e-Booking, tạo điều kiện cho giao nhận điện tử giữa các doanh nghiệp vận tải và chủ hàng, tránh trùng lặp giấy tờ giữa các phương thức vận tải.



Hình 2. Mô hình Hub & Spoke minh họa liên kết trung tâm logistics và các đầu mối vận tải (Nguồn: OECD Logistics 2024)



Hình 3. Cơ cấu sản lượng vận tải năm 2024 (Nguồn: Báo cáo Vụ Vận tải và ATGT năm 2024)

5. KẾT LUẬN

Bài viết đề xuất 5 nhóm định hướng giải pháp tổng thể nhằm giải quyết các điểm nghẽn lớn của hệ thống vận tải Việt Nam, bao gồm: tăng cường liên thông trong pháp luật và quy hoạch; phát triển hạ tầng vận tải đa phương thức; đẩy mạnh số hóa; phát triển phương tiện xanh và vận tải bền vững; hoàn thiện dịch vụ logistics hỗ trợ.

Việc triển khai đồng bộ các nhóm giải pháp này có thể giúp giảm chi phí logistics từ mức hiện tại (16 - 17% GDP) xuống còn khoảng 12 - 13% vào năm 2030, đồng thời tăng năng lực vận chuyển hàng hóa qua đường thủy và đường sắt lên gấp 1,5 - 2 lần hiện nay. Qua đó, hiệu quả vận tải được nâng cao, góp phần quan trọng vào nâng cao năng lực cạnh tranh quốc gia và thực hiện mục tiêu phát triển bền vững, tiến tới Net Zero vào năm 2050.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Vụ Vận tải - Bộ GTVT, Báo cáo công tác quản lý vận tải năm 2024.
2. WB (2023), Vietnam Logistics Statistical Report.
3. UNESCAP (2023), Sustainable Transport Connectivity in Asia-Pacific.
4. Tổng cục Thống kê (2024), Niên giám thống kê.
5. IMO (2022), Green Shipping and the Role of LNG.
6. Bộ GTVT (2021), QĐ 1454/QĐ-TTg về Quy hoạch giao thông quốc gia.
7. Quốc hội Việt Nam, Luật Giao thông đường bộ, ĐTNĐ, Đường sắt, Hàng hải, Luật PPP.
8. WB (2023), Xếp hạng chỉ số Chỉ số hiệu quả logistics (LPI).

HỆ THỐNG ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ Ở VIỆT NAM:

Cần một bộ thông số kỹ thuật **và khung tiêu chuẩn dùng chung**



THANH NGA

Việc xây dựng bộ thông số kỹ thuật dùng chung và lựa chọn khung tiêu chuẩn kỹ thuật cho hệ thống đường sắt đô thị là cần thiết, trong bối cảnh Chính phủ đặt ra yêu cầu phát triển thần tốc hàng trăm ki-lô-mét đường sắt đô thị trong 10 năm tới.

5 GIẢI PHÁP PHÁT TRIỂN NHANH HỆ THỐNG ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

Trong khoảng 20 năm qua, việc triển khai 3 tuyến đường sắt đô thị tại Hà Nội và TP.HCM đều bị kéo dài tiến độ, không đáp ứng yêu cầu tiến độ đề ra với nhiều bất cập diễn ra trong suốt các giai đoạn của dự án, từ lúc khởi công cho đến khi đưa dự án vào vận hành. Như tại tuyến đường sắt số 1: Bến Thành - Suối Tiên của TP.HCM, chỉ với chiều dài 19,7 km nhưng quá trình thi công xây dựng và hoàn thành dự án phải diễn ra trong thời gian đến gần 20 năm. Dự án được đưa vào vận hành thương mại ngày 22/12/2024 và đến ngày 09/3/2025 chính thức khánh thành.

Tại tuyến này, đã phải sử dụng 3.263 tiêu chuẩn của Nhật Bản, Mỹ, Việt Nam và châu Âu, trong đó tiêu chuẩn cuối cùng được phê duyệt vào tháng 6/2024. Nghĩa là vừa làm vừa phê duyệt, vừa xin thêm, dẫn đến chậm trễ, xung đột, tranh chấp hợp đồng và rất nhiều vấn đề khác…

Mặc dù vậy, cả 2 thành phố Hà Nội và TP.HCM đều đặt ra những kế hoạch, mục tiêu rất tham vọng trong 10 năm tới mỗi thành phố phải hoàn thành hàng trăm ki-lô-mét đường sắt đô thị (Hà Nội 410 km, TP.HCM 355 km). Từ đó đặt ra vấn đề cần có giải pháp cụ thể nhằm đáp ứng được kế hoạch, mục tiêu tham vọng này.

TS Phan Hữu Duy Quốc - Chủ tịch HĐQT Tổng công ty Xây dựng số 1 (CC1), một trong những chuyên gia đầu tiên tham gia dự án Metro số 1 TP.HCM cho biết, thông qua nhiều cuộc thảo luận của các chuyên gia đầu ngành, tóm lược thành 5 giải pháp để phát triển nhanh hệ thống đường sắt đô thị: Thứ nhất, phân quyền, tạo cơ chế tự chủ cho chính quyền địa phương, nghĩa là Hà Nội và TP.HCM tự quyết được rất nhiều thứ; Thứ hai, huy động nguồn lực từ đất đai, gọi là TOD, tức là lấy giao thông công cộng làm trung tâm; Thứ ba, thay đổi cách thức quản lý dự án, theo hướng tập trung quản lý chất lượng sản phẩm đầu ra, thay vì đi quản lý quy trình như phê duyệt vật liệu hay biện pháp thi công; Thứ tư, thống nhất hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng cho các hệ thống đường sắt đô thị; Thứ năm, nội địa hóa về công nghệ, về con người.

Trong đó, riêng về giải pháp thứ tư liên quan đến sự thống nhất của hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng cho đường sắt đô thị, được cho là một nút thắt rất lớn và rất khó thực hiện, đang nhận được sự quan tâm đặc biệt của các đối tác, chuyên gia trong nước, ngoài nước thảo luận về vấn đề này.

THIẾU ĐỒNG BỘ TRONG VIỆC ÁP DỤNG TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT DẪN ĐẾN KHÔNG CÓ HIỆU QUẢ KINH TẾ

Hiện trạng áp dụng các tiêu chuẩn cho 3 tuyến đường sắt đô thị đã được đưa vào vận hành tại Hà Nội (2 tuyến: Cát Linh - Hà Đông, Nhổn - ga Hà Nội) và TP.HCM (tuyến số 1: Bến Thành - Suối Tiên) cho thấy, cả 3 tuyến đều áp dụng tiêu chuẩn theo nhà tài trợ vốn, tức là nhà tài trợ vốn đến từ nước nào thì dùng chính tiêu chuẩn của nước đó. Theo đó, trong khi tuyến Cát Linh - Hà Đông thì dùng tiêu chuẩn của Trung Quốc, thì tuyến Nhổn - ga Hà Nội dùng tiêu chuẩn của Pháp và châu Âu; còn tuyến số 1 Bến Thành - Suối Tiên thì dùng tiêu chuẩn của Nhật Bản và châu Âu… Sự không đồng bộ, thiếu thống nhất trong việc áp dụng tiêu chuẩn cho các dự án này dẫn đến không có hiệu quả về kinh tế.

Dẫn chứng cho bất cập về hiệu quả kinh tế, TS Phan Hữu Duy Quốc - người từng tham gia tuyến số 1: Bến Thành - Suối Tiên với tư cách là Phó trưởng đại diện Tập đoàn Shimizu (Nhật Bản) - nhà thầu thi công phần ngầm của tuyến cho biết: "Nhìn lại bản chất của vấn đề áp dụng tiêu chuẩn cho đường sắt đô thị tôi rất buồn. Nhà thầu đã bỏ số tiền 5 triệu USD/robot TBM để đào hầm tuyến metro số 1: Bến Thành - Suối Tiên. Nhưng khi dự án hoàn thành thì không thể dùng cỗ máy đào hầm này cho bất kỳ dự án nào khác".



Bên cạnh đó, cả 2 tuyến đường sắt đô thị ở Hà Nội đều lấy điện từ đường ray thứ 3; còn tuyến đường sắt số 1: Bến Thành - Suối Tiên ở TP.HCM thì lấy điện trên cao. Từ đó đặt ra vấn đề vận hành liên thông giữa các tuyến sẽ được giải quyết thế nào?

Ví dụ, tại nơi lập tàu, tập kết tàu, thực hiện bảo dưỡng, sửa chữa tàu và các tác nghiệp kỹ thuật khác (depot), khi mỗi một tuyến có một tín hiệu khác nhau, một cách lấy điện khác nhau, một tiêu chuẩn khác nhau, thì mỗi tuyến đều phải có depot riêng, không thể sử dụng chung một depot, trong khi mỗi một depot thường là một khu vực rất rộng.

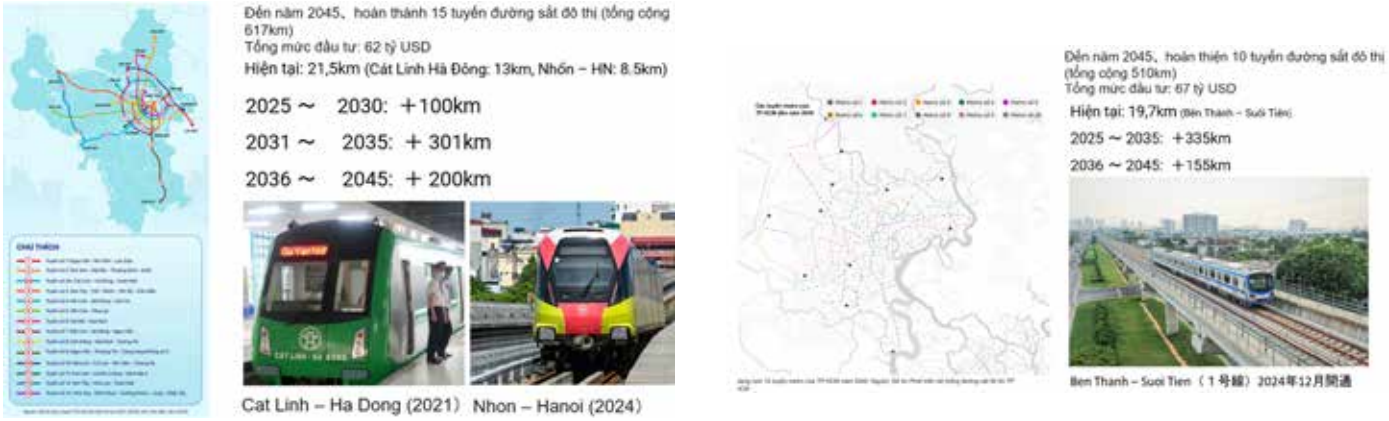
Ngoài ra, trong công tác thiết kế, thẩm định hay phê duyệt, cơ quan chuyên môn của Nhà nước làm công tác thẩm định cũng rất khó khăn trong thẩm định các dự án, vì mỗi một lần thẩm định một dự án khác nhau gây mất thời gian cho công tác thẩm định; và sẽ thiếu các chuyên gia thẩm tra phục vụ công tác thẩm định, vì nếu dùng tiêu chuẩn của Nhật Bản hay tiêu chuẩn của Trung Quốc thì rất khó huy động các chuyên gia quốc tế vì ít người đọc được bộ chữ tượng hình, điều này không chỉ làm mất nhiều thời gian, gây ra nhiều khó khăn trong công tác thẩm định, mà còn có thể dẫn tới cạnh tranh không lành mạnh…

Từ những bất cập về hiệu quả kinh tế, kéo dài thời gian thực hiện dự án, TS Phan Hữu Duy Quốc nhấn mạnh sự cần thiết phải có một tiêu chuẩn thống nhất dùng chung cho các tuyến đường sắt đô thị trong tương lai. Bởi, việc phát triển hệ thống tiêu chuẩn cần rất nhiều thời gian nghiên cứu phát triển, khoảng 10 - 20 năm.

Tuy nhiên, TS Phan Hữu Duy Quốc cho rằng, cần phải đặt ra một số tiêu chí cụ thể cho việc lựa chọn sử dụng tiêu chuẩn của nước ngoài, như: Thứ nhất, tiêu chuẩn đã được áp dụng và kiểm chứng qua nhiều dự án trên thế giới; Thứ hai, có thể dễ dàng tìm kiếm thông tin về tiêu chuẩn, dễ dàng tiếp cận tư liệu, không có rào cản về ngôn ngữ; Thứ ba, tiêu chuẩn phải thúc đẩy sự cạnh tranh lành mạnh, nhiều người làm được, nhiều người tham gia được; Thứ tư, phải là tiêu chuẩn được áp dụng rộng rãi, không tạo thế cạnh tranh không lành mạnh cho bất kỳ một công ty, một quốc gia nào; Thứ năm, tiêu chuẩn phải có khả năng thúc đẩy việc huy động nguồn nhân lực quốc tế; Thứ sáu, tiêu chuẩn không có điểm xung đột với hệ thống tiêu chuẩn của Việt Nam.

Theo Đề án phát triển hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị tại TP Hà Nội và TP.HCM đã được Bộ Chính trị thông qua tại Văn bản số 12766-CV/VPTW ngày 27/12/2024, TP Hà Nội đến năm 2035 phấn đấu đưa vào khai thác thêm 7 tuyến, dài khoảng 397,8 km; sau năm 2035 phấn đấu đưa vào khai thác thêm 5 tuyến, kéo dài 4 tuyến, tổng chiều dai khoảng 200,7 km. TP.HCM đến năm 2035 phấn đấu đưa vào khai thác 6 tuyến, dài khoảng 183 km; sau năm 2035 phấn đấu đưa vào khai thác thêm 4 tuyến, kéo dài 5 tuyến tổng chiều dai khoảng 327 km.

Theo một kết quả nghiên cứu, được tài trợ bởi Ngân hàng Đầu tư cơ sở hạ tầng châu Á (AIIB - Ngân hàng có sự đóng góp chủ yếu từ Chính phủ Trung Quốc) của một nhóm chuyên gia với đề tài Nghiên cứu, tìm hiểu tiêu chuẩn phù hợp để áp dụng khẩn cấp cho các dự án đường sắt đô thị của TP Hà Nội và có khả năng áp dụng cho cả TP.HCM, cho thấy: Với 14 tiêu chí để chấm điểm các tiêu chuẩn được lựa chọn (Trung Quốc, Nhật Bản, châu Âu và Nga), thì tiêu chuẩn châu Âu có số điểm đánh giá cao nhất, đồng nghĩa với khả năng đáp ứng cao nhất; tiếp đến là tiêu chuẩn của Trung Quốc và Nhật Bản có số điểm cao tương đương; điểm thấp nhất là tiêu chuẩn của Nga, không đáp ứng. Đây được coi là một kết quả nghiên cứu được triển khai



Hình 1. Kế hoạch xây dựng hệ thống đường sắt đô thị của TP Hà Nội và TP.HCM.

công tâm khi nó được tài trợ bởi một tổ chức đến từ Trung Quốc.

TS Phan Hữu Duy Quốc cho rằng, Việt Nam nên theo cách làm của Trung Quốc trong việc tự xây dựng tiêu chuẩn dùng chung cho các tuyến đường sắt của mình trong tương lai. Tuy nhiên, trong điều kiện cần áp dụng nhanh, khẩn cấp phải xây dựng hàng trăm km đường sắt đô thị, hãy áp dụng tiêu chuẩn của châu Âu. Thực tế thì rất nhiều tiêu chuẩn kỹ thuật liên quan đến đường sắt của Trung Quốc cũng dựa trên tiêu chuẩn châu Âu.

TSI CHỐNG ĐỘC QUYỀN, THÚC ĐẨY VẬN HÀNH LIÊN THÔNG VÀ TẠO THỊ TRƯỜNG CẠNH TRANH

Nói về tiêu chuẩn dùng chung cho hệ thống đường sắt đô thị tại Hà Nội và TP.HCM như ý kiến đề xuất của TS Phan Hữu Duy Quốc, TS Nguyễn Thị Hoài An - Khoa Vận tải kinh tế, Trường Đại học GTVT cho biết, theo Luật về tiêu chuẩn và quy chuẩn của thế giới và của Việt Nam, thì quy chuẩn là bắt buộc, còn tiêu chuẩn thì khuyến nghị áp dụng.

Trong quy chuẩn không quy định rõ phải cụ thể từng hạng mục kỹ thuật của đường sắt như thế nào, chỉ yêu cầu về an toàn, khổ đường ray. Tuy nhiên, đường sắt không chỉ là khổ đường mà nó là khổ giới hạn, khổ đường chưa nói lên rằng các tuyến đường sắt có thể phải chạy chung với nhau.

Cho nên, ở châu Âu mới có thuật ngữ TSI (Technical Specifications for Interoperability) gọi là thông số kỹ thuật dùng chung cho hệ thống đường sắt, trong đó quy định cụ thể hơn về: Hướng tuyến, đầu máy, toa xe, các thiết bị trên đầu máy, toa xe… TSI quy định cụ thể hơn quy chuẩn, nhưng so với tiêu chuẩn thì tiêu chuẩn lại cụ thể hơn TSI và dựa trên TSI hay một bộ thông số kỹ thuật chung như ở châu Âu để làm quy chuẩn. Nói cách khác, một hạng mục của TSI có thể có 100 các tiêu chuẩn nhỏ, chi tiết.

Cho nên, theo TS Nguyễn Thị Hoài An, với quy tắc của TSI thì các hệ thống đường sắt chỉ cần tuân thủ TSI thì có thể áp dụng nhiều bộ tiêu chuẩn khác nhau mà vẫn có thể chạy chung được.

Vậy TSI nằm ở đâu? TS Nguyễn Thị Hoài An cho biết: Ở châu Âu, TSI là bắt buộc áp dụng cho tất cả các nước, không phải là khuyến nghị, vì ở châu Âu có sự vận hành chung các tuyến đường sắt giữa các nước trong khu vực. Còn đối với Việt Nam, cũng cần đặt ra vấn đề phải có TSI đối với hệ thống đường sắt đô thị bởi vì chính hệ thống đường sắt đô thị của Hà Nội cũng đã tương đồng với hệ thống chạy chung của châu Âu và có rất nhiều tuyến với yêu cầu chạy chung, tàu của tuyến này có thể chạy sang được tuyến kia, để tiết kiệm chi phí đầu tư.

Theo TS Nguyễn Thị Hoài An, TSI là một dạng quy chuẩn mở rộng và bắt buộc sử dụng, TSI bắt buộc các hệ thống tiêu chuẩn trên thế giới, dù thuộc hệ tiêu chuẩn nào, Trung Quốc hay Nhật Bản, vẫn phải tuân thủ TSI, để bảo đảm các tuyến có thể chạy chung, vận hành chung. Và khi đó, áp dụng TSI sẽ không bị độc quyền bởi bất kỳ một nhà tài trợ nào, đơn vị cung cấp nào muốn vào các dự án đường sắt đô thị của Việt Nam đều phải tuân thủ thông số kỹ thuật dùng chung của hệ thống đường sắt đô thị Việt Nam. Nếu không có một tiêu chuẩn kỹ thuật dùng chung cho đường sắt đô thị Việt Nam, mà chỉ sử dụng một loại tiêu chuẩn kỹ thuật của một quốc gia, một nhà tài trợ thì sẽ bị lệ thuộc hoàn toàn vào tiêu chuẩn đó, quốc gia đó cả về trước mắt và lâu dài.

Và hơn nữa, công nghệ điều khiển, công nghệ vận hành… của đường sắt thay đổi hằng năm. Nếu áp dụng theo Nhật đồng nghĩa với sang năm khi họ áp dụng công nghệ mới vào thì phải bỏ hoàn toàn cái cũ và làm cái mới. ví dụ như một vài năm sau muốn thay đổi đoàn tàu mà không có quy định chung cho đoàn tàu thì phải mua đoàn tàu từ nước khác và như vậy phụ thuộc hoàn toàn vào công nghệ của người ta.

Việc tuân thủ TSI của các nước châu Âu là một trong những giải pháp để chống độc quyền. Bất cứ một nhà thầu nào, và có nhiều nhà thầu có thể tham gia cung cấp máy móc, thiết bị, công nghệ cho dự án. TSI cũng là giải pháp để tạo ra thị trường cạnh tranh rất lành mạnh về giá và chất lượng… Đó chính là lý do tại sao lại có TSI ở châu Âu.

MẠNG LƯỚI ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ CỦA HÀ NỘI VÀ TP.HCM ĐỦ LỚN ĐỂ XÂY DỰNG TSI

Có ý kiến cho rằng, có nhất thiết phải đi theo hướng xây dựng một TSI cho hệ thống đường sắt đô thị tại Việt Nam không, khi mà chưa đặt ra vấn đề các tuyến này phải đi sang Trung Quốc, Lào hay Camphuchia… và khi áp dụng các tiêu chuẩn liên vận sẽ liên quan đến việc đầu tư kết cấu hạ tầng sẽ tốn kém hơn?

TS Phan Hữu Duy Quốc cho rằng, chúng ta đừng nghĩ vận

Thành phố City	Tuyến đường sắt đô thị Projects		Nhà tài trợ Sponsor	Tiêu chuẩn Standard	Tình hình thực hiện
Hà Nội	Tuyến 1	Ngọc Hồi – Dương xá	Nhật Bản (Japan)	Nhật Bản (Japan)	Tạm ngưng
	Tuyến 2A	Cát Linh – Hà Đông	Trung Quốc (China)	Trung Quốc (China)	Đang khai thác
	Tuyến 2.1	Nam Thăng Long - Trần Hưng Đạo	Nhật Bản (Japan)	Nhật Bản, Châu Âu (Japan, Euro Code)	Đang thiết kế FEED
	Tuyến 3	Nhổn – Ga Hà Nội	ADB, AFD, EIB & DGT	Châu ÂU Euro Code	Đang khai thác
Hồ Chí Minh	Tuyến 1	Bến Thành - Suối Tiên	Nhật Bản (Japan)	Nhật Bản (Japan)	Đang khai thác
	Tuyến 2	Bến Thành – Tham Lương	KfW, ADP, EIB	Châu Âu (Euro Code)	Đang thiết kế FEED

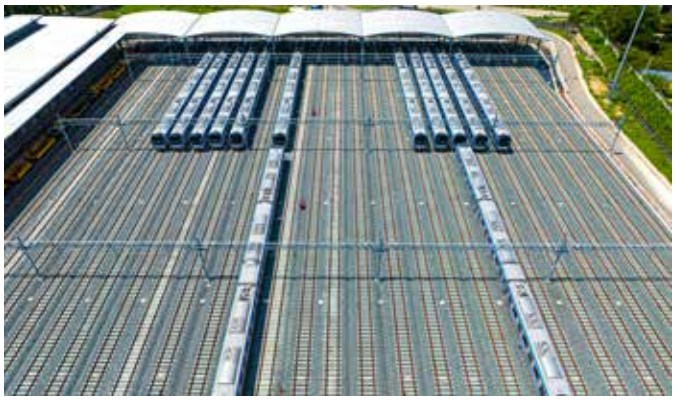
Hình 3. Tiêu chuẩn kỹ thuật theo nhà tài trợ.

	INNER DIAMETER	OUTER DIAMETER	SEGEMENT THICKNESS	TECHNICAL STANDARD
	Đường kính trong	Đường kính ngoài	Chiều dày vỏ hầm	Tiêu chuẩn thiết kế
HCM Line 1	6050mm	6650mm	300mm	Japanese Code
HCM Line 2	6200mm	6800mm	300mm	Euro Code
Hanoi Line 2	5900mm	6500mm	300mm	Japanese Code
Hanoi Line 3	5700mm	6300mm	300mm	Euro Code



Máy đào TBM nằm chờ đến lúc có đường hầm cùng đường kính
No chance to reuse so far!

Hình 4. Thiết kế khác nhau dẫn đến đường kính đường hầm của các tuyến là khác nhau.



Hình 5. Depot Long Bình, TP.HCM.



Hình 6. TSI thực thi Chỉ thị của châu Âu, là bắt buộc áp dụng cho tất cả các nước.

hành liên vận theo kiểu liên vùng mới cần thiết phải có TSI, mà trong một mạng lưới đường sắt đô thị mấy trăm ki-lô-mét của TP.HCM hay của Hà Nội đã đủ lớn để xây dựng TSI riêng cho Việt Nam. Ví dụ, tại tuyến đường sắt đô thị TP.HCM, cần thiết phải thông tuyến số 1 với tuyến số 2, tuyến số 3 với tuyến 5…

Còn theo TS Trần Khánh Lê - Trưởng phòng Thiết kế cầu đường sắt, SNCF Reseau (CH Pháp), bài toán khai thác cùng nhau ở đây là có thể khai thác ở châu Âu, khai thác từ nước Pháp sang nước Đức; hay hiện nay đang đề cập đến tuyến đường sắt đô thị tại TP.HCM, là có thể khai thác từ tuyến số 1 sang tuyến số 2, tuyến số 3 sang tuyến số 5… là thể hiện sự đồng bộ hóa, thống nhất hóa trong tiêu chuẩn thiết kế đường sắt đô thị của châu Âu và của Việt Nam trong tương lai.

Hiểu nôm na, tại châu Âu, TSI không phải là một hệ thống tiêu chuẩn mà được sinh ra để thực thi chỉ định của Eurocode - hệ thống tiêu chuẩn về thiết kế kết cấu công trình áp dụng cho các nước thuộc Liên minh châu Âu. Ví dụ, châu Âu chỉ định, mong muốn có một tuyến đường sắt chạy xuyên biên giới giữa các nước mà không có một cản trở nào. Vậy thì, các nước sẽ phải làm thế nào khi mỗi nước đều có một hệ thống tiêu chuẩn? Chính vì thế mới cần TSI ở giữa quy định rõ các thông số để thực thi chỉ định của Eurocod. Tóm lại, TSI không phải là tiêu chuẩn, mà nó rõ cách nào để đạt được mục đích và chỉ thị của châu Âu đặt ra khi tiêu chuẩn chung châu Âu Eurocode chưa bao quát hết và mỗi nước châu Âu đều có quy chuẩn riêng với những đặc thù, khác biệt riêng.

TS Trần Khánh Lê nêu quan điểm: Những người có kinh nghiệm trong xây dựng tuyến metro số 1, số 2 TP.HCM sẽ thấy rằng, hầu hết các hạng mục công trình đều nằm rõ ở các dự án này, gần như biết hết các hạng mục, các vấn đề… Bây giờ, tại các dự án khác, sử dụng hạng mục công trình nào, cần làm gì thì phải yêu cầu rõ. Chúng ta của hiện nay khi làm đường sắt đô thị không phải bước đi từ con số 0 mà bước đi từ các dự án đã triển khai. Chúng ta đã có gần 20 năm kinh nghiệm, va chạm với những bất cập và tháo gỡ được bất cập. Bây giờ cần đưa ra một chỉ định để hiện thực hóa mong muốn của mình. Chỉ định này chính là tương đương với TSI của Việt Nam.

Ông Hoàng Ngọc Tuân - Giám đốc Ban Chuẩn bị Đầu tư thuộc BQL Đường sắt đô thị TP.HCM cho biết, TSI của Việt Nam khác với TSI của châu Âu. Châu Âu chạy với đường sắt quốc gia, đường sắt cao tốc. Còn tại Việt Nam, chúng ta có thể làm TSI riêng cho TP.HCM hoặc riêng cho Hà Nội, nếu kết hợp là một TSI dùng chung cho cả TP.HCM và Hà Nội thì càng tốt.

Ông Hoàng Ngọc Tuân thống nhất với TS Phan Hữu Duy Quốc về quan điểm, hệ thống đường sắt đô thị của Hà Nội và TP.HCM hiện nay đã đủ lớn để làm TSI, TSI không phải là tiêu chuẩn kỹ thuật mà hoàn toàn là thông số kỹ thuật. Nếu chúng ta quy định được TSI sẽ rất thuận tiện, bởi mục đích là bảo đảm tính đồng bộ trong phạm vi đường sắt đô thị.

Đối với Hà Nội hay TP.HCM, nhiệm vụ liên quan đến TSI đã trở thành đầu việc giao nhiệm vụ cụ thể cho tư vấn thực hiện, trong đó có việc rà soát toàn bộ mạng lưới quy hoạch tổng thể, làm rõ các vấn đề về giao cắt, kết nối, chia sẻ, dùng chung, chia sẻ đồng mức, khác mức, quy hoạch kèm theo TOD… Cũng trên cơ sở đó, xây dựng một bộ thông số kỹ thuật dùng chung TSI.❖

Bàn về một số nội dung của tập Chỉ dẫn kỹ thuật trong hồ sơ các dự án xây dựng giao thông hiện nay



PGS.TS TỐNG TRẦN TÙNG

Chỉ dẫn kỹ thuật thi công nghiệm thu của nhiều dự án thường được chép lại hầu hết nội dung của một bản "Technical Specification" của một dự án nào đó sử dụng nguồn vốn vay của nước ngoài và đã đưa ra những quy định pháp lý trái với các văn bản pháp quy liên quan của Việt Nam. Hậu quả là làm phát sinh nhiều chi phí phụ không cần thiết, gây lãng phí và thất thoát trong đầu tư công.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghị định 46/2015/NĐ-CP về quản lý chất lượng và bảo trì công trình xây dựng quy định bắt buộc thực hiện lập Chỉ dẫn kỹ thuật đối với công trình cấp đặc biệt, cấp I và cấp II. Nội dung của Chỉ dẫn kỹ thuật phải phù hợp với Quy chuẩn kỹ thuật, Tiêu chuẩn áp dụng cho công trình xây dựng được phê duyệt và yêu cầu của Thiết kế xây dựng công trình. Theo quy định, Chỉ dẫn kỹ thuật là cơ sở để thực hiện giám sát, thi công và nghiệm thu công trình xây dựng.

Như vậy, Tư vấn lập dự án phải căn cứ vào các văn bản quy phạm pháp luật liên quan đến dự án như các Bộ luật, Nghị định, Thông tư, Quy chuẩn kỹ thuật và Danh mục các tiêu chuẩn được phê duyệt hoặc chấp thuận áp dụng cho dự án cùng hồ sơ thiết kế đã được phê duyệt và các yêu cầu về quản lý chất lượng của chính các hạng mục của gói thầu, các yêu cầu tham chiếu của hồ sơ mời thầu, của điều kiện hợp đồng… để biên soạn tập hồ sơ này làm căn cứ cho công tác quản lý, giám sát, kiểm soát chất lượng trong quá trình thi công, làm cơ sở pháp lý cho công tác nghiệm thu bàn giao, quản lý bảo trì khai thác…

Thuật ngữ *"Technical Specification"* dùng cho hồ sơ mời thầu dự án xây dựng công trình bắt buộc phải có đối với dự án sử dụng nguồn vốn nước ngoài, đúng ra phải được chuyển ngữ sang tiếng Việt là *"Quy định kỹ thuật"*, *"Điều kiện kỹ thuật"*… thi công nghiệm thu, vì nó là một văn bản quy phạm pháp luật đối với dự án. Nhưng các nhà soạn thảo văn bản pháp quy lại vẫn đang sử dụng nhóm từ "Chỉ dẫn kỹ thuật".

Trong nhiều dự án xây dựng công trình giao thông hiện nay, do các bên liên quan không căn cứ vào Luật Chất lượng sản phẩm và hàng hóa (Luật số 05/2007/QH12) và các Nghị định, Thông tư liên quan, nên các nội dung trong tập Chỉ dẫn kỹ thuật thi công nghiệm thu của nhiều dự án thường được **chép lại hầu hết nội dung của một bản *"Technical Specification"* của một dự án nào đó sử dụng nguồn vốn vay của nước ngoài** và đã đưa ra những quy định pháp lý trái với các văn bản pháp quy liên quan của Việt Nam.

Xin được lấy nội dung được biên soạn liên quan đến Phòng thí nghiệm và thử nghiệm; chấp thuận đối với thép xây dựng, lưới thép hàn; cốt thép; phụ gia cho bê tông; gối cầu… trong tập Chỉ dẫn kỹ thuật thi công và nghiệm thu của các dự án xây dựng đường cao tốc Bắc - Nam, Vành đai 3 của TP.HCM, cầu Hòa Sơn… để dẫn chứng cho nhận định trên.

2. MỘT SỐ VÍ DỤ CỤ THỂ

2.1. Phòng thí nghiệm và thử nghiệm

Phòng thí nghiệm và thử nghiệm của nhà thầu tại hiện



trường là để phục vụ một hoặc một số hạng mục cụ thể của gói thầu của chính dự án được triển khai thi công.

Việc liệt kê *"Trang bị chính cần có"* để tiến hành các thí nghiệm bao gồm: Thí nghiệm đất, vật liệu làm móng áo đường, bê tông nhựa và hỗn hợp nhựa, bê tông xi măng và các trang bị kiểm tra hiện trường như đã liệt kê trong nhiều dự án liệu có đúng và đủ chưa? Các yêu cầu này đã căn cứ vào đâu?

Không những thế, sau khi liệt kê *"Trang bị chính cần có"* lại còn khẳng định đó là *"những thiết bị thí nghiệm yêu cầu tối thiểu cần phải huy động ở mỗi trạm trộn asphalt tại hiện trường"*(!?). Tại sao *"ở mỗi trạm trộn asphalt tại hiện trường" lại còn phải có cả các thiết bị thí nghiệm đối với bê tông xi măng"*(?), với cốt thép, gối cầu... Thậm chí còn đến mức "*mỗi thí nghiệm phải được tiến hành… theo chỉ đạo trực tiếp của tư vấn giám sát"*(!?).

Về yêu cầu đối với tần suất thí nghiệm, các tập Chỉ dẫn kỹ thuật này thường quy định *"số lượng thí nghiệm thực hiện phải phù hợp với các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật sử dụng cho dự án và các quy định ở bảng dưới đây"*.

Thế nhưng, theo các Luật, Nghị định hiện hành thì quy định này chỉ phù hợp đối với các vật liệu thành phần được nhà thầu khai thác tại chỗ như đất, cát, đá, sỏi… mà thôi.

Nghị định 06/2021/NĐ-CP quy định chi tiết một số nội dung về quản lý chất lượng, thi công xây dựng và bảo trì công trình xây dựng, đã quy định đối với vật liệu xây dựng thành phẩm (đã là hàng hóa trên thị trường), vật liệu thương phẩm, sản phẩm, cấu kiện và thiết bị sử dụng cho công trình xây dựng thì nhà sản xuất, bên cung cấp sản phẩm… phải *"tổ chức thực hiện thí nghiệm kiểm tra chất lượng và cung cấp cho bên giao thầu (bên mua sản phẩm xây dựng) các chứng chỉ, chứng nhận, các thông tin, tài liệu có liên quan tới sản phẩm xây dựng, vật liệu xây dựng…"* (mục a Khoản 1 Điều 12). Khoản 3 của Điều 12 này còn nhấn mạnh *"việc nghiệm thu của bên giao thầu không làm giảm trách nhiệm nêu trên của các nhà thầu này"*.

Còn Điều 4 Thí nghiệm chuyên ngành xây dựng, quan trắc, trắc đạc công trình và Điều 13 Trách nhiệm của Nhà thầu thi công xây dựng của Nghị định 06/2021/NĐ-CP cũng đã được Bộ Xây dựng hướng dẫn trong Thông tư số 10/2021/TT-BXD. Điều 2 Quản lý công tác thí nghiệm trong quá trình thi công xây dựng của Thông tư này xác định *"Nhà thầu thi công xây dựng có trách nhiệm nghiên cứu hồ sơ thiết kế, các quy chuẩn kỹ thuật, tiêu chuẩn áp dụng cho dự án, chỉ dẫn kỹ thuật và quy định của hợp đồng xây dựng để lập kế hoạch tổ chức thí nghiệm. Nội dung chủ yếu của kế hoạch tổ chức thí nghiệm bao gồm: đối tượng thí nghiệm (vật liệu, cấu kiện, kết cấu công trình, thiết bị công trình), các phép thử tương ứng và thời điểm thí nghiệm dự kiến; phòng*

thí nghiệm chuyên ngành xây dựng được sử dụng. Nhà thầu thi công xây dựng có quyền yêu cầu Chủ đầu tư và Nhà thầu thiết kế xây dựng cung cấp thông tin, tài liệu và làm rõ các nội dung liên quan trong quá trình lập kế hoạch tổ chức thí nghiệm".

Như vậy, việc quyết định đối tượng thí nghiệm là trách nhiệm của Nhà thầu chứ không phải của Tư vấn soạn thảo tập Chỉ dẫn kỹ thuật. Khi Nhà thầu xây dựng đã biết rõ nội dung của Khoản 3 của Điều 12 của Nghị định 06/2021/NĐ-CP về *"việc nghiệm thu của bên giao thầu (tức là nhà thầu xây lắp) không làm giảm trách nhiệm nêu trên của các nhà thầu (cung cấp vật liệu, cấu kiện, kết cấu công trình, thiết bị công trình) này"* thì họ sẽ chỉ lựa chọn những đối tượng thí nghiệm nào liên quan đến trách nhiệm của họ mà thôi. Ngay cả Chủ đầu tư cũng không có trách nhiệm chỉ đạo Tư vấn và phê duyệt nội dung này trong tập Chỉ dẫn kỹ thuật.

Còn ở góc độ khác, Khoản 1 Điều 28 của Luật Chất lượng sản phẩm hàng hóa quy định: *"Điều kiện bảo đảm chất lượng sản phẩm trong sản xuất trước khi đưa ra thị trường*

1. Người sản xuất phải thực hiện các yêu cầu về quản lý chất lượng sản phẩm trong sản xuất như sau:

a) Áp dụng hệ thống quản lý nhằm bảo đảm chất lượng sản phẩm do mình sản xuất phù hợp với tiêu chuẩn công bố áp dụng, quy chuẩn kỹ thuật tương ứng.

b) Công bố tiêu chuẩn áp dụng quy định tại Điều 23 của Luật này và ghi nhận theo quy định của pháp luật về nhãn hàng hóa".

Do vậy, các quy định về thí nghiệm đối với các vật liệu mà Nghị định 06/2021/NĐ-CP xác định *"đã là hàng hóa trên thị trường"* như xi măng, sắt thép, thép dự ứng lực, phụ gia bê tông, nhựa đường… cũng như các *"sản phẩm, cấu kiện kết cấu công trình, thiết bị công trình… (nếu có)"* trong Mục 01400 của các tập Chỉ dẫn kỹ thuật… cần phải được loại bỏ.

Ngay cả các Tiêu chuẩn mà Tư vấn soạn thảo lấy làm căn cứ để quy định *"số lượng thí nghiệm thực hiện phải phù hợp với các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật sử dụng cho dự án và các quy định ở bảng dưới đây"* cũng đã được biên soạn và công bố theo nội dung quy định của các văn bản Luật và Nghị định nói trên.

2.2. Điều kiện chấp nhận liên quan đến sản phẩm thép xây dựng

Trong các tập Chỉ dẫn kỹ thuật, tại các mục liên quan đến việc chấp nhận các sản phẩm như: Thép xây dựng, lưới thép hàn, cốt thép… đưa vào công trình, Tư vấn soạn thảo thường quy định *"ngoài thí nghiệm phân tích thành phần hóa học yêu cầu 1 mẫu/nguồn cung cấp - Kiểm tra tần suất theo chứng chỉ NSX"*, còn *"thử các tính chất khác"* đều yêu cầu phải lấy *"15 mẫu/lô hàng (nhỏ hơn 50T)"* (để nhà thầu tiến hành thí nghiệm) theo TCVN1651:2018 tuân thủ quy định *"số lượng thí nghiệm thực hiện phải phù hợp với các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật sử dụng cho dự án…"* và *"mỗi thí nghiệm phải được tiến hành… theo chỉ đạo trực tiếp của Tư vấn giám sát"*; và còn ghi rõ *"Nhà thầu chỉ thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý như kéo, uốn, nén… với tần suất theo mục 01400".*

Thế nhưng, theo TCVN 1651:2018 được viện dẫn ở trên, thì việc thử các tính chất khác (cơ tính - đối với thép) lại phải theo TCVN 7937-1:2013. Nhưng điều ấy cũng không quan trọng mà cái chính là TCVN 1651:2018 cũng như TCVN 7937-1:2013 và các Tiêu chuẩn liên quan TCVN 1651-1, Phần 1: Thép thanh tròn trơn CVN 1651-3 (ISO 6935-3), Phần 3: Lưới thép hàn… trong đó yêu cầu liên quan đến công tác thí nghiệm đối với không những thành phần hóa học mà còn cả với các tính chất cơ học là yêu cầu bắt buộc đối với nhà sản xuất. Mục 11.3.3 Khoản d của TCVN 1651:2018 quy định: ***"Nhà sản xuất phải cung cấp một bản báo cáo kết quả thử chứng tỏ rằng các sản phẩm cung cấp thoả mãn các tính chất hoá học và cơ học được quy định trong các Điều 6 (thành phần hóa học) và Điều 7 (cơ tính) và một bản khẳng định rằng các yêu cầu khác của tiêu chuẩn này cũng được thoả mãn".***

2.3. Điều kiện chấp nhận liên quan đến phụ gia bê tông

Vì sao trong tập Chỉ dẫn kỹ thuật của các dự án lại quy định *"Phụ gia tăng dẻo phải là chủng loại được Tư vấn giám sát chấp thuận và tuân thủ các quy định trong TCVN 8826-2011: Phụ gia hóa học cho bê tông"*? Đã phải tuân thủ các quy định trong TCVN 8826-2011 mà vẫn còn phải được Tư vấn giám sát chấp thuận về chủng loại? Trong khi đó, 5 loại phụ gia được đề cập trong TCVN 8826-2011cũng không hề có loại phụ gia nào là *"phụ gia tăng dẻo"* cả. Vậy phụ gia tăng dẻo phải là chủng loại được Tư vấn giám sát chấp thuận sẽ là chủng loại nào và căn cứ vào văn bản pháp quy kỹ thuật nào? Tại sao *"Phụ gia tăng dẻo không được phép sử dụng đồng thời với các phụ gia khác trong cùng 1 cấp phối trừ khi có sự chấp thuận của Tư vấn giám sát"*? v.v, và v.v.

Còn nữa! Tại sao cũng ở Mục 07100 lại còn có quy định *"Các chất phụ gia giảm nước, chậm giảm nước, phụ gia chống ăn mòn và các chất phụ gia hóa dẻo, chậm đông cứng theo TCVN8826-2011 có thể được sử dụng nếu có văn bản cho phép của cấp có thẩm quyền, tuân thủ các cấp phối và yêu cầu về độ sụt được Tư vấn giám sát phê chuẩn"*?

Tương tự với *"Vữa bơm ống gen"* Mục 7110. Tại sao đã yêu cầu vữa bơm ống gen phải tuân thủ *"Các yêu cầu kỹ thuật của vữa chèn ống gen tuân theo bảng 1 của TCVN 11971:2018"* mà còn thêm quy định *"Chỉ bao gồm xi măng Porland, nước và phụ gia giãn nở được Tư vấn giám sát chấp thuận"* trong khi mục Vật liệu của TCVN 11971:2018 đã quy định rõ các yêu cầu đối với thành phần của vữa bơm ống gen gồm xi măng, nước, phụ gia?

2.4. Điều kiện chấp nhận các loại gối cầu

Như trên đã đề cập, các Tiêu chuẩn TCVN10308:2014 đối với gối cầu cao su cốt bản thép không có tấm trượt trong cầu đường bộ và TCVN 10269: 2014: Gối cầu kiểu chậu - Phương pháp thử… (mà các Tư vấn soạn thảo vẫn lấy làm căn cứ để đưa ra quy định về thí nghiệm của nhà thầu xây dựng) cũng đã được biên soạn và công bố theo nội dung quy định của các văn bản Luật và Nghị định nêu trên.

Bảng 1: Chỉ tiêu thử nghiệm và số lượng mẫu thử

Chỉ tiêu thử nghiệm	Số mẫu yêu cầu
1. Thử nghiệm nén thẳng đứng	01 mẫu / 01 lô sản phẩm
2. Thử nghiệm góc xoay	01 mẫu / 01 lô sản phẩm
3. Thử nghiệm hệ số ma sát	02 mẫu / 01 lô sản phẩm
4. Thử nghiệm đẩy ngang	02 mẫu / 01 lô sản phẩm

Mục 6.6 của Tiêu chuẩn TCVN10308:2014 quy định: *"Trong xưởng chế tạo gối, cần phải tổ chức nghiệm thu bằng cách: chọn loại gối cầu có kích thước cơ bản giống nhau, tính chất cơ lý của vật liệu cao su giống nhau, cùng loại keo dán, cùng điều kiện lưu hóa cao su và quy trình công nghệ, xếp thành từng lô không quá 30 gối.*

Trong một lô cần chọn ra 5 gối để tiến hành kiểm tra theo các nội dung sau:

a) Tính chất vật lý, hóa học, cơ học của vật liệu cao su và gối cầu cao su theo Bảng 1;

b) Các kích thước cơ bản của gối cầu theo Hình 1, bề dày lớp cao su bảo vệ (C)."

…

Rõ ràng quy định thí nghiệm kiểm tra chất lượng để nghiệm thu gối cầu được đề cập trong TCVN10308:2014 là nhiệm vụ của nhà sản xuất. Thế mà trong hầu hết hồ sơ mời thầu của các dự án hiện nay, Tư vấn soạn thảo Chỉ dẫn kỹ thuật vẫn bắt nhà thầu phải tiến hành tất cả những gì mà nhà sản xuất đã làm trước khi cung cấp gối cho nhà thầu?

Tương tự đối với TCVN 10269: 2014: Gối cầu kiểu chậu - Phương pháp thử. Xin được trích nguyên văn mục 5 của Tiêu chuẩn này:

"5. Lấy mẫu

5.1. Lấy mẫu thử sẽ được tiến hành trên một lô cơ sở.

5.2. Một lô sẽ bao gồm các gối được sản xuất trong một ngày hoặc một thời gian qui định.

5.3. Một lô sẽ không được vượt quá 25 gối.

5.4. Một lô sẽ bao gồm các gối chậu của cùng một loại và có thể có khả năng chịu lực thẳng đứng khác nhau. Các loại gối chậu là gối chậu cố định hoặc gối chậu di động.

5.5. Ngoại trừ khi có chỉ dẫn của hợp đồng hoặc yêu cầu của khách hàng, số lượng mẫu thử ứng với các chỉ tiêu thử nghiệm theo quy định tại Bảng 1.

5.6. Mẫu thử nghiệm, trước khi tiến hành thử nghiệm mẫu phải được kiểm tra bằng mắt để đánh giá tình trạng của các bộ phận cấu tạo gối và độ sạch của bề mặt gối" (hết trích).

Như vậy, cũng như đối với gối cầu cao su cốt bản thép, các loại gối chậu trước khi cung cấp cho khách hàng cũng đã được nhà sản xuất tiến hành thí nghiệm theo TCVN 10269: 2014. Thế mà trong hầu hết hồ sơ mời thầu của các dự án hiện nay, Tư vấn soạn thảo Chỉ dẫn kỹ thuật vẫn bắt Nhà thầu phải tiến hành tất cả những gì mà nhà sản xuất gối chậu đã phải làm trước khi cung cấp gối cho nhà thầu?

Bản thân tôi từ những năm 90 của thế kỷ trước cho đến những năm đầu của thế kỷ 21 đã từng thừa lệnh Bộ trưởng Bộ GTVT ký công văn trả lời rất nhiều Nhà thầu khi xảy ra trường hợp Chủ đầu tư, Tư vấn giám sát đưa ra những yêu cầu vô lý bắt Nhà thầu phải tiến hành thí nghiệm để xác định các tính chất vật lý, hóa học, cơ học của vật liệu cao su và gối cầu cao su. Mặc dù lúc đó chưa có Luật nhưng cũng đã có Pháp lệnh về chất lượng hàng hóa và đã có quy định nhà sản xuất phải công bố tiêu chuẩn hàng hóa và công bố sản phẩm phù hợp tiêu chuẩn để tôi lấy làm cơ sở pháp lý bác các yêu cầu vô lý này của các Chủ đầu tư, Tư vấn giám sát.

Hoặc đối với dự án xây dựng cầu Thuận Phước cũng xảy ra trường hợp tương tự khi BQLDA và Tư vấn giám sát trưởng yêu cầu nhà cung cấp cáp chủ phải tổ chức thí nghiệm mỏi của cáp chủ để họ chứng kiến mà không hình dung được chi phí thí nghiệm mỏi đối với cáp chủ còn cao hơn chi phí mua cáp.

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Các dẫn dụ nêu ở mục 2 trên đây chỉ mới là một số ví dụ liên quan đến một số nội dung được quy định trong các tập Chỉ dẫn kỹ thuật của các dự án xây dựng giao thông hiện nay đối với các công trình cấp II trở lên sử dụng nguồn vốn trong nước. Những quy định này đều trái với yêu cầu của các văn bản pháp quy kỹ thuật liên quan của Việt Nam. Điều này không những làm cho công tác quản lý chất lượng, kiểm soát và giám sát chất lượng các công trình xây dựng trở nên phức tạp, chồng chéo, đa chủ thể dẫn đến tình trạng không có chủ thể nào chịu trách nhiệm chính. Hậu quả của các quy định trái luật này làm phát sinh nhiều chi phí phụ không cần thiết, gây lãng phí và thất thoát trong đầu tư công và đến khi chất lượng công trình có vấn đề thì không có ai chịu trách nhiệm khắc phục, xử lý hay đền bù.

Do vậy, những quy định trái luật này cần được các cơ quan chức năng khi phê duyệt xem xét sửa đổi hoặc loại bỏ.❖

Hành trình "thoát thai" của kinh tế tư nhân Việt Nam



NGUYỄN HOÀNG LINH

Nghị quyết 68-NQ/TW ngày 04/5/2025 của Bộ Chính trị là một minh chứng lịch sử về sự "thoát thai hoán cốt" của kinh tế tư nhân Việt Nam. Từ một "đối tượng cải tạo" nay kinh tế tư nhân Việt Nam được đánh giá là nguồn "động lực quan trọng nhất của nền kinh tế quốc gia", công cuộc đổi mới của đất nước đã bước sang tuổi 40, "tứ thập nhi bất hoặc"!

TỪ "ĐỐI TƯỢNG CẢI TẠO" ĐẾN "ĐỘNG LỰC QUAN TRỌNG NHẤT CỦA NỀN KINH TẾ QUỐC GIA"

Sau ngày thống nhất đất nước (30/4/1975), cả nước bắt tay vào công cuộc xây dựng CNXH. Khi đó, trong lĩnh vực kinh tế, cả nước lấy kinh tế quốc doanh làm chủ đạo cùng với kinh tế tập thể; kinh tế tư nhân là đối tượng cải tạo. Hệ thống kinh tế tập trung, bao cấp được thiết lập từ Trung ương đến địa phương, coi nhẹ hoặc phủ nhận sản xuất hàng hóa, quy luật giá trị, có thành kiến với kinh tế thị trường…

Mặc dù đạt được một số thành tựu khắc phục hậu quả sau chiến tranh trong giai đoạn 1975 - 1985 nhưng về kinh tế, đất nước đã rơi vào tình trạng khủng hoảng kinh tế - xã hội nghiêm trọng.

Bắt đầu từ Đại hội Đảng lần thứ VI (tháng 12/1986), nền kinh tế nhiều thành phần đã được thừa nhận chính thức trong văn kiện Đại hội nhưng cụm từ "kinh tế tư nhân" vẫn bị coi là nhạy cảm và cố kỵ nên phải nằm lẫn trong "các thành phần kinh tế khác". Văn kiện Đại hội VI khẳng định cần phải: "Củng cố thành phần kinh tế XHCN bao gồm cả khu vực quốc doanh và khu vực tập thể một cách toàn diện" nhưng cũng đã hé mở ra một cánh cửa mới: "Bằng những biện pháp thích hợp, sử dụng mọi khả năng của các thành phần kinh tế khác trong sự liên kết chặt chẽ và dưới sự chỉ đạo của thành phần kinh tế XHCN". Lúc này, kinh tế tư nhân nói riêng, các thành phần kinh tế phi XHCN nói chung vẫn được coi là đối tượng phải "cải tạo", bằng những hình thức và bước đi thích hợp, tránh chủ quan nóng vội: "Cần có chính sách sử dụng và cải tạo đúng đắn các thành phần kinh tế khác".

Nếu nói chính xác thì trong quá trình xây dựng CNXH của đất nước, kinh tế tư nhân Việt Nam chỉ được thừa nhận bắt đầu từ Nghị quyết số 10-NQ/TW ngày 05/4/1988 của Bộ Chính trị khóa VI, xác định hộ nông dân là đơn vị kinh tế tự chủ, tạo động lực cho kinh tế tư nhân trong nông nghiệp hồi phục và phát triển năng động, bước đầu chuyển sang sản xuất hàng hóa.

Đến Đại hội Đảng lần thứ VII (tháng 6/1991), cụm từ "kinh tế tư nhân" được chính thức đưa vào văn kiện Đại hội: "Kinh tế tư nhân được phát triển, đặc biệt trong lĩnh vực sản xuất, theo sự quản lý, hướng dẫn của Nhà nước" và "Mọi người được tự do kinh doanh theo pháp luật, được bảo hộ quyền sở hữu và thu nhập hợp pháp". Thậm chí, thành phần tư bản tư nhân cũng được xác định như là một "công cụ" để xây dựng nền kinh tế XHCN: "Kinh tế tư bản tư nhân được phát triển không hạn chế về quy mô và địa bàn hoạt động trong những ngành, nghề mà luật pháp không cấm"…

Thời gian cứ mỗi lần qua đi là một lần nền kinh tế tư nhân của Việt Nam được "thoát thai hoán cốt", lại một lần vươn lên phát triển cùng đất nước. Đến Đại hội Đảng lần thứ X thì tư duy và nhận thức về kinh tế tư nhân trong Đảng bùng nổ khi cho phép đảng viên tham gia kinh tế tư nhân.

Tại Đại hội Đảng lần thứ XII (tháng 01/2016), kinh tế tư nhân đã được đánh giá là một động lực quan trọng của nền kinh tế. Văn kiện Đại hội XII nhấn mạnh việc: "Hoàn thiện cơ chế, chính sách khuyến khích, tạo thuận lợi phát triển mạnh kinh tế tư nhân ở hầu hết các ngành và lĩnh vực kinh tế, trở thành một động lực quan trọng của nền kinh tế. Hoàn thiện chính sách hỗ trợ phát triển doanh nghiệp nhỏ và vừa, doanh nghiệp khởi nghiệp. Khuyến khích hình thành các tập đoàn kinh tế tư nhân đa sở hữu và tư nhân góp vốn vào các tập đoàn kinh tế nhà nước".

Nhưng ngoạn mục nhất, ấn tượng nhất có lẽ là Nghị quyết 68-NQ/TW ngày 04/5/2025 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế tư nhân. Nội dung Nghị quyết không chỉ khẳng định: "Kinh tế tư nhân là một động lực quan trọng nhất của nền kinh tế quốc gia; là lực lượng tiên phong trong phát triển khoa học công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số" mà còn đặt ra mục tiêu rất cụ thể cho khu vực kinh tế tư nhân của quốc gia.

Đó là, phấn đấu có 2 triệu doanh nghiệp hoạt động trong nền kinh tế, 20 doanh nghiệp hoạt động/nghìn dân. Có ít nhất 20 doanh nghiệp lớn tham gia chuỗi giá trị toàn cầu.

Đó là, tốc độ tăng trưởng bình quân của kinh tế tư nhân đạt khoảng 10 - 12%/năm, cao hơn tốc độ tăng trưởng của nền kinh tế; đóng góp khoảng 55 - 58% GDP, khoảng 35 - 40% tổng thu ngân sách nhà nước, giải quyết việc làm cho khoảng 84 - 85% tổng số lao động; năng suất lao động tăng bình quân khoảng 8,5 - 9,5%/năm.

Đó là trình độ, năng lực công nghệ, đổi mới sáng tạo, chuyển đổi số thuộc nhóm 3 nước đứng đầu ASEAN và nhóm 5 nước đứng đầu khu vực châu Á.

Từ một "đối tượng cải tạo" nay kinh tế tư nhân Việt Nam được đánh giá là nguồn "động lực quan trọng nhất của nền kinh tế quốc gia", công cuộc đổi mới của đất nước đã bước sang tuổi 40, "tứ thập nhi bất hoặc"!

"PHÁT TRIỂN KINH TẾ TƯ NHÂN LÀ LỰA CHỌN SỐNG CÒN"

Để bạn đọc hiểu ngọn ngành hơn về quá trình thoát thai của nền kinh tế tư nhân Việt Nam, xin trích dưới đây một phần bài viết "Động lực mới cho phát triển kinh tế" của Tổng Bí thư Tô Lâm về vấn đề này: *"Thực tiễn phát triển kinh tế, đặc biệt là kinh tế tư nhân ở Trung Quốc và Nga, cũng như qua 40 năm đổi mới ở Việt Nam đã để lại những bài học hết sức quý báu.*

Với Nga, ngay cả trong thời kỳ phát triển kinh tế kế hoạch hóa tập trung, Chính sách kinh tế mới phát triển các thành phần kinh tế, trong đó có kinh tế tư nhân, của V.Lênin từ năm 1921 đến năm 1991 đã giúp kinh tế Nga phát triển vượt bậc. Trong thời kỳ này, nước Nga cùng với nhiều nước kém phát triển khác trong Liên bang Xô viết trở thành cường quốc đạt tới trình độ cao trong nhiều lĩnh vực như năng lượng, công nghiệp, vũ trụ.

Với Trung Quốc, bắt đầu từ chính sách "Cải cách và Mở cửa" năm 1978, sửa đổi hiến pháp năm 1988 theo hướng tăng cường bảo vệ quyền và lợi ích hợp pháp của các doanh nghiệp tư nhân, công nhận kinh tế tư nhân là một phần quan trọng của nền kinh tế thị trường xã hội chủ nghĩa tại Đại hội Đảng Cộng sản Trung Quốc lần thứ XV năm 1997, cam kết bảo vệ quyền lợi và lợi ích hợp pháp của kinh tế cá thể và kinh tế tư doanh, kinh tế tư nhân của Trung Quốc đã có bước phát triển bùng nổ, với sự ra đời của nhiều tập đoàn lớn không chỉ thống trị thị trường nội địa mà còn vươn ra thị trường quốc tế, đóng vai trò quan trọng trong các lĩnh vực công nghệ, viễn thông và thương mại điện tử.

Hàng loạt doanh nghiệp tư nhân chiếm phần lớn trong các ngành công nghiệp như sản xuất, dịch vụ, đặc biệt là công nghệ cao đã đóng góp hơn 60% GDP, tạo ra 80% việc làm ở thành thị và hơn 70% phát minh, sáng chế trong nền kinh tế Trung Quốc.

Ở Việt Nam, với việc nền kinh tế nhiều thành phần được thừa nhận chính thức trong văn kiện Đại hội VI của Đảng; khẳng định khuyến khích và tạo điều kiện cho kinh tế tư nhân phát triển ở Đại hội VII và tiếp tục nhấn mạnh ở Đại hội VIII; có bước phát triển tại Đại hội IX khi Đảng ta khẳng định kinh tế tư bản tư nhân là thành phần kinh tế có vị trí quan trọng lâu dài trong nền kinh tế thị trường định hướng XHCN, lần đầu tiên ban hành Nghị quyết chuyên đề "Về tiếp tục đổi mới cơ chế, chính sách, khuyến khích, tạo điều kiện phát triển kinh tế tư nhân"; nhấn mạnh vai trò quan trọng, là một trong những động lực của nền kinh tế và quy định cụ thể vấn đề đảng viên làm kinh tế tư nhân ở Đại hội X; khẳng định mạnh mẽ, dứt khoát về vai trò của kinh tế tư nhân như là một động lực quan trọng của nền kinh tế tại Đại hội XII, XIII, kinh tế tư nhân đã có những bước phát triển khởi sắc.

Từ chỗ chỉ tồn tại "thoi thóp", "cầm chừng" trong cơ chế tập trung quan liêu bao cấp, bị phân biệt đối xử không chỉ trong ý thức xã hội mà trong cả cơ chế, chính sách nhà nước, kinh tế tư nhân đã vươn lên mạnh mẽ trong thời kỳ đổi mới, đóng góp ngày càng nhiều cho ngân sách Nhà nước, tạo việc làm cho xã hội, phát huy những tiềm năng, lợi thế sẵn có ở mỗi địa phương cũng như trong cả nước, góp phần quan trọng phát triển kinh tế - xã hội, củng cố quốc phòng, an ninh, khẳng định vai trò, động lực quan trọng trong hội nhập quốc tế.

Có thể thấy, với tầm nhìn, chính sách đúng đắn, trong nền kinh tế thị trường định hướng XHCN, phát triển kinh tế tư nhân là sự lựa chọn sống còn để thúc đẩy sản xuất vật chất, tạo ra sự biến đổi xã hội, "sức bật" về trình độ công nghệ, đào tạo nghề, gia tăng khả năng hấp thu vốn, thúc đẩy tăng năng suất lao động, xây dựng cơ sở vật chất kỹ thuật cho CNXH.

Để phát triển kinh tế tư nhân, vấn đề quan trọng, cốt lõi nhất là tiếp tục hoàn thiện thể chế kinh tế thị trường định hướng XHCN, với những thay đổi có tính bước ngoặt về tư duy, nhận thức, hành động, tạo thành đặc trưng cơ bản của kinh tế thị trường định hướng XHCN có sự quản lý của Nhà nước dưới sự lãnh đạo của Đảng so với kinh tế thị trường định hướng XHCN có sự quản lý của Nhà nước trước đây".

Như vậy có thể nhận xét, cùng với cuộc cải cách bộ máy hành chính chưa từng có, thì một trong những điểm nghẽn thể chế về lĩnh vực kinh tế tư nhân của nước nhà bắt đầu khởi động một cuộc cách mạng mới trong nền kinh tế quốc gia.

> ***"Sau gần 40 năm đổi mới, khu vực kinh tế tư nhân hiện có khoảng hơn 940 nghìn doanh nghiệp và hơn 5 triệu hộ kinh doanh đang hoạt động, đóng góp khoảng 50% GDP, hơn 30% tổng thu ngân sách nhà nước và sử dụng khoảng 82% tổng số lao động vào tăng trưởng kinh tế, tạo việc làm, là lực lượng quan trọng thúc đẩy đổi mới sáng tạo, nâng cao năng suất lao động, gia tăng năng lực cạnh tranh quốc gia, góp phần xoá đói, giảm nghèo, ổn định đời sống xã hội..." - trích Nghị quyết 68-NQ/TW ngày 04/5/2025 của Bộ Chính trị.***

Tính "Mở"- nét độc đáo của Kiến trúc đô thị Sài Gòn - TP.HCM



KTS PHẠM THANH TÙNG*

Sài Gòn - TP.HCM đã bao đổi thay, trong đó có kiến trúc. Nhưng dường như, mọi sự đổi thay về kiến trúc ở đây không gây sốc đến độ dư luận phải tốn thời gian để tranh cãi mà nó dễ được chấp nhận. Sự chấp nhận này không phải là dễ dãi, thờ ơ mà nó được chấp nhận, tiếp biến để trở thành "một thành phần kiến trúc mới" của Thành phố. Phải chăng đó thể hiện tính mở, tính bao dung và chấp nhận đầy phóng khoáng và hào sảng của người Sài Gòn và cũng là bản sắc rất riêng của kiến trúc và văn hóa Sài Gòn.

So với Hà Nội thì Sài Gòn -TP.HCM là đô thị trẻ, hình thành được khoảng hơn 300 năm. Nhưng chừng ấy thời gian cũng đủ để nơi đây tạo dựng nên một quỹ kiến trúc đồ sộ, phong phú về thể loại, đa dạng về phong cách cùng hàng trăm di tích lịch sử - văn hóa có niên đại từ thế kỷ 18 đến thế kỷ 20. Vùng đất nhiều sông ngòi tràn ngập nắng gió phương Nam này, trong suốt 3 thế kỷ thăng trầm của lịch sử là nơi hội tụ của người bản địa, người Việt di cư từ miền Bắc, miền Trung, đến người Hoa, người Khmer, người Chăm… đến khai phá, lập nghiệp và chung tay xây dựng hình thành nên một đô thị Sài Gòn hiện đại tráng lệ, phồn hoa bậc nhất Đông Nam Á, Hòn ngọc viễn đông những năm 60 của thế kỷ trước và giờ đây là TP.HCM - Trung tâm kinh tế văn hóa năng động sáng tạo mang tầm quốc tế, có quy mô lớn nhất cả nước.

Quá trình hình thành đô thị Sài Gòn cũng là quá trình hội nhập và tiếp nhận văn hóa đến từ nhiều vùng miền khác nhau, nhưng Sài Gòn không làm thay đổi những nét văn hóa riêng của từng cộng đồng người, mà nuôi dưỡng tất cả với sự cởi mở, bao dung, làm nên một văn hóa Sài Gòn phong phú và đa dạng. Chính sự chấp nhận, bao dung ấy là "Tính Mở" - một thứ ADN tạo nên bản sắc kiến trúc đô thị Sài Gòn trước đây và TP.HCM ngày nay.

Nửa thế kỷ sau ngày 30/4/1975 đất nước thống nhất đã đi qua. Kho tàng kiến trúc đô thị của TP.HCM đã giàu thêm, phong phú thêm rất nhiều bởi hàng trăm công trình kiến trúc hiện đại bản địa mới do đội ngũ kiến trúc sư Việt Nam thiết kế được xây dựng, mà trong đó có rất nhiều người trẻ ở độ tuổi 7x - 8x, trong quá trình đô thị hóa và mở rộng, tái thiết thành phố theo hướng văn minh, hiện đại, bản sắc, nghĩa tình.

1 Trải qua bao thăng trầm của lịch sử, biến thiên của thời cuộc, Sài Gòn -TP.HCM vẫn giữ được cấu trúc cơ bản của quy hoạch đô thị phương Tây mà người Pháp đã lập vào cuối thế kỷ 19. Bản quy hoạch này không chỉ định hình rõ nét đặc trưng của kiến trúc đô thị Sài Gòn là đô thị sông nước, mà hướng rộng hơn là phát triển thành phố thành một trung tâm giao thương và kết nối khu vực.

Dựa vào sông Sài Gòn và hệ thống kênh rạch, người ta cấu trúc đô thị Sài Gòn thành những ô phố, xây dựng đường phố, nhà phố, công sở, biệt thự, trường học, bệnh viện và các công trình công cộng khác. Ngày nay, những công trình kiến trúc đó hầu như vẫn còn nguyên vẹn. Cảnh quan khu vực trung tâm thành phố với những con đường rộng rãi, khang trang rợp bóng mát xum xuê của những hàng cổ thụ cao vút. Những biệt thự vườn mang vẻ đẹp kiêu sa của kiến trúc cổ điển phương Tây hay kiến trúc Đông Dương, kiến trúc hiện đại Bắc Mỹ… nhưng đã có phần biến đổi về hình thức mặt ngoài mang tính bản địa… Tất cả đã trở nên quen thuộc, là một phần không thể thiếu của thành phố này, là "nỗi nhớ Sài Gòn" đối với người đi xa và cả người mới đến! Đó là những Nhà thờ Đức bà, Bưu điện Thành phố, Nhà hát Thành phố, Trụ sở UBND-HĐND Thành phố, Chợ Bến Thành, thương xá TAX… là khu vực Nguyễn Huệ - Lê Lợi -Hàm Nghi, nơi thấm đậm hồn cốt đô thị Sài Gòn.

Chính sự cởi mở và bao dung với người nhập cư, tiếp nhận văn hóa mới đã giúp Sài Gòn sớm trở thành một đô thị sầm uất và hiện đại bậc nhất Đông Nam Á. Kiến trúc và

(*) *Chánh văn phòng Trung ương Hội KTS Việt Nam*



không gian đô thị Sài Gòn - TP.HCM mang đậm tính mở qua các giai đoạn phát triển. Sự giao thoa kiến trúc giữa Đông và Tây thể hiện rõ nhất ở trung tâm thành phố, giữa những công trình mang phong cách kiến trúc Gothic, Romanesque, Đông Dương, Art deco… và kiến trúc hiện đại thì xen kẽ đây đó là những ngôi chùa, đình của người Việt, hội quán người Hoa như chùa Bà Thiên Hậu, đình Phước Kiến mang đậm dấu ấn kiến trúc văn hóa bản địa và văn hóa nhập cư.

Sài Gòn - TP.HCM luôn phát triển theo hướng mở rộng không gian, kết nối giữa các khu vực. Các khu đô thị mới như Phú Mỹ Hưng, Thủ Thiêm thể hiện sự hướng ngoại, kết nối với dòng chảy đầu tư quốc tế; đồng thời mở ra những không gian sống hiện đại nhưng vẫn giữ mối liên hệ với thiên nhiên qua các mảng xanh và hệ thống sông ngòi. Các không gian xanh, không gian công cộng như công viên, Thảo Cầm viên, phố đi bộ Nguyễn Huệ, hay chợ truyền thống Bến Thành đều tạo điều kiện cho sự giao lưu và hòa nhập. Đây là những nơi thể hiện rõ tính "mở" không chỉ trong cấu trúc không gian, mà còn trong cách con người kết nối, tương tác với nhau và tương tác với thiên nhiên.

Kiến trúc Sài Gòn - TP.HCM đa phong cách, nhưng cơ bản vẫn là hai dòng lớn: Kiến trúc truyền thống và kiến trúc hiện đại bản địa hay kiến trúc hiện đại nhiệt đới… Nhưng có một điều rất thú vị, là kiến trúc hiện đại châu Âu hay Bắc Mỹ du nhập vào đây đều được người Sài Gòn tiếp nhận để rồi chọn lọc và tiếp biến nó, biến đổi nó cho phù hợp với khí hậu và lối sống của văn hóa phương Nam. Trên nền tảng khai thác giá trị của văn hoá truyền thống, rất nhiều công trình kiến trúc hiện đại quy mô lớn đã được đầu tư xây dựng trước 30/4/1975 như: Dinh Độc Lập, Thư viện Khoa học Tổng hợp, Hồ Con Rùa, Bệnh viện Vì dân... do các kiến trúc sư Việt Nam tốt nghiệp trường Cao đẳng Mỹ thuật Đông Dương những năm 1930 - 1940 thiết kế (với sự ủng hộ, đầu tư của chính quyền đương thời), mang đến một hình thức kiến trúc mới mẻ, khác biệt so với kiến trúc hiện đại thế giới, đó là "kiến trúc hiện đại bản địa" phù hợp với địa khí hậu phương Nam, mà các kiến trúc sư tiên phong, là Trần Văn Tải, Lê Văn Lắm, Nguyễn Văn Hoa, Phạm Văn Thâng, Bùi Quang Hạnh, Nguyễn Hữu Thiện, Nguyễn Quang Nhạc, Ngô Viết Thụ… Thiết kế của họ chối bỏ mọi trang trí phù phiếm, tốn kém để hướng đến một thứ kiến trúc mới đơn giản, hiệu quả, tiện nghi, sinh ra từ tiến bộ của công nghệ, sử dụng vật liệu bê tông, thép và kính phù hợp với điều kiện nhiệt đới, văn hóa phương Nam để tạo nên thẩm mỹ kiến trúc hiện đại mới. Họ đã sáng tạo ra những tường hoa bê tông hay hệ lam che nắng, thông gió tự nhiên theo motip truyền thống ở mặt đứng công trình một cách tinh tế, làm giảm tối đa ảnh hưởng tiêu cực của khí hậu nhiệt đới nắng gắt - mưa nhiều. Những công trình kiến trúc hiện đại xây dựng trong giai đoạn này là những bước đi đầu tiên của kiến trúc hiện đại nhiệt đới mang bản sắc địa phương, một nền kiến trúc tự chủ, được tạo nên bởi các kiến trúc sư người Việt tài hoa.

Từ sau 1975, đặc biệt là giai đoạn đất nước Đổi mới chuyển từ nền kinh tế tập trung bao cấp sang nền kinh tế thị trường theo định hướng XHCN và hội nhập quốc tế sâu rộng, cùng với sự chuyển mình mạnh mẽ của thành phố, các thế hệ KTS tốt nghiệp Trường đại học Kiến trúc Sài Gòn, Đại học Kiến trúc TP.HCM hay từ Hà Nội vào, từ nước ngoài về như Khương Văn Mười, Nguyễn Văn Tất, Nguyễn Trường Lưu, Nguyễn Khởi, Võ Thành Lân, Lưu Hướng Dương, Ngô Viết Nam Sơn,

Phạm Phú Cường, Nguyễn Hòa Hiệp, Nguyễn Hoàng Mạnh… và rất nhiều người khác nữa mà tôi không thể nhớ hết đã rất thành công trong sáng tác đưa kiến trúc hiện đại bản địa Sài Gòn hôm nay hòa nhập với kiến trúc thế giới - kiến trúc xanh, kiến trúc bền vững, kiến trúc thích ứng biến đổi khí hậu. Đó là các công trình Nhà hát Hòa Bình - quận 10 (KTS Huỳnh Tấn Phát và KTS Nguyễn Thành Thế); Đền Tưởng niệm Bến Dược - Củ Chi (KTS Khương Văn Mười); Đền Tưởng niệm Vua Hùng, Đài Truyền hình Thành phố; Nhà Văn hóa Thiếu nhi Thành phố, Kho Bạc Thành phố (KTS Nguyễn Trường Lưu); Trung tâm Hành chính quận 10 (KTS Nguyễn Văn Tất)…

Nói đến kiến trúc đô thị Sài Gòn, không thể không nhắc đến thể loại nhà phố, chiếm một lượng khổng lồ trong thành phố. Những dãy nhà phố có kiến trúc hiện đại được xây cất bằng vật liệu công nghiệp sắt thép bê tông, kính… đã hình thành tại Sài Gòn từ những năm 1940 đến những năm 1970 và sau này. Gọi là kiến trúc hiện đại, nhưng lại không theo nguyên tắc của chủ nghĩa hiện đại vốn là sự hợp lý, mà chúng được tạo ra dựa trên những quyết định đầy cảm tính của người dân. Vì thế, các căn nhà phố này là một tổ hợp thẩm mỹ vô cùng đậm đà, dày đặc và cả lộn xộn nhưng lại rất duyên dáng. Trên mỗi mặt tiền giới hạn của ngôi nhà phố, người dân đã tạo nên dấu ấn thẩm mỹ riêng của mình. Bồn hoa, lam che nắng, hoa gió, khung cửa sắt, giàn leo... tất cả đều được tạo ra không theo một khuôn mẫu cứng nhắc nào cả. Nó được sắp đặt, được chăm chút cho tới khi người chủ nhà thấy thoả mãn. Có một điều thật thú vị là hầu như các công trình kiến trúc hiện đại nổi tiếng, mang đậm bản sắc Việt được xây dựng tại thành phố, ngoài việc sử dụng hiệu quả tính thẩm mỹ của vật liệu như đá rửa, gạch mosaic… thì các KTS với tài năng của mình còn khéo léo sử dụng "bóng đổ" - một cuộc chơi của tạo hình kiến trúc với ánh sáng, đem đến cho ta một cảm xúc mới lạ và sâu sắc. Theo biểu đồ chiếu sáng của mặt trời, mà những vật thể khô cứng như có hồn. Kiến trúc mặt tiền với các khối nhô ra - lùi vào, hay bao che bởi các bức mành bằng hoa bê tông, lam chắn nắng mang đậm văn hóa truyền thống… qua thẩm thấu ánh sáng nhiệt đới đã tạo nên những khoảng sáng - tối, đặc - rỗng, âm - dương làm cho công trình trở nên gần gũi, mềm mại, có hồn. Các tuyệt phẩm kiến trúc Dinh Độc Lập của KTS Ngô Viết Thụ; Thư viện Tổng hợp Sài Gòn của KTS Bùi Quang Hạnh và Nguyễn Hữu Thiện là ví dụ điển hình như thế, là bài học kinh điển cho sinh viên các trường đào tạo KTS hôm nay.

2 Nét đặc sắc của kiến trúc Sài Gòn - TP.HCM không chỉ là đề tài hấp dẫn để nghiên cứu, mà theo tôi, trong sâu thẳm ở đó là bản sắc của mạch nguồn văn hoá chảy tận cùng không ngơi nghỉ trong suốt quá trình biến thiên của lịch sử đô thị Sài Gòn nói riêng và của dân tộc nói chung. Trào lưu, hay xu hướng kiến trúc hiện đại bản địa mới khởi nguồn từ Sài Gòn hôm qua đã nhanh chóng lan tỏa đến các đô thị, các quần cư, nhà vườn nông thôn dọc bờ biển miền Trung và khắp vùng ĐBSCL ngày nay. Người dân đã dần coi nhà gạch cốt thép bê tông là kiến trúc của họ thay vì nhà tạm bằng tranh tre vách nứa, nhà đạp… Vậy là, trào lưu kiến trúc hiện đại thế giới được khởi xướng từ đầu thế kỷ 20 bởi những KTS tiên phong bậc thầy như Walter Gropius với phong trào Bauhaus, hay Le Corbusier với quan niệm đầy chất công nghiệp "nhà là cỗ máy để ở" khi du nhập vào Sài Gòn đã được các KTS tốt nghiệp Trường Mỹ thuật Đông Dương những năm 1930 - 1940 tiếp nhận và tiếp biến đầy sáng tạo để trở thành kiến trúc hiện đại bản địa của người Việt Nam, mang bản sắc văn hóa Việt Nam.

Cùng với kho tàng kiến trúc cổ và hiện đại bản địa, thì hệ thống các công viên, không gian công cộng (KGCC) của Sài Gòn - TP.HCM cũng đã và đang mang đến cho đô thị này một vóc dáng mới, thể hiện tính "Mở", tính dân chủ, tính cộng đồng thấm đậm triết lý "Thành phố nghĩa tình" mà chính quyền Thành phố đưa ra. Những năm qua, đặc biệt là từ những năm 2000 đến nay, với tư duy đổi mới của hệ thống chính trị dưới sự lãnh đạo của Đảng, đô thị Việt Nam đã khởi sắc rõ rệt, phát triển mạnh về quy mô, về hạ tầng kỹ thuật, hạ tầng văn hóa - xã hội. Trong đó, công viên, vườn hoa, KGCC được quan tâm như hình ảnh của văn hóa đô thị và đổi mới trong xã hội, vượt qua mọi khuôn khổ cứng nhắc, trì trệ của những quy định trong Quy chuẩn xây dựng hiện hành. Và mở đầu cho sự tươi mới các KGCC trong đô thị ở nước ta, là TP.HCM và Hà Nội. Tết nguyên đán Giáp Thân 2004, TP.HCM khai trương Đường hoa Nguyễn Huệ, trên cơ sở chợ hoa Nguyễn Huệ truyền thống. Đường hoa được thiết kế bởi tài năng sáng tạo của các KTS và bàn tay khéo léo của các nghệ nhân, đã trở thành một tác phẩm sắp đặt - trang trí đường phố độc đáo, hấp dẫn đầy màu sắc. Đường hoa Nguyễn Huệ khởi đầu cho một loại hình KGCC đa năng của nghệ thuật sáng tạo, mang lại hiệu ứng không ngờ, biến một trong những con đường đẹp nhất Thành phố, dài chỉ hơn 700 m từ nơi đặt tượng đài Bác Hồ, trước Trụ sở UBND TP đến bến Bạch Đằng và ra bờ sông Sài Gòn, hai bên có nhiều kiến trúc hiện đại cao tầng và trung tâm thương mại mua bán sầm uất, thành một đường hoa rực rỡ với rất nhiều hoạt động nghệ thuật cộng đồng hấp dẫn, thu hút hàng vạn lượt người đến thăm, thưởng ngoạn, trở thành một sự kiện văn hóa hàng năm của thành phố cứ mỗi dịp Tết nguyên đán. Mô hình Đường hoa Nguyễn Huệ đã lan tỏa và có sức lay động đến chính quyền đô thị nhiều địa phương trong cả nước. Để rồi, khoảng mươi năm trở lại đây, ở phía Bắc, cứ mỗi khi Tết đến Xuân về là nhiều nhóm KTS ở Hà Nội được mời đi thiết kế - thi công các loại Đường hoa với quy mô khác nhau và với bản sắc địa phương khác nhau.

Là hai thành phố lớn nhất, có vị trí chính trị, kinh tế, văn hóa quan trọng nhất nước, nhưng ở hai đầu đất nước nên KGCC ở Sài Gòn có nhiều đặc điểm khác Hà Nội. KGCC ở TP.HCM dù diện tích lớn nhỏ khác nhau, nằm ở các khu vực dân cư khác nhau, thì ấn tượng đầu tiên là sự thân thiện, gần gũi, bởi các vườn hoa, công viên là không gian "mở" không có tường rào ngăn cách (trừ Thảo Cầm Viên có tường bao vì nuôi thú), lại nằm ở những vị trí giao thông thuận tiện, mọi người dễ dàng tiếp cận, khác hẳn với tính "đóng" (giờ đã bắt đầu mở!) của nhiều công viên ở Hà Nội. Công viên, vườn hoa luôn rợp mát bóng cây cho dù ngoài đường phố nắng nóng chang chang, bởi có rất nhiều cây xanh, cổ thụ, thảm cỏ rực

rỡ sắc hoa và ríu rít tiếng chim. Người vào công viên đủ mọi thân phận, từ các cháu học sinh, sinh viên, người cao tuổi, trí thức, bình dân hay người bán dạo, bán vé số… nhưng ai nấy đều thân thiện, vui vẻ và sẵn lòng trả lời tôi khi hỏi một điều gì đó về công viên này, về thành phố này. Với những người lần đầu đến từ nơi xa, cảm nhận đó thật dễ chịu. Có thể kể ra, xây dựng từ trước 1975 như Thảo Cầm Viên với lịch sử hơn 150 năm. Công viên 30/4 đối diện Dinh Độc Lập, Công viên Tao Đàn trên đường Nguyễn Thị Minh Khai (quận I) rộng hơn 10 ha với hơn 1.000 cây xanh cổ thụ, được ví như lá phổi xanh của Thành phố… hay xây dựng sau 1975, như Công viên Lê Văn Tám (trước giải phóng là nghĩa trang Mạc Đĩnh Chi). Công viên 23/9 nằm ở đường Lê Lai (quận 1), trải dài từ công trường Quách Thị Trang đến chợ Nguyễn Thái Bình trên đường Nguyễn Trãi, được xây dựng từ năm 1985, vốn là địa điểm của một Nhà ga xe lửa đã di dời về vùng Hòa Hưng (quận 3). Xa hơn nữa cách trung tâm Thành phố khoảng 20 km là Công viên văn hóa Suối Tiên, Công viên nước Củ Chi với giao thông thuận tiện (giờ lại có Metro Bến Thành - Suối Tiên có chiều dài toàn tuyến gần 20 km, mới đưa vào sử dụng từ cuối năm 2024) một không gian xanh, sạch đẹp, nhiều hạng mục vui chơi kỳ thú, đầy hấp dẫn đáp ứng nhu cầu hưởng thụ của mọi lứa tuổi đã và đang là điểm vui chơi công cộng nổi tiếng của Sài Gòn và cả phía Nam. Rồi cách đây vài năm, xuất hiện Công viên Vinhomes Central Park tọa lạc ngay bên bờ sông Sài Gòn có diện tích khoảng 14 ha trong quần thể Khu đô thị mới cao cấp (rộng hơn 40 ha) vào loại sang chảnh bậc nhất Sài thành do Tập đoàn Vingroup xây dựng trên cung đường Nguyễn Hữu Cảnh, quận Bình Thạnh, ven bờ sông Sài Gòn. Với nhiều kiến trúc độc đáo, hiện đại và hấp dẫn mang phong cách văn hóa của nhiều nước trên thế giới như Mỹ với đài phun nước hoành tráng, hay Nhật Bản với vườn cây bonsai đặc trưng của xứ sở hoa anh đào… Vinhomes Central Park đang trở thành một sự lựa chọn lý tưởng không chỉ cho cư dân sống trong Khu đô thị có tòa nhà Landmark 81, cao 461,3 m (là tòa nhà cao nhất Việt Nam, và cũng là tòa nhà cao thứ 15 trên thế giới) nổi tiếng này mà còn là nơi để nhiều gia đình và giới trẻ trong thành phố đến thư giãn, vui chơi, giải trí và cuối cùng là làm tăng giá trị bất động sản khu đô thị mới này cho nhà đầu tư!

Khi nói đến các KGCC ở TP.HCM, không thể không nhắc đến một KGCC đặc biệt và có ý nghĩa chính trị - xã hội - văn hóa đặc biệt, có tác dụng làm biến đổi một phần bộ mặt đô thị của Thành phố, đem lại sự hưởng thụ cho nhiều triệu người, đó là Dự án cải tạo làm hồi sinh kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè. Dẫu chỉ dài chưa đến 10 km, khởi nguồn từ quận Gò Vấp, chảy qua quận Tân Bình, Phú Nhuận rồi quận 10, quận 3, quận 1 rồi đổ ra sông Sài Gòn, vậy mà con kênh này lại chứa đựng trong nó một phần bi kịch của lịch sử và cuộc đời lam lũ của biết bao phận người nghèo khổ của Thành phố. Từ một dòng kênh trong xanh, vậy mà sau năm 1960, trước những biến động của thời cuộc, nơi đây trở thành nơi trú ngụ của hàng vạn người nghèo từ xứ trốn chạy chiến tranh tìm về. Nước kênh trong xanh dần trở thành màu nước đen và bốc mùi hôi thối bởi ô nhiễm do chất thải, nước thải và rác thải của hàng chục vạn cư dân những xóm nghèo mưu sinh hai bờ kênh thải ra suốt mấy chục năm trời, và đây cũng là nơi phát sinh những tệ nạn xã hội. Nếu tính từ thời điểm (năm 1988) Lãnh đạo Thành phố lúc bấy giờ lên chương trình cải tạo dòng kênh cho đến khi di dời hơn 7.000 hộ dân để khởi công dự án cho đến khi hoàn thành giai đoạn I vào tháng 8/2012 cũng phải mất đến 34 năm. Nhắc lại để thấy, không một thành công nào không phải trả giá bằng sự nỗ lực, bền bỉ và tâm huyết của chính quyền và nhân dân Thành phố. Sự hồi sinh kênh Nhiêu Lộc đã đem đến những lợi ích kép về kinh tế, về môi trường, về văn hóa, về an sinh xã hội. Hai tuyến đường Hoàng Sa - Trường Sa hai bên bờ kênh cùng các công viên, vườn hoa, hàng cây xanh mát, đường đi bộ, vỉa hè khang trang được xây dựng trở thành nơi vui chơi giải trí, tập thể dục thể thao cho người dân. Việc xóa hàng ngàn nhà chồ, nhà tạm hai bên bờ kênh và chuyển người dân xóm nước đen nơi đây đến những khu tái định cư mới khang trang, an toàn, tiện nghi và bền vững với chính sách ưu đãi, là một thành công lớn của Thành phố. Trong khi đó ở Hà Nội, việc hồi sinh sông Tô Lịch, sông Kim Ngưu, sông Lừ, sông Sét những dòng sông gắn với sự hình thành và phát triển 1.000 năm Thăng Long - Hà Nội, đã qua vài đời Chủ tịch, vài lần cải tạo (không đến nơi đến chốn?!) tiêu tốn ngân sách của Nhà nước, tiền thuế của người dân Thủ đô nhiều ngàn tỷ đồng cùng không ít cuộc hội thảo tranh luận, phản biện của các nhà khoa học, KTS, chuyên gia đô thị… nhưng đến thời điểm này, vẫn đang trong giai đoạn cải tạo, nhưng liệu đấy đã là giải pháp đồng bộ thực sự khả thi, bền vững (và cả nguồn lực) để hồi sinh các dòng sông này?!. Một sự so sánh không hề khập khiễng. Và người viết bài này rất ngạc nhiên là tại sao, đến bây giờ, Dự án cải tạo kênh Nhiêu Lộc - Thị Nghè, một dự án xã hội quan trọng, một thành công của nghệ thuật kiến trúc cảnh quan đô thị, một KGCC mang đậm tính văn hóa, tính chính trị và nhân văn, một tác phẩm kiến trúc đô thị được tạo nên bởi quyết tâm chính trị của các nhà Lãnh đạo, tài năng của các KTS quy hoạch, sự đồng thuận của nhân dân Thành phố, lại chưa được tôn vinh, được nhận bất kỳ một Giải thưởng nào của Nhà nước về KHCN hay về Kiến trúc - Quy hoạch ?!

3 Tôi là người sống gần hết cuộc đời ở Hà Nội, nhưng có may mắn là được đến Thành phố với sông Sài Gòn đầy nắng và gió này khá nhiều lần, đã chứng kiến bao đổi thay của Thành phố, trong đó có kiến trúc. Nhưng dường như, mọi sự đổi thay về kiến trúc ở đây không gây sốc đến độ dư luận phải tốn thời gian để tranh cãi (như kiểu Hàm Cá Mập ở Hà Nội) mà nó dễ được chấp nhận. Sự chấp nhận này không phải là dễ dãi, thờ ơ mà nó được chấp nhận, tiếp biến để trở thành "một thành phần kiến trúc mới" của Thành phố. Phải chăng đó thể hiện tính mở, tính bao dung và chấp nhận đầy phóng khoáng và hào sảng của người Sài Gòn và cũng là bản sắc rất riêng của kiến trúc và văn hóa Sài Gòn.

Và vì thế mà tôi đã đến đây - Sài Gòn - TP.HCM với đong đầy tình yêu thương và nỗi nhớ, để rồi từ lúc nào đó "tôi đã thuộc về…".

ÁP DỤNG THIẾT KẾ FEED CHO DỰ ÁN ĐƯỜNG SẮT TỐC ĐỘ CAO VÀ DỰ ÁN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ:

Một số điểm chung và khác biệt

> THANH LƯƠNG

Thiết kế kỹ thuật tổng thể (FEED) là bắt buộc áp dụng cho dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, nhưng đối với dự án đường sắt đô thị, chủ đầu tư được phép lựa chọn áp dụng hoặc không áp dụng.

Bộ Xây dựng đang dự thảo Nghị định quy định chi tiết và biện pháp thi hành các Nghị quyết của Quốc hội về thiết kế FEED và một số cơ chế đặc thù, đặc biệt thực hiện các dự án đường sắt như: Dự án đường sắt tốc độ cao trên trục Bắc - Nam, dự án đầu tư xây dựng tuyến đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng và hệ thống mạng lưới đường sắt đô thị tại Hà Nội, TP.HCM.

Trong bài viết này, tác giả chỉ đề cập đến một số điểm chung và khác biệt trong việc áp dụng thiết kế FEED giữa dự án đường sắt tốc độ cao và dự án đường sắt đô thị trên cơ sở ý kiến của ông Bùi Văn Dưỡng - Phó cục trưởng Cục Kinh tế và quản lý đầu tư (Bộ Xây dựng), tại Tọa đàm "Các vấn đề tiêu chuẩn kỹ thuật cho đường sắt hiện đại - Nhu cầu thực tiễn tại Việt Nam và kinh nghiệm quốc tế", do Trường ĐH Giao thông vận tải tổ chức sáng 06/5, tại Hà Nội.

MỘT SỐ KHÁI NIỆM MỚI XUẤT HIỆN, ĐƯỢC QUY ĐỊNH CỤ THỂ

Dự thảo Nghị định có một số nội dung mới xuất hiện: Thứ nhất, khái niệm về thuật ngữ thiết kế FEED, có nội hàm cơ bản thống nhất với thông lệ quốc tế, cũng như ở Việt Nam. Bởi ở cả 2 dự án với 2 cơ chế đặc thù là dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam và các tuyến đường sắt đô thị ở Hà Nội và TP.HCM, thiết kế FEED là thiết kế thay thiết kế cơ sở trong bước lập Báo cáo nghiên cứu khả thi.

Thứ hai, lần đầu tiên xuất hiện cụm từ Báo cáo giữa kỳ mà thông lệ các dự án quốc tế hay sử dụng, là báo cáo được thực hiện trong quá trình lập Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng để phân tích, đánh giá các yếu tố đầu vào của dự án, đưa ra các phương án nhằm lựa chọn phương án tối ưu về công nghệ, hướng tuyến và vị trí các điểm khống chế, vị trí công trình chính trên tuyến, tiêu chuẩn chủ yếu áp dụng cho dự án.

Thứ ba, riêng đối với dự án cao tốc Bắc - Nam, do đây dự án có yếu tố lần đầu tiên triển khai và cũng là dự án có quy mô lớn nhất thế giới hiện nay, với chiều dài 1.541 km, tốc độ cao. Nên, khác với các dự án thông thường, ngay bước lập Báo cáo nghiên cứu khả thi, dự thảo Nghị định quy định phải có tư vấn hỗ trợ chuẩn bị dự án để hỗ trợ cho chủ đầu tư, được giao quản lý dự án, thực hiện một số việc như: Lập nhiệm vụ khảo sát, lập nhiệm vụ thiết kế, lựa chọn tư vấn lập Báo cáo nghiên cứu khả thi… và đánh giá, góp ý để chủ đầu tư có cơ sở phê duyệt các nhiệm vụ khảo sát, phương án, quyết định khảo sát, nhiệm vụ thiết kế, để triển khai thực hiện.

Thứ tư, có một khái niệm mới so với các quy hoạch trước đây là quy hoạch vùng phụ cận ngang đường sắt, xuất hiện ở cả 2 dự án đường sắt cao tốc Bắc - Nam và dự án đường sắt Lào Cai - Hà Nội - Hải Phòng. Đối với 2 dự án này, trong cơ chế đặc thù của Quốc hội cho phép hình thành lên các vùng phụ cận của ga để tận dụng ưu thế, ưu điểm và khả năng kết nối của ga để phát triển kinh tế khu vực xung quanh nhà ga. Trong khi hệ thống pháp luật về quy hoạch đô thị và nông thôn chưa có quy định, do đó khi cơ quan soạn thảo đưa khái niệm này vào dự thảo Nghị định, đã dẫn chiếu quy trình thực hiện căn cứ theo Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn, được lập như một quy hoạch khu chức năng và lập quy hoạch phân khu khu chức năng.

LỰA CHỌN TƯ VẤN HỖ TRỢ CHUẨN BỊ DỰ ÁN CHO ĐƯỜNG SẮT TỐC ĐỘ CAO

Về quy trình thực hiện dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, dự án này có đặc thù riêng nên dự thảo Nghị định quy định chủ đầu tư là người tổ chức lựa chọn tư vấn hỗ trợ chuẩn bị dự án. Khi được lựa chọn, tổ chức tư vấn hỗ trợ chuẩn bị dự án sẽ phải lập nhiệm vụ khảo sát và nhiệm vụ thiết kế theo yêu cầu của chủ đầu tư, hỗ trợ chủ đầu tư lựa chọn tư vấn lập Báo cáo nghiên cứu khả thi, tư vấn khảo sát.

Sau khi lựa chọn được tư vấn khảo sát, đơn vị này sẽ thực hiện khảo sát, lập Báo cáo kết quả khảo sát với 2 nội dung: (1) Kết quả khảo sát phục vụ Báo cáo giữa kỳ; (2) Kết quả khảo sát phục vụ Báo cáo nghiên cứu khả thi.

Đối với dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, dự thảo Nghị định quy định nội dung khảo sát ở bước phục vụ Báo cáo giữa kỳ cho phép riêng đối với khảo sát địa hình, có thể được lập tương đương với thiết kế kỹ thuật; còn khảo sát địa chất và thủy văn ở bước phục vụ Báo cáo giữa kỳ, có thể lập tương ứng với thiết kế cơ sở so với tiêu chuẩn thông thường hiện nay.

Đến khi kết thúc Báo cáo giữa kỳ, để phục vụ Báo cáo nghiên cứu khả thi, cũng có Báo cáo kết quả khảo sát giữa kỳ phục vụ lập thiết kế FEED của Báo cáo nghiên cứu khả thi.

Sau khi đã có Báo cáo nghiên cứu khả thi, trên cơ sở hồ sơ thiết kế FEED, đối với Báo cáo giữa kỳ, ngoài việc lựa chọn 4 tiêu chí quan trọng (công nghệ, hướng tuyến và vị trí các điểm khống chế, vị trí công trình chính trên tuyến, tiêu chuẩn chủ yếu), sẽ có đề xuất một số loại dự án thành phần ưu tiên thực hiện trước. Toàn bộ đề xuất này phụ thuộc vào khả năng của tư vấn lập Báo cáo nghiên cứu khả thi; và đề xuất trên cơ sở này sẽ ra được dự án thành phần ưu tiên triển khai trước, khi đó sẽ triển khai dự án thành phần ưu tiên song song với dự án tổng thể.

Đến khi hoàn thành Báo cáo nghiên cứu khả thi, trình Hội đồng Thẩm định nhà nước thẩm định, trình Thủ tướng Chính phủ phê duyệt, kết quả Báo cáo nghiên cứu khả thi sẽ có đầy đủ các thông tin theo quyết định phê duyệt, trong đó có việc phân chia dự án thành phần theo yêu cầu của người quyết định đầu tư, của Thủ tướng Chính phủ hoặc theo đề xuất của tư vấn lập dự án nếu thấy hợp lý.

Trên cơ sở Báo cáo nghiên cứu khả thi của thiết kế FEED, hình thành ra một số loại dự án, gói thầu, thực hiện theo các hình thức hợp đồng khác nhau: EPC, EC, EP.

Các nhà thầu sẽ tổ chức thực hiện, triển khai thiết kế sau thiết kế FEED đối với các gói thầu thực hiện theo hình thức EPC, EC, EP. Đối với các gói thầu thông thường, chủ đầu tư sẽ là người triển khai thực hiện theo pháp luật hiện nay. Các gói thầu hình thành theo các loại hợp đồng EPC, EC, EP, tổng thầu sẽ là người tổ chức thực hiện lập, thẩm định và phê duyệt.

Tuy nhiên, để bảo đảm kiểm soát về chất lượng, yêu cầu trong Báo cáo nghiên cứu khả thi của thiết kế FEED đã được triển khai, dự thảo Nghị định quy định giao nhiệm vụ cho 2 đơn vị: (1) Chủ đầu tư phải kiểm soát, đánh giá và chấp thuận nội dung của thiết kế sau thiết kế FEED bảo đảm phù hợp với thiết kế FEED; (2) Các nhà thầu EPC, EC, EP phải lựa chọn tư vấn thẩm tra, có trách nhiệm đánh giá bảo đảm các nội dung về an toàn, tuân thủ tiêu chuẩn, quy chuẩn… của toàn bộ thiết kế sau thiết kế FEED để làm cơ sở cho tổng thầu phê duyệt thiết kế xây dựng triển khai sau thiết kế FEED. Sau đó, triển khai thi công xây dựng theo quy trình quản lý chất lượng thông thường.

2 LỰA CHỌN CHO DỰ ÁN ĐƯỜNG SẮT ĐÔ THỊ

Về quy trình thực hiện các dự án đường sắt đô thị, cơ bản giống quy trình thực hiện dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, nhưng cũng có một số đặc thù khác do cơ chế đặc thù giữa các dự án là khác nhau.

Ví dụ như về việc lựa chọn tư vấn hỗ trợ chuẩn bị dự án, dự thảo Nghị định quy định, người quyết định đầu tư quyết định lựa chọn phương án: Thứ nhất, có thể lựa chọn tư vấn hỗ trợ chuẩn bị dự án; Thứ hai, hoặc thực hiện các quy trình thông thường trong việc lập nhiệm vụ khảo sát, nhiệm vụ thiết kế, phương án kỹ thuật, phê duyệt kết quả khảo sát.

Nếu trường hợp lựa chọn tư vấn chuẩn bị dự án, thì tư vấn chuẩn bị dự án thực hiện các việc tương tự như quy trình của dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam.

Trường hợp chủ đầu tư không lựa chọn tư vấn hỗ trợ chuẩn bị dự án, thì chủ đầu tư có thể tự lập nhiệm vụ thiết kế hoặc giao tổ chức/cá nhân có đủ năng lực; hoặc khi đã lựa chọn được nhà thầu khảo sát, nhà thầu lập thiết kế FEED thì sẽ giao 2 nhà thầu lập nhiệm vụ khảo sát, nhiệm vụ thiết kế hoặc thuê tổ chức/cá nhân đủ năng lực lập nhiệm vụ khảo sát, nhiệm vụ thiết kế cũng như lập kết quả khảo sát, làm cơ sở đánh giá, phê duyệt các kết quả này.

Một đặc thù nữa của nhóm dự án đường sắt đô thị là, theo cơ chế đặc thù, quy định hiện hành, hầu như các dự án này đều là dự án quan trọng quốc gia. Tuy nhiên, trong cơ chế đặc thù tại Nghị quyết số 188/2025/QH15 cho phép tất cả các dự án đường sắt đô thị được quản lý như dự án nhóm A. Vì vậy, trình tự, thủ tục thẩm định, phê duyệt Báo cáo nghiên cứu khả thi dự án sẽ khác so với dự án quan trọng quốc gia.

Và như vậy, thay vì Hội đồng thẩm định nhà nước thực hiện thẩm định, phê duyệt; thì UBND TP Hà Nội và UBND TP.HCM sẽ chuyển giao cho cơ quan Trung ương trực thuộc thẩm định phần nội dung của cơ quan chuyên môn trực thuộc người quyết định đầu tư; giao cơ quan chuyên môn về xây dựng thẩm định nội dung của cơ quan chuyên môn về xây dựng theo quy định của pháp luật hiện hành.

Ngoài ra, do đặc thù của thiết kế FEED thay thiết kế cơ sở nên các nội dung thẩm định của các cơ quan sẽ được cập nhật, bổ sung trên cơ sở quy định của Luật Xây dựng, để ngay ở thiết kế FEED sẽ phải thẩm định thêm các nội dung về an toàn, gần tương ứng với sau thiết kế cơ sở, và các nội dung của Báo cáo nghiên cứu khả thi.

Các nội dung lựa chọn nhà thầu EPC, EC, EP, và thiết kế sau thiết kế FEED, có quy trình gần tương tự với dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam.

Kinh nghiệm quý giá về FEED **và gợi ý cho dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam**



TS.LS NGUYỄN TRUNG NAM*



THS PHẠM HỒNG LIÊN**

Các quốc gia hàng đầu như Nhật Bản, Pháp và Tây Ban Nha đều đặt trọng tâm vào giai đoạn thiết kế kỹ thuật cơ sở, một bước đi có vai trò tương tự như thiết kế FEED và coi đây là yếu tố then chốt cho sự thành công.

1. DỰ ÁN ĐSTĐC BẮC - NAM: GIỚI THIỆU DỰ ÁN VÀ KHUNG TIẾP CẬN FEED

1.1. Giới thiệu chung

Dự án đường sắt tốc độ cao (ĐSTĐC) Bắc - Nam không chỉ là một công trình giao thông đơn thuần mà còn là biểu tượng cho khát vọng vươn tầm của Việt Nam. Được kỳ vọng trở thành xương sống của hệ thống giao thông quốc gia, tuyến đường sắt hiện đại, đạt chuẩn quốc tế này hứa hẹn mang đến cuộc cách mạng trong vận tải, thúc đẩy tăng trưởng kinh tế - xã hội toàn diện và bền vững.

Dự án sẽ giải quyết bài toán cấp thiết về năng lực vận tải, đáp ứng nhu cầu di chuyển ngày càng tăng của người dân và doanh nghiệp, đồng thời rút ngắn đáng kể thời gian di chuyển giữa các trung tâm kinh tế lớn.

Không chỉ vậy, ĐSTĐC Bắc - Nam còn kiến tạo một hành lang kinh tế mới, mở ra cơ hội kết nối vùng miền xuyên suốt từ Bắc xuống Nam, tạo điều kiện thuận lợi cho giao thương, du lịch và đầu tư. Dự án được kỳ vọng thu hút đầu tư vào các địa phương dọc tuyến, tạo ra nhiều việc làm, nâng cao chất lượng cuộc sống và trở thành động lực mạnh mẽ cho sự phát triển của cả quốc gia.

Để hiện thực hóa khát vọng này, Việt Nam đối mặt với thách thức lớn về vốn đầu tư, công nghệ tiên tiến và bảo vệ môi trường. Quản lý dự án hiệu quả là yếu tố then chốt quyết định thành công. Dự án quy mô lớn và phức tạp này đòi hỏi phương án quản lý chặt chẽ, minh bạch và kiểm soát rủi ro cao để tránh chậm trễ, vượt ngân sách hoặc thất bại.

Trong bối cảnh đó, Thiết kế kỹ thuật tổng thể (FEED - Front-End Engineering Design) là lựa chọn sáng suốt. FEED giúp xác định rõ phạm vi dự án, đánh giá chi tiết kỹ thuật, tài chính và môi trường, đưa ra quyết định đầu tư chính xác và giảm thiểu rủi ro trong triển khai. Áp dụng FEED đảm bảo dự án được thực hiện bài bản, khoa học, hiệu quả, góp phần hiện thực hóa tầm nhìn về hệ thống giao thông hiện đại, thúc đẩy phát triển kinh tế - xã hội Việt Nam.

1.2. Khung pháp lý của Việt Nam cho FEED

Mặc dù Luật Xây dựng sửa đổi 2020 và Nghị định số 15/2021/NĐ-CP chưa quy định bắt buộc áp dụng FEED cho tất cả các dự án, nhưng các quy định và định nghĩa bổ sung đã thể hiện sự khuyến khích mạnh mẽ việc áp dụng phương pháp này, đặc biệt cho các dự án có tính chất kỹ thuật phức tạp, công nghệ cao và quy mô lớn như ĐSTĐC Bắc - Nam.

Việc công nhận FEED qua định nghĩa "Thiết kế kỹ thuật tổng thể" tại khoản 11 Điều 3 Nghị định số 15/2021/NĐ-CP quy định chi tiết một số nội dung về quản lý dự án đầu tư xây dựng, cho thấy sự ghi nhận vai trò quan trọng của phương pháp này trong quản lý dự án, khuyến khích các chủ đầu tư xem xét áp dụng FEED như một công cụ hiệu quả.

Luật cũng cho phép thực hiện thiết kế nhiều bước, tạo điều kiện pháp lý rõ ràng cho việc áp dụng FEED trong các dự án yêu cầu kỹ thuật cao, từ đó đảm bảo chất lượng và hiệu quả. Đặc biệt, việc đề cập đến "theo thông lệ quốc tế" trong định nghĩa FEED không chỉ giúp Việt Nam hội nhập với các chuẩn mực quản lý tiên tiến mà còn khuyến khích áp dụng các phương pháp đã được chứng minh hiệu quả cho các dự án lớn. Các quy định về thẩm định thiết kế và quản lý chi phí đều nhấn mạnh tính chính xác và hiệu quả, cho thấy việc áp dụng FEED là biện pháp hữu hiệu để đạt được mục tiêu này.

Tóm lại, mặc dù không bắt buộc, nhưng việc bổ sung các quy định liên quan đến FEED đã tạo ra một khung pháp lý thuận lợi, thể hiện sự khuyến khích rõ ràng đối với việc áp dụng phương pháp này cho các dự án phức tạp, cho thấy nhà nước đã nhận thức được những lợi ích tiềm năng của FEED trong việc nâng cao hiệu quả quản lý và chất lượng công trình.

2. KINH NGHIỆM QUẢN LÝ DỰ ÁN LỚN TRÊN THẾ GIỚI

2.1. Áp dụng FEED trong các ngành công nghiệp

(*) *Giám đốc Công ty luật EPLegal*
(**) *Công ty luật EPLegal*



Toàn cảnh dự án LNG Shakhalin II (Ảnh. Bloomburg).

Giai đoạn FEED (Front-End Engineering Design) đóng vai trò then chốt và được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp, đặc biệt là ngành dầu khí, nơi các dự án giàn khoan ngoài khơi, nhà máy lọc dầu, hóa dầu và đường ống dẫn khí đốt thường trải qua giai đoạn FEED rất chi tiết, như dự án Sakhalin-II ở Nga đã tận dụng FEED để xác định cấu hình và công nghệ cho nhà máy LNG; hay dự án Ichthys LNG ở Australia tối ưu hóa thiết kế cơ sở hạ tầng ngoài khơi và trên bờ nhờ FEED.

Ngành hóa chất cũng coi trọng FEED trong xây dựng nhà máy mới hoặc mở rộng để đảm bảo an toàn, hiệu quả và tuân thủ quy định. Trong lĩnh vực năng lượng, các dự án nhà máy điện, đặc biệt là các dự án phức tạp như điện hạt nhân hay CCS, thường áp dụng FEED để tối ưu hóa hiệu suất và đảm bảo an toàn. Ngành khai thác mỏ quy mô lớn cũng sử dụng FEED để lập kế hoạch khai thác, xử lý và vận chuyển khoáng sản hiệu quả và bền vững.

Mặc dù không phổ biến bằng các ngành trên, một số dự án cơ sở hạ tầng lớn và phức tạp như sân bay, cảng biển, hoặc hệ thống đường sắt đô thị cũng có thể sử dụng các yếu tố của quy trình FEED để xác định yêu cầu kỹ thuật, phân tích phương án và quản lý rủi ro.

Tóm lại, FEED là một bước quan trọng giúp các chủ đầu tư đưa ra quyết định sáng suốt, giảm thiểu rủi ro và đảm bảo sự thành công của các dự án quy mô lớn và phức tạp.

2.2. Áp dụng FEED trong ngành đường sắt

Kinh nghiệm quốc tế trong lĩnh vực ĐSTĐC cho thấy, các quốc gia hàng đầu như Nhật Bản, Pháp và Tây Ban Nha đều đặt trọng tâm vào giai đoạn thiết kế kỹ thuật cơ sở, một bước đi có vai trò tương tự như FEED và coi đây là yếu tố then chốt cho sự thành công.

Tại Nhật Bản, quy trình thiết kế toàn diện và tỉ mỉ trước khi xây dựng đã tạo nền tảng vững chắc cho hệ thống Shinkansen nổi tiếng về độ an toàn và hiệu quả. Tương tự, Pháp đã đầu tư đáng kể vào các nghiên cứu và thiết kế chi tiết ban đầu cho mạng lưới TGV rộng khắp, nhằm tối ưu hóa tuyến đường, lựa chọn công nghệ phù hợp và giảm thiểu rủi ro thi công.

Những bài học quý giá từ các quốc gia này khẳng định rằng, việc đầu tư thời gian và nguồn lực thỏa đáng cho giai đoạn tiền xây dựng, bao gồm việc xác định rõ ràng các yêu cầu kỹ thuật, đánh giá tác động môi trường và lập kế hoạch chi tiết, là yếu tố quyết định để đảm bảo các dự án ĐSTĐC quy mô lớn đạt được thành công về mặt kỹ thuật, tiến độ và chi phí.

Tham khảo kinh nghiệm của nước Anh, chúng ta thấy hai kết quả trái ngược tại dự án ĐSTĐC lớn là HS1 (High Speed 1, hay còn gọi là Channel Tunnel Rail Link thiết lập một kết nối quan trọng giữa London và mạng lưới ĐSTĐC châu Âu thông qua đường hầm eo biển Manche) và HS2 (High Speed 2, được thiết kế để kết nối các thành phố lớn ở miền Bắc và miền Nam nước Anh, thúc đẩy tăng trưởng kinh tế và giảm sự chênh lệch vùng miền), cho thấy những bài học đắt giá về tầm quan trọng của việc áp dụng triệt để các nguyên tắc của FEED.

Dự án HS1, dù ban đầu gặp phải những khó khăn về vượt ngân sách và chậm tiến độ, nhưng nhờ sự chuẩn bị kỹ lưỡng về mặt kỹ thuật và thiết kế ban đầu, đã trở thành một tuyến ĐSTĐC thành công, kết nối hiệu quả London với mạng lưới đường sắt châu Âu, mang lại lợi ích kinh tế và xã hội rõ rệt. Ngược lại, dự án HS2 đang phải đối mặt với những thách thức nghiêm trọng về chi phí, tiến độ và sự phản đối từ cộng đồng, một phần có thể xuất phát từ việc chưa thực sự coi trọng và đầu tư đủ mức vào giai đoạn tiền dự án, tương tự như FEED. Việc giảm quy mô dự án càng làm dấy lên nghi ngờ về khả năng đạt được những lợi ích ban đầu.

Từ kinh nghiệm thành công của Nhật Bản, Pháp, Tây Ban Nha, HS1 và những thách thức mà HS2 đang đối mặt, có thể thấy rõ ràng tầm quan trọng sống còn của một quy trình thiết kế kỹ thuật cơ sở (tương tự như FEED) được thực hiện một cách nghiêm túc và toàn diện. Dù có thể có những khác biệt trong cách tiếp cận và tên gọi, việc đầu tư kỹ lưỡng vào giai đoạn này

là nền tảng để đảm bảo sự thành công bền vững cho các dự án ĐSTĐC quy mô lớn.

3. ÁP DỤNG FEED VÀO DỰ ÁN QUẢN LÝ ĐSTĐC BẮC - NAM

3.1. Vì sao nên áp dụng FEED vào quản lý dự án ĐSTĐC Bắc - Nam?

FEED giữ vai trò then chốt, mang lại những lợi ích vượt trội cho mọi bên tham gia dự án xây dựng. Theo ghi nhận từ các dự án thành công được báo cáo bởi Assai Software và Rockwell Automation, chi phí dành cho FEED thường chỉ chiếm khoảng 2% tổng vốn đầu tư ban đầu. Tuy nhiên, giai đoạn thiết kế FEED lại cung cấp một bức tranh chi tiết và rõ ràng về phạm vi, yêu cầu kỹ thuật, công nghệ và tài chính, giúp chủ đầu tư đưa ra quyết định sáng suốt, ước tính chi phí sát thực tế và chủ động phòng ngừa rủi ro.

Kết quả là, FEED tối ưu hóa thiết kế, lựa chọn giải pháp kỹ thuật tối ưu, giảm thiểu sai sót ngay từ giai đoạn đầu và tăng tính đồng bộ giữa các hạng mục, nhờ đó tiềm năng tiết kiệm chi phí xây dựng và vận hành có thể đạt đến 30%.

Bên cạnh đó, hồ sơ FEED chi tiết còn là nền tảng vững chắc để nhà thầu lập kế hoạch thi công hiệu quả, rút ngắn thời gian thực hiện và nâng cao an toàn lao động. Đặc biệt, một bộ hồ sơ FEED hoàn chỉnh còn gia tăng đáng kể sức hấp dẫn của dự án đối với các nhà đầu tư, mở ra cơ hội thu hút nguồn vốn hiệu quả hơn.

Mặc dù vậy, việc triển khai FEED cũng đi kèm với những thách thức nhất định. Chi phí cho giai đoạn này ban đầu có thể đáng kể và quá trình thực hiện có thể kéo dài, ảnh hưởng đến tiến độ chung. FEED đòi hỏi đội ngũ kỹ sư trình độ cao, có thể làm tăng chi phí nhân sự.

Thêm vào đó, việc thay đổi thiết kế sau khi FEED hoàn tất có thể tốn kém và sự biến động giá cả trong quá trình này cũng cần được tính đến. Quản lý dự án FEED hiệu quả đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ và kỹ năng chuyên nghiệp.

Tuy nhiên, những hạn chế này hoàn toàn có thể được quản lý và giảm thiểu thông qua việc lập kế hoạch kỹ lưỡng và lựa chọn đơn vị tư vấn FEED uy tín, để tối đa hóa lợi ích mà giai đoạn thiết kế quan trọng này mang lại, đặc biệt là tiềm năng tiết kiệm chi phí to lớn.

3.2. Các bước áp dụng quy trình FEED

Quy trình FEED không phải là một bước đơn lẻ mà là một chuỗi các hoạt động có tính kế thừa và phát triển, nhằm định hình dự án một cách chi tiết trước khi bước vào giai đoạn thi công tốn kém. 3 bước chính được đề cập là:

Thiết kế sơ bộ (Conceptual Design): Đây là giai đoạn khởi đầu của FEED, tập trung vào việc xác định bức tranh tổng thể của dự án. Đối với dự án đường sắt, điều này bao gồm việc vạch ra tuyến đường (hướng tuyến, chiều dài, các yếu tố địa hình), vị trí và quy mô nhà ga, depot (nơi bảo trì và quản lý đoàn tàu), các hệ thống kỹ thuật cốt lõi như điện (cung cấp năng lượng cho tàu và hệ thống), thông tin tín hiệu (đảm bảo an toàn và điều khiển vận hành), cùng với các công trình phụ trợ (đường giao thông nội bộ, hệ thống thoát nước, v.v.).

Điểm mấu chốt của giai đoạn này là đánh giá các phương án kỹ thuật khả thi. Ví dụ, có thể có nhiều lựa chọn về hướng tuyến khác nhau, các công nghệ điện khí hóa khác nhau, hoặc các giải pháp thông tin tín hiệu khác nhau. Việc lựa chọn phương án tối ưu cần dựa trên sự cân nhắc kỹ lưỡng về các yếu tố kỹ thuật (tính khả thi, hiệu suất), kinh tế (chi phí đầu tư, vận hành, bảo trì) và xã hội (tác động đến cộng đồng, môi trường). Giai đoạn này đặt nền móng cho toàn bộ dự án và những quyết định sai lầm ở giai đoạn này có thể dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng về sau.

Thiết kế thông số kỹ thuật chi tiết (Detailed Engineering Design Basis): Sau khi phương án tối ưu đã được lựa chọn, giai đoạn này đi sâu vào việc cụ thể hóa các yêu cầu kỹ thuật cho từng hạng mục công trình. Điều này bao gồm việc xác định vật liệu sử dụng (chủng loại, tiêu chuẩn chất lượng), tiêu chuẩn kỹ thuật áp dụng (ví dụ: tiêu chuẩn ngành đường sắt, tiêu chuẩn quốc tế), quy trình thi công dự kiến (phương pháp, biện pháp đảm bảo chất lượng), và các yêu cầu về chất lượng và an toàn (các chỉ tiêu kiểm tra, quy trình giám sát an toàn).

Giai đoạn này tạo ra một bộ "luật chơi" chi tiết cho các giai đoạn tiếp theo, đặc biệt là giai đoạn thi công. Các thông số kỹ thuật càng chi tiết và rõ ràng, thì càng giảm thiểu được sự mơ hồ, tranh cãi và sai sót trong quá trình thực hiện. Đây là cơ sở để đảm bảo rằng tất cả các bên liên quan đều hiểu rõ về những gì cần phải đạt được.

Nghiên cứu khả thi về mặt kỹ thuật và kinh tế (Technical and Economic Feasibility Study): Giai đoạn này mang tính chất tổng hợp và đánh giá. Tính khả thi về mặt kỹ thuật xem xét liệu các giải pháp thiết kế đã chọn có thực sự khả thi về mặt công nghệ, có thể triển khai được trong điều kiện thực tế hay không. Ước tính chi phí đầu tư và vận hành cần được thực hiện một cách chi tiết và chính xác dựa trên các thông số kỹ thuật đã được xác định. Cuối cùng, phân tích hiệu quả kinh tế và tài chính của dự án (ví dụ: thời gian hoàn vốn, tỷ suất lợi nhuận nội bộ) sẽ giúp chủ đầu tư và các nhà đầu tư tiềm năng đánh giá được tính hấp dẫn và bền vững của dự án.

Kết quả của giai đoạn này là một báo cáo toàn diện, cung cấp cơ sở vững chắc để đưa ra quyết định cuối cùng về việc có nên tiếp tục triển khai dự án hay không. Nếu nghiên cứu cho thấy dự án không khả thi về mặt kỹ thuật hoặc không hiệu quả về mặt kinh tế, việc dừng lại ở giai đoạn này sẽ giúp tiết kiệm được những chi phí lớn hơn trong tương lai.

3.3. Vai trò của FEED trong các giai đoạn tiếp theo

FEED không chỉ dừng lại ở việc thiết kế mà còn đóng vai trò dẫn dắt và định hướng cho các giai đoạn tiếp theo của dự án:

Lựa chọn nhà thầu EPC: Hồ sơ FEED chính là kim chỉ nam cho quá trình đấu thầu. Nó cung cấp phạm vi công việc (những gì nhà thầu phải thực hiện) và các yêu cầu kỹ thuật chi tiết (tiêu chuẩn, chất lượng). Dựa trên hồ sơ này, các nhà thầu EPC có thể hiểu rõ ràng về quy mô và độ phức tạp của dự án, từ đó xây dựng chào giá cạnh tranh và chính xác. Một hồ sơ FEED đầy đủ và rõ ràng sẽ giúp chủ đầu tư so sánh các chào giá một cách hiệu quả và lựa chọn được nhà thầu phù hợp nhất về năng lực và giá cả.

Soạn thảo hợp đồng EPC: Hồ sơ FEED trở thành một phần không thể thiếu của hợp đồng EPC. Nó quy định rõ ràng trách nhiệm của mỗi bên (chủ đầu tư và nhà thầu), các tiêu chuẩn kỹ thuật phải tuân thủ, và các điều khoản thanh toán dựa trên tiến



Đường hầm dự án HS1 nối Anh với Pháp.



Dự án HS2 kết nối các thành phố lớn ở miền Bắc và miền Nam nước Anh.

độ và chất lượng công việc. Việc tích hợp FEED vào hợp đồng giúp tránh những hiểu lầm và tranh chấp có thể phát sinh trong quá trình thực hiện dự án, đảm bảo sự ràng buộc và trách nhiệm của cả hai bên.

Quản lý dự án và kiểm soát thay đổi: FEED cung cấp một cơ sở tham chiếu quan trọng trong suốt quá trình triển khai dự án. Bất kỳ thay đổi nào so với thiết kế FEED ban đầu (ví dụ: thay đổi vật liệu, phương pháp thi công, hoặc thậm chí cả phạm vi công việc) đều cần phải được đánh giá kỹ lưỡng về tác động của nó đến chi phí, tiến độ và chất lượng của dự án. Việc có một thiết kế FEED chi tiết giúp chủ đầu tư có cơ sở để đánh giá tính hợp lý của các thay đổi do nhà thầu đề xuất và đưa ra quyết định quản lý hiệu quả, tránh những thay đổi không cần thiết gây đội chi phí và kéo dài thời gian thi công.

3.4. Kinh nghiệm lựa chọn nhà thầu dựa trên FEED

FEED không chỉ là tài liệu kỹ thuật mà còn là công cụ quan trọng để đánh giá và lựa chọn nhà thầu phù hợp:

Đánh giá năng lực và kinh nghiệm: Chủ đầu tư cần sử dụng hồ sơ FEED để đánh giá kỹ lưỡng năng lực kỹ thuật của các nhà thầu tiềm năng. Điều này bao gồm việc xem xét kinh nghiệm của họ trong việc thực hiện các dự án tương tự về quy mô và độ phức tạp, cũng như khả năng quản lý dự án (kinh nghiệm quản lý các dự án lớn, đội ngũ nhân sự, hệ thống quản lý chất lượng). Hồ sơ FEED giúp chủ đầu tư đặt ra các tiêu chí đánh giá cụ thể và khách quan.

Phân tích chào giá kỹ thuật và tài chính: Chào giá của nhà thầu không chỉ được đánh giá dựa trên giá trị kinh tế mà còn phải dựa trên sự tuân thủ các yêu cầu kỹ thuật được quy định trong hồ sơ FEED. Một nhà thầu chào giá thấp nhưng không đáp ứng được các tiêu chuẩn kỹ thuật có thể gây ra rủi ro lớn cho dự án. Do đó, cần có sự cân bằng giữa tính cạnh tranh về mặt tài chính và khả năng đáp ứng các yêu cầu kỹ thuật của nhà thầu.

Đàm phán hợp đồng: Hồ sơ FEED là tài liệu nền tảng cho quá trình đàm phán hợp đồng. Nó giúp đảm bảo rằng cả chủ đầu tư và nhà thầu có sự hiểu biết thống nhất về phạm vi công việc, các yêu cầu kỹ thuật, tiến độ thực hiện và các điều khoản khác của hợp đồng. Việc tham chiếu đến FEED trong quá trình đàm phán giúp tránh những mâu thuẫn và hiểu lầm sau này, đảm bảo một hợp đồng rõ ràng và minh bạch.

Dự án HS2 kết nối các thành phố lớn ở miền Bắc và miền Nam nước Anh.

Việc áp dụng FEED cho các dự án lớn như ĐSTĐC Bắc - Nam, dù mang lại nhiều lợi ích, vẫn khó tránh khỏi những điều chỉnh phát sinh. Để khai thác tối đa tiềm năng của FEED và kiểm soát hiệu quả các thay đổi, việc thiết lập một khuôn khổ hợp đồng chặt chẽ và quy trình quản lý thay đổi minh bạch là vô cùng cần thiết.

Cụ thể, việc triển khai FEED trong dự án ĐSTĐC Bắc - Nam cần được củng cố bằng các điều khoản hợp đồng ràng buộc các bên liên quan tuân thủ nghiêm ngặt các kết quả và quy trình của FEED. Phạm vi công việc, yêu cầu kỹ thuật, tiêu chuẩn chất lượng và mốc thời gian được xác định trong FEED sẽ trở thành cơ sở pháp lý vững chắc cho quá trình triển khai.

Tuy nhiên, ĐSTĐC thường xuyên đối mặt với các yếu tố khó lường như biến động địa chất, yêu cầu kỹ thuật mới, thay đổi giá vật liệu, hoặc sự kiện bất khả kháng. Hợp đồng cần quy định rõ ràng rằng, bất kỳ sự khác biệt nào so với hồ sơ FEED ban đầu đều phải trải qua quá trình xem xét, đánh giá tác động toàn diện (về chi phí, tiến độ và kỹ thuật) và được phê duyệt theo quy trình quản lý thay đổi đã được thống nhất. Quy trình này cần xác định rõ quyền hạn đề xuất thay đổi, các bước đánh giá và phê duyệt chi tiết, cũng như phương pháp ghi nhận và quản lý các thay đổi đã được chấp thuận.

Để đảm bảo tính chính xác của thông tin kỹ thuật, các nhà thầu EPC cần chịu trách nhiệm kiểm tra và xác nhận lại toàn bộ nội dung trong hồ sơ FEED trước khi bắt đầu thi công. Điều này giúp họ nắm vững phạm vi công việc, hiểu rõ các yêu cầu kỹ thuật cụ thể và nhận diện các rủi ro tiềm ẩn, từ đó xây dựng các đề xuất kỹ thuật và chào giá phù hợp, đồng thời giảm thiểu tranh chấp do sự khác biệt trong cách hiểu thông tin FEED.

4. KẾT LUẬN

Ứng dụng FEED cho dự án ĐSTĐC Bắc - Nam không chỉ là thực hiện giai đoạn thiết kế ban đầu kỹ lưỡng. Để đạt hiệu quả tối đa và giảm thiểu rủi ro, cần xây dựng hệ thống hợp đồng chặt chẽ, ràng buộc tuân thủ kết quả FEED, đồng thời thiết lập quy trình quản lý thay đổi minh bạch và hiệu quả, cùng với việc yêu cầu nhà thầu EPC chủ động xác nhận thông tin FEED trước khi triển khai. Đây là những yếu tố then chốt để đảm bảo dự án đi đúng lộ trình và đạt mục tiêu.

Kinh nghiệm thiết kế FEED **từ dự án Đường sắt cao tốc Malaysia - Singapore**



THS PHẠM THANH HẢI*

Giai đoạn thiết kế FEED của dự án Kuala Lumpur - Singapore High Speed Rail không chỉ là một bước chuẩn bị kỹ thuật thông thường, mà thực chất là dự án kỹ thuật - quy hoạch tối quan trọng có vai trò xác lập trục kết nối quốc gia giữa Malaysia và Singapore.

1. TỔNG QUAN DỰ ÁN HSR MALAYSIA - SINGAPORE

Dự án Kuala Lumpur - Singapore High Speed Rail (KL-SG HSR) là kết quả hợp tác liên Chính phủ giữa Malaysia và Singapore, hướng tới kết nối hai trung tâm kinh tế lớn bằng phương thức vận tải hiện đại, hiệu suất cao.

Tổng chiều dài tuyến là 350 km, trong đó 335 km nằm trên lãnh thổ Malaysia và 15 km thuộc Singapore. Tuyến được thiết kế với tốc độ tối đa 350 km/h và vận hành khai thác ở mức 320 km/h.

Phía Malaysia, chủ đầu tư phát triển và điều phối dự án là MyHSR Corporation Sdn. Bhd., một doanh nghiệp nhà nước thuộc Bộ Tài chính Malaysia. MyHSR được giao nhiệm vụ lập kế hoạch, phát triển, tổ chức lựa chọn tư vấn thiết kế, nhà thầu và phối hợp với các cơ quan liên quan trong nước.

Phía Singapore, đại diện phát triển là Land Transport Authority (LTA) - cơ quan nhà nước phụ trách toàn bộ hệ thống giao thông vận tải đường bộ và đường sắt, đồng thời đảm nhiệm vai trò chủ quản của phần hạ tầng 15 km trong lãnh thổ Singapore, bao gồm ga Jurong East và các hạng mục CIQ.

Vai trò của Joint Development Partner

Bên cạnh các gói thiết kế RDC, một nhân tố quan trọng khác là Joint Development Partner (JDP) - tư vấn quốc tế được MyHSR bổ nhiệm để đóng vai trò điều phối chiến lược xuyên suốt toàn tuyến. Nhiệm vụ của JDP bao gồm:

(1) Thiết lập chuẩn thiết kế và quản lý tương thích giữa các gói RDC.

(2) Hướng dẫn các tiêu chuẩn vận hành, hiệu suất hệ thống và tính sẵn sàng của hạ tầng.

(3) Kiểm tra và rà soát giao diện kỹ thuật giữa nhà ga, tuyến và hệ thống E&M.

(4) Xác nhận các cấu phần kỹ thuật trọng yếu như số lượng platform, công suất OCC, chuẩn CIQ… mà từng gói RDC cần tuân thủ.

JDP hoạt động như "kiến trúc sư trưởng" về chiến lược kỹ thuật cho toàn bộ tuyến, giúp duy trì tính đồng bộ giữa các gói và bảo đảm hệ thống vận hành liền mạch sau khi triển khai.

Phần Malaysia của dự án được chia thành 6 gói tư vấn thiết kế tham chiếu - tương đương với thiết kế FEED (Reference Design Consultant), với phân công như sau:

(1) RDC01: Phụ trách thiết kế hai ga đầu mút - Bandar Malaysia Station (Kuala Lumpur) và Iskandar Puteri Station (Johor), bao gồm toàn bộ hạ tầng liên quan như các tuyến tiếp cận, liên kết với MRT, tuyến đường bộ và hạ tầng công cộng tích hợp. Phạm vi cũng bao gồm thiết kế khu vực CIQ, Trung tâm điều hành (OCC), và định hình kiến trúc TOD cho toàn bộ khu phức hợp Bandar Malaysia.

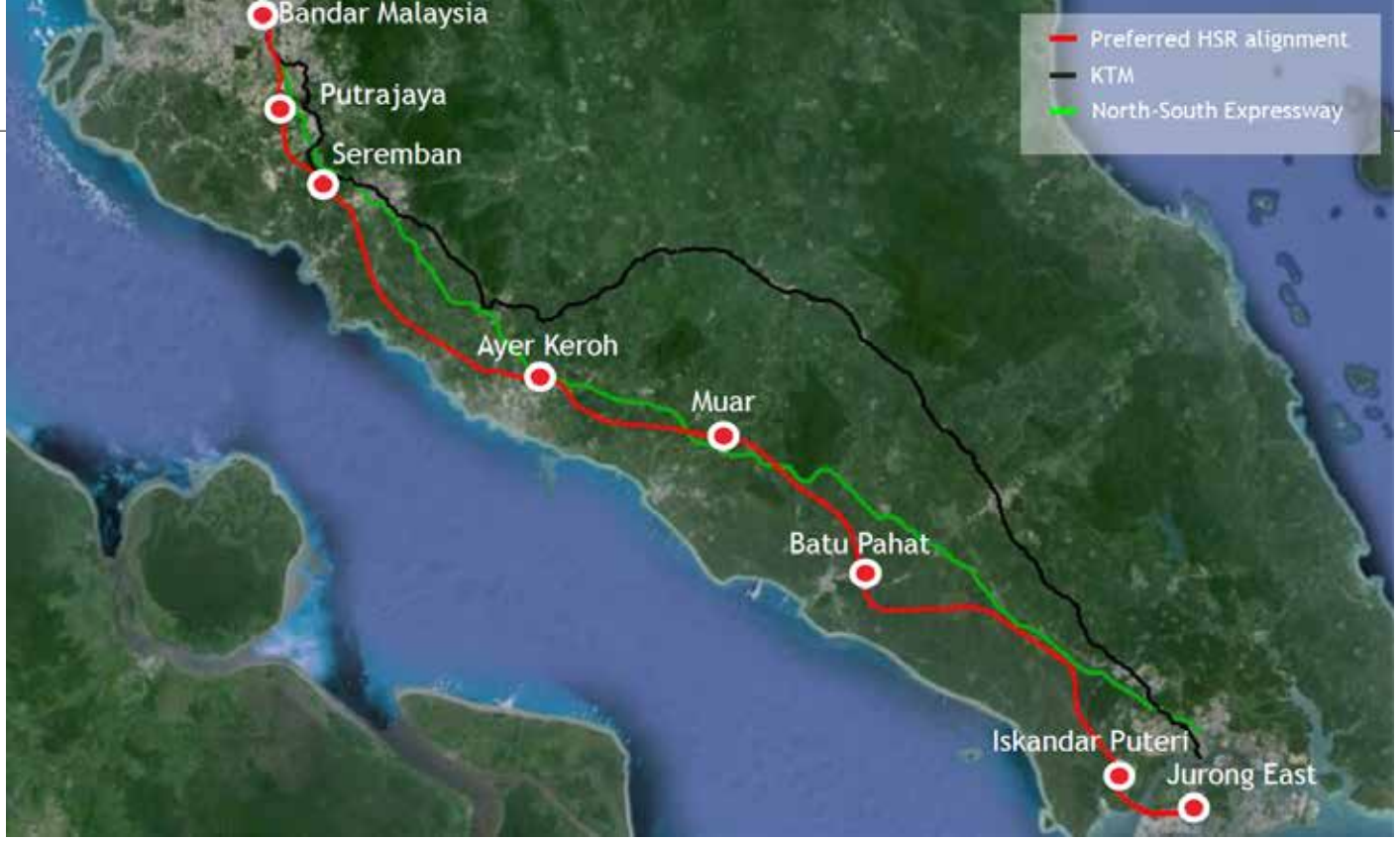
(2) RDC02: Chịu trách nhiệm thiết kế 5 nhà ga trung gian (Putrajaya, Seremban, Ayer Keroh, Muar, Batu Pahat), cùng toàn bộ hạ tầng tuyến kết nối giữa các nhà ga này. Thiết kế chú trọng đến tính đồng bộ không gian công cộng và kết nối liên phương thức.

(3) RDC03: Phụ trách đoạn tuyến từ cuối ga Bandar Malaysia đến ranh giới bang Selangor-Negeri Sembilan. Tuyến dài khoảng 38 km, bao gồm đoạn ngầm dài 4 km, kết cấu trên cao và tại nền. Gói này còn bao gồm Depot chính và Trung tâm Điều hành Dự phòng (BCC).

(4) RDC04: Quản lý đoạn tuyến từ ranh giới bang Selangor-Negeri Sembilan đến ranh giới bang Melaka-Johor, không bao gồm nhà ga. Tuyến kết hợp cầu cạn, tuyến tại nền và hầm ngắn (1 km), đi qua nhiều khu vực có mật độ dân cư vừa phải.

(5) RDC05: Phụ trách đoạn còn lại từ ranh giới bang Melaka-Johor đến trước ga Iskandar Puteri. Bao gồm thiết kế

(*) *Giám đốc Công ty Strader Consult Pte. Ltd. (Singapore)*



Hình 1. Bản đồ hướng tuyến dự án đường sắt cao tốc Kuala Lumpur - Singapore (2013).

Depot phụ, trạm kỹ thuật (TPSS, BSS), hệ thống tiếp điện và các nút giao phức tạp. Đây là gói có chiều dài tuyến lớn nhất, đi qua địa hình đa dạng.

(6) RDC06: Là gói tích hợp tuyến toàn dự án Malaysia, đảm nhiệm điều phối chuẩn thiết kế kỹ thuật, kiểm soát giao diện, mô hình BIM và dữ liệu tích hợp (CDE), cũng như tổ chức đồng bộ giữa các gói RDC.

2. KINH NGHIỆM THỰC TIỄN VÀ BÀI HỌC RÚT RA

2.1. Giai đoạn thiết kế FEED: Nền tảng chiến lược cho dự án hạ tầng trọng điểm

Với tầm nhìn không chỉ giới hạn trong lĩnh vực vận tải, FEED còn định hình cấu trúc phát triển không gian, liên kết kinh tế và hành lang đô thị dọc theo tuyến HSR. Tính chiến lược của FEED tại dự án này nằm ở việc thiết kế một hệ thống vận tải xương sống liên quốc gia - nơi mà mỗi quyết định kỹ thuật đều ảnh hưởng lâu dài đến quy hoạch hai phía biên giới.

Trong quá trình thực hiện, FEED đã bao quát nhiều nhóm công việc trọng yếu có ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả triển khai và vận hành dự án, trong đó bao gồm:

(1) Tổng hợp và đánh giá dữ liệu khảo sát (địa kỹ thuật, địa hình, thủy văn, môi trường, đất đai...). Đây là nguồn dữ liệu đầu vào quan trọng nhất cho bất cứ dự án hạ tầng nào và ảnh hưởng trực tiếp tới quản lý rủi ro cho các giai đoạn sau.

(2) Thiết kế hướng tuyến (alignment design): Đây là một trong những nhiệm vụ trọng tâm của FEED, yêu cầu phân tích - so sánh nhiều phương án tuyến thay thế dựa trên các tiêu chí về chi phí xây dựng, độ khả thi kỹ thuật, ảnh hưởng giải phóng mặt bằng, khả năng tích hợp với hạ tầng hiện hữu và hiệu quả vận hành khai thác. Việc đánh giá tổng thể các kịch bản này trong giai đoạn đầu đã giúp chủ đầu tư lựa chọn được hành lang tuyến tối ưu cả về chi phí lẫn phát triển lâu dài.

(3) Thiết kế kiến trúc, hạ tầng và kết cấu (Architectural, Civil & Structural design): Giai đoạn FEED đã tiến hành thiết kế sơ bộ cho toàn bộ các hạng mục nhà ga, cầu cạn (viaducts), hầm ngầm (tunnels), cầu vượt và đoạn tuyến chạy tại nền (at-grade). Mỗi loại hình kết cấu đều có tiêu chuẩn kỹ thuật riêng, gắn với điều kiện địa hình - địa chất và yêu cầu vận hành cụ thể. Riêng tại các nhà ga lớn như Bandar Malaysia và Iskandar Puteri, thiết kế FEED còn bao gồm quy hoạch không gian TOD, kết nối liên phương thức và điều phối chức năng CIQ.

(4) Phân tích chi phí - vòng đời dự án (Life Cycle Cost): Ngoài chi phí đầu tư ban đầu, FEED thực hiện tính toán chi phí vận hành, bảo trì và thay thế thiết bị để đưa ra mô hình tài chính bền vững, từ đó làm cơ sở thuyết phục các bên tài trợ và xây dựng cơ chế PPP (nếu có).

(5) Lên kế hoạch và tiến độ xây dựng, ước tính chi phí theo biện pháp thi công đã chọn.

(6) Đánh giá kỹ lưỡng ảnh hưởng từ biện pháp thi công tại từng khu vực lên môi trường và các công trình xung quanh.

(7) Rà soát đồng bộ quy hoạch hành lang tuyến và các điểm giao cắt với hạ tầng hiện hữu (đường bộ, sông ngòi, khu dân cư).

(8) Tích hợp yêu cầu phát triển TOD tại các nhà ga chiến lược thông qua quy hoạch mặt bằng tổng thể và cơ chế kết nối liên phương thức.

(9) Thiết lập các chuẩn đầu ra cho hệ thống cơ điện (E&M), viễn thông, tín hiệu điều khiển, phòng cháy chữa cháy, an ninh và an toàn vận hành.

(10) Xây dựng hồ sơ mời thầu EPC: Kết quả từ FEED là nền tảng để hình thành các gói thầu EPC có giới hạn rõ ràng, phạm vi công việc minh bạch và tiêu chuẩn đầu ra cụ thể - giúp kiểm soát thay đổi thiết kế sau đấu thầu và tăng tính cạnh tranh kỹ thuật giữa các nhà thầu.

Kết quả từ giai đoạn FEED giúp xác định rõ phạm vi công việc, phân chia rủi ro một cách hợp lý giữa các bên liên quan và đảm bảo tính cạnh tranh minh bạch trong quá trình đấu thầu.

Đối với Việt Nam, nơi tuyến đường sắt cao tốc Bắc - Nam có quy mô gấp nhiều lần (về chiều dài, địa hình, quy hoạch và số lượng nhà ga), giai đoạn FEED cần được xem như một dự án "thiết kế chiến lược quốc gia" hơn là một bước thiết kế khả thi thông thường. Nếu được tổ chức đúng cách, FEED sẽ giúp giảm thiểu điều chỉnh thiết kế sau đấu thầu, tránh tình trạng đội vốn - trễ tiến độ và tạo điều kiện để nhà thầu EPC tập trung vào triển khai kỹ thuật thay vì xử lý xung đột thiết kế.

2.2. Quản lý rủi ro tích hợp: Xây dựng khung kiểm soát toàn diện ngay từ FEED

Một bài học nổi bật từ Dự án KL-SG HSR là việc xây dựng hệ thống quản lý rủi ro tích hợp ngay từ giai đoạn thiết kế tham chiếu (FEED), thay vì để đến giai đoạn thi công mới bắt đầu kiểm soát.

Tư duy tiếp cận rủi ro một cách chủ động - thay vì phản ứng bị động đã giúp các bên liên quan trong dự án KL-SG nhận diện và xử lý sớm nhiều yếu tố ảnh hưởng đến tiến độ, chi phí và hiệu quả vận hành dài hạn.

Khung quản lý rủi ro trong FEED được phát triển dưới dạng hệ thống đa tầng, với các sổ đăng ký rủi ro (risk registers) phân tách theo từng giai đoạn của vòng đời dự án, bao gồm:

(1) Rủi ro trong giai đoạn thiết kế (Design Risks): Bao gồm các rủi ro liên quan đến sai sót thiết kế kỹ thuật, thiếu đồng bộ giữa các gói thầu, mâu thuẫn giao diện kỹ thuật, không tương thích tiêu chuẩn hoặc các giả định kỹ thuật không chính xác. FEED đóng vai trò nhận diện và giảm thiểu các rủi ro này thông qua rà soát thiết kế chéo, kiểm tra khả năng thi công (constructability reviews), và kiểm soát giao diện kỹ thuật toàn tuyến.

(2) Rủi ro trong thi công (Construction Risks): Gồm các rủi ro về điều kiện địa chất bất lợi, trục trặc trong huy động vật tư - nhân lực, xung đột với hạ tầng hiện hữu, chậm trễ trong cấp phép hoặc phê duyệt địa phương. Các kịch bản rủi ro này được mô hình hóa ngay trong giai đoạn FEED để đưa vào hồ sơ mời thầu và cơ chế chia sẻ rủi ro EPC.

(3) Rủi ro trong vận hành (Operation Risks): Liên quan đến hiệu năng hệ thống, độ tin cậy kỹ thuật, tính khả dụng (availability) và khả năng phục hồi khi có sự cố. FEED cần dự đoán được các rủi ro này thông qua lựa chọn công nghệ phù hợp, thiết kế linh hoạt và đánh giá khả năng tương thích giữa các hệ thống (signalling, power, control...).

(4) Rủi ro trong bảo trì và vòng đời (Maintenance Risks): Gồm các rủi ro do thiết kế không thân thiện với công tác bảo trì, thiết bị đặc chủng khó thay thế, hoặc thiếu dự phòng hệ thống. Việc áp dụng phương pháp Life Cycle Cost Analysis ngay trong FEED sẽ giúp định lượng được mức độ rủi ro này và tối ưu hoá thiết kế theo hướng "bảo trì định hướng" (maintenance-oriented design).

Tại Dự án KL-SG HSR, toàn bộ hệ thống quản lý rủi ro được cập nhật liên tục thông qua cơ chế phối hợp giữa chủ đầu tư MyHSR, các tư vấn RDC và nhóm tư vấn phát triển chung (Joint Development Partner - JDP).

Việc sử dụng công cụ đánh giá rủi ro định lượng (quantitative risk analysis) và khung phân loại rủi ro theo chuẩn quốc tế đã góp phần hình thành nền tảng vững chắc cho công tác điều hành dự án.

Với đặc thù địa lý và hành lang kinh tế - xã hội đa dạng, dự án HSR Bắc - Nam của Việt Nam sẽ cần một hệ thống quản lý rủi ro có chiều sâu tương tự. Việc phát triển bộ risk register ngay trong giai đoạn FEED sẽ không chỉ giúp kiểm soát thiết kế, mà còn cho phép phân bổ trách nhiệm hợp lý giữa chủ đầu tư, nhà thầu và cơ quan nhà nước - một yếu tố then chốt để đảm bảo tính minh bạch và hiệu quả trong thực thi.

3. HÀM Ý ỨNG DỤNG CHO DỰ ÁN ĐƯỜNG SẮT TỐC ĐỘ CAO BẮC - NAM TẠI VIỆT NAM

Với chiều dài hơn 1.500 km, tổng mức đầu tư dự kiến hơn 67 tỷ USD, đi qua 20 tỉnh, thành phố và 23 nhà ga hành khách, dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam (HSR Bắc - Nam) được kỳ vọng sẽ không chỉ là một công trình giao thông mà còn là trục phát triển chiến lược định hình không gian kinh tế Việt Nam trong thế kỷ XXI. Tuy nhiên, độ lớn và độ phức tạp của dự án đòi hỏi một cấp độ chuẩn bị, thiết kế và quản trị vượt ra ngoài khung khổ truyền thống của các dự án hạ tầng hiện nay.

Kinh nghiệm từ dự án KL-SG HSR cho thấy những quyết định được đưa ra trong giai đoạn đầu, đặc biệt là tại bước thiết kế tham chiếu (FEED), có ảnh hưởng lâu dài và quyết định đến thành công toàn dự án. Dưới đây là các bài học và kiến nghị ứng dụng được phân tích theo ba trụ cột chiến lược.

3.1. Tư duy phân lớp và tổ chức thiết kế theo chuỗi giá trị tích hợp

Một trong những bài học quan trọng từ dự án KL-SG HSR là việc phân chia hợp lý phạm vi thiết kế theo địa lý, chức năng và vòng đời dự án. Với tuyến Bắc - Nam có chiều dài gần gấp 5 lần tuyến KL-SG và đi qua nhiều vùng địa lý - đô thị có đặc điểm khác biệt, việc tổ chức thiết kế theo mô hình tuyến tính tuyến - trạm - hạ tầng phụ trợ như hiện nay chưa đủ đáp ứng.

Việt Nam cần áp dụng mô hình "phân lớp thiết kế theo chuỗi giá trị", gồm:

(1) Lớp hướng tuyến và địa kỹ thuật: tập trung vào tính liên tục, tính khả thi thi công, tối ưu hóa chiều dài tuyến, khối lượng công trình ngầm/cầu cạn.

(2) Lớp tích hợp đô thị - TOD: kết nối các nhà ga với quy hoạch sử dụng đất, định hướng hình thành các cụm kinh tế vệ tinh và vùng lõi thương mại mới.

(3) Lớp vận hành và khai thác: bảo đảm các yếu tố về hiệu suất, bảo trì dễ dàng, và khả năng nâng cấp hệ thống trong tương lai.

Cách tiếp cận này giúp thiết kế không bị chia cắt theo địa giới hành chính, đồng thời tạo điều kiện cho việc điều phối quy hoạch liên vùng - liên ngành.

3.2. Thiết kế tham chiếu (FEED) phải là quá trình ra

quyết định chiến lược, không chỉ là thiết kế thông thường

Tại Việt Nam, thiết kế thường được hiểu là giai đoạn chuyển hóa ý tưởng thành bản vẽ kỹ thuật. Tuy nhiên, với các dự án có quy mô và độ nhạy cảm cao như HSR Bắc - Nam, thiết kế tham chiếu phải được định vị lại là giai đoạn ra quyết định chiến lược cấp quốc gia, với mục tiêu:

(1) Tạo nền tảng để lập kế hoạch đầu tư và cấu trúc gói thầu hợp lý: nếu không làm rõ các kịch bản chi phí - lợi ích (CBA), tuyến đi - tuyến tránh, điều kiện địa chất đặc thù, sẽ rất khó xác định được giá trị hợp đồng EPC hoặc cơ chế PPP phù hợp.

(2) Làm rõ logic kết nối giữa hạ tầng và phát triển kinh tế - đô thị: chỉ khi tuyến và nhà ga được định vị đúng vị trí chiến lược, mới có thể tạo ra các điểm bùng nổ về phát triển đất, dịch vụ và công nghiệp hỗ trợ.

(3) Chủ động hóa các điểm nghẽn thể chế và xã hội: ví dụ như xác định chính xác các khu vực cần tái định cư, đánh giá mức độ ảnh hưởng đến đất rừng, đất nông nghiệp, công nghiệp và đất đô thị đang phát triển để thiết kế phương án đồng thuận hiệu quả.

Trong giai đoạn này, các công cụ như mô hình hóa đa kịch bản (multi - scenario modeling), đánh giá tài chính theo vòng đời (LCCA), bản đồ hóa tương tác quy hoạch - tuyến đi và khung phân tích thể chế đa cấp (multi - level governance analysis) cần được áp dụng như tiêu chuẩn bắt buộc.

3.3. Hệ thống quản lý rủi ro cần gắn liền với cấu trúc tổ chức dự án

Kinh nghiệm từ Malaysia - Singapore HSR chỉ ra rằng nếu hệ thống risk register không được gắn với một đơn vị độc lập đủ quyền hạn và chuyên môn thì sẽ chỉ dừng lại ở mức "bảng liệt kê" mà không trở thành công cụ quản trị thực sự.

Đối với Việt Nam, cần kiến nghị thành lập sớm một đơn vị có chức năng như Ban kỹ thuật điều phối thiết kế FEED (ban chuyên gia độc lập và nhân sự hành chính sự nghiệp), có các năng lực sau:

(1) Thực hiện đánh giá rủi ro đa chiều (địa chất, quy hoạch, pháp lý, xã hội) và cập nhật định kỳ.

(2) Chủ động đề xuất cơ chế chia sẻ rủi ro giữa các bên EPC - Chính phủ - nhà tài trợ quốc tế.

(3) Kiểm soát các rủi ro mang tính hệ thống như: không đồng bộ tiêu chuẩn kỹ thuật, thay đổi tuyến sau đấu thầu, chậm trễ giải phóng mặt bằng liên tỉnh...

Hệ thống này phải được vận hành sớm trong FEED để các yếu tố rủi ro không bị "chôn giấu" trong các gói EPC hoặc chỉ được phát hiện muộn ở giai đoạn thi công, hoặc tồi tệ hơn là trong giai đoạn vận hành/bảo dưỡng.

3.4. Tính tích hợp với hệ thống giao thông đô thị cần là đầu vào thiết kế, không phải là hậu kiểm

Khác với các tuyến HSR quốc tế nơi mục tiêu chủ yếu là kết nối liên quốc gia, tuyến Bắc - Nam của Việt Nam đóng vai trò như xương sống tích hợp giao thông liên vùng với giao thông đô thị. Tuy nhiên, hiện tại quy hoạch metro và HSR tại các đô thị lớn vẫn chưa được thiết kế dựa trên cùng một mạng lưới giao thông tổng thể - dẫn đến nguy cơ mất sự liền mạch giữa các tuyến vận tải.

	RDC01	RDC02	RDC03	RDC04	RDC05	JDP
RDC01			✓		✓	✓
RDC02			✓	✓	✓	✓
RDC03	✓	✓		✓		✓
RDC04		✓	✓		✓	✓
RDC05	✓	✓		✓		✓
JDP	✓	✓	✓	✓	✓	

Hình 2. Sơ đồ ma trận giao diện giữa các gói tư vấn.

Trong FEED cần xác lập các "điểm hội tụ giao thông" (transport intermodal nodes) và thiết kế nhà ga như "trạm trung chuyển đa năng" - nơi người dân có thể kết nối từ metro, xe buýt, BRT, taxi và bãi đỗ xe liên tỉnh - chỉ với 1 - 2 phút chuyển tuyến. Điều này không chỉ làm tăng hiệu suất sử dụng HSR mà còn thúc đẩy chuyển đổi mô hình đô thị nén quanh nhà ga (compact city logic).

4. LỜI KẾT

Dự án đường sắt cao tốc Malaysia - Singapore (2013), mặc dù được chuẩn bị công phu với hệ thống thiết kế tham chiếu tiên tiến và cấu trúc quản trị bài bản, đã không đi đến triển khai thực tế. Nguyên nhân không nằm ở thiết kế kỹ thuật, mà là từ sự thay đổi định hướng chính sách cấp nhà nước sau sự thay đổi chính phủ mới của Malaysia (2018).

Với Việt Nam, tuyến đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam không chỉ là một dự án giao thông, mà còn là một tuyên bố chiến lược về tầm nhìn phát triển đất nước trong thế kỷ XXI. Để điều đó trở thành hiện thực, cần ba hành động then chốt:

(1) Định vị giai đoạn thiết kế FEED là giai đoạn chiến lược quốc gia - nơi không chỉ định hình tuyến đi, nhà ga hay chi phí, mà còn định hình logic phát triển vùng, cấu trúc quy hoạch đô thị và năng lực huy động nguồn lực quốc gia.

(2) Xây dựng hệ thống quản trị rủi ro toàn diện, vượt ra khỏi khung kỹ thuật - bao gồm cả rủi ro chính sách, thể chế, pháp lý, tài chính và xã hội. Rủi ro chính trị - dù không thể loại bỏ - cần được nhận diện sớm và thiết kế các "vùng đệm thể chế" để dự án không phụ thuộc vào một nhiệm kỳ hay một cá nhân cụ thể.

(3) Bảo đảm tính nhất quán trong hoạch định và cam kết thực thi xuyên suốt nhiều giai đoạn - thông qua việc chuẩn hóa tiêu chuẩn kỹ thuật, ổn định quy hoạch liên vùng, và hình thành các tổ chức trung gian độc lập (như JDP) để duy trì sự liên tục về năng lực và thông tin khi bộ máy hành chính có sự thay đổi.

Tuyến HSR Bắc - Nam sẽ không chỉ nối liền địa lý giữa hai đầu đất nước, mà còn là chỉ dấu cho một quốc gia có khả năng lập kế hoạch dài hạn, đồng thuận đa cấp và năng lực thực thi chính sách bền vững. Để làm được điều đó, chúng ta không chỉ cần kỹ sư giỏi - mà còn cần những người làm chính sách biết thiết kế tương lai.

BIM áp dụng trong **thiết kế FEED dự án xây dựng**



THS LÊ HIẾU HỒNG PHÚC*

Ứng dụng BIM vào giai đoạn thiết kế FEED giúp trực quan hóa và tối ưu hóa các phương án thiết kế tổng thể, hỗ trợ hiệu quả trong phân tích khả thi, lập dự toán sơ bộ, đánh giá tác động môi trường và tăng cường phối hợp giữa các bên.

Trong bối cảnh các dự án xây dựng ngày càng phức tạp và quy mô lớn, đặc biệt là lĩnh vực hạ tầng giao thông và năng lượng, vai trò của giai đoạn thiết kế kỹ thuật tổng thể (Front-End Engineering Design - FEED) trở nên then chốt nhằm xác định phạm vi, tính khả thi và kiểm soát rủi ro từ sớm. Việc ứng dụng Building Information Modeling (BIM) vào giai đoạn FEED không chỉ giúp trực quan hóa và tối ưu hoá các phương án thiết kế tổng thể, mà còn hỗ trợ hiệu quả trong phân tích khả thi, lập dự toán sơ bộ, đánh giá tác động môi trường và tăng cường phối hợp giữa các bên liên quan. Bài viết ngắn này tổng hợp các ứng dụng, công cụ và ví dụ thực tiễn từ những dự án tiêu biểu, nhằm làm rõ cách thức BIM đang nâng tầm giai đoạn FEED và mở ra các hướng ứng dụng mới cho tương lai ngành Xây dựng.

TẠI SAO CẦN BIM TRONG GIAI ĐOẠN THIẾT KẾ FEED?

FEED là giai đoạn thiết kế cơ sở, được thực hiện sau thiết kế ý tưởng nhằm xác định phạm vi, yêu cầu kỹ thuật và ước tính chi phí sơ bộ của dự án. Kết quả FEED là bộ hồ sơ nền tảng để lập hồ sơ mời thầu EPC hoặc triển khai thiết kế chi tiết, giúp giảm thiểu rủi ro thay đổi khi thi công. Với các dự án lớn như Metro hay đường sắt cao tốc, FEED có thể kéo dài khoảng 01 năm và đòi hỏi sự phối hợp chặt chẽ giữa chủ đầu tư và tư vấn thiết kế.

Trong chuỗi quy trình xây dựng, FEED đóng vai trò nền tảng định hình cấu trúc tổng thể, từ phương án kỹ thuật chủ đạo, sơ đồ mặt bằng đến phân tích rủi ro và tuân thủ quy chuẩn. Khi thực hiện tốt, FEED giúp giảm bất định về kỹ thuật và tài chính, đồng thời tối ưu hiệu quả vận hành dự án.

Sự tham gia của BIM vào FEED ngày càng quan trọng nhờ khả năng xây dựng mô hình 3D tích hợp đa ngành, tạo ra một nguồn dữ liệu thống nhất cho tất cả các bên liên quan. Khác với phương pháp 2D truyền thống, BIM giúp phát hiện sớm xung đột kỹ thuật, nâng cao hiệu quả phối hợp và trực quan hóa các phương án thiết kế. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng việc áp dụng BIM trong FEED giúp tối ưu quy trình làm việc, giảm sai sót và tăng khả năng kiểm soát chi phí dự án.

Khác với giai đoạn thiết kế chi tiết hoặc thi công, BIM trong FEED tập trung vào mô phỏng tổng thể, đánh giá tính khả thi và tối ưu hoá phương án thiết kế. Theo đường cong MacLeamy, khả năng ảnh hưởng đến chi phí dự án là lớn nhất ở giai đoạn đầu, BIM chính là công cụ hỗ trợ tối ưu hóa quyết định thiết kế khi chi phí thay đổi còn thấp.

Bên cạnh đó, BIM còn đóng vai trò quan trọng trong việc truyền thông và phối hợp giữa các bên không chuyên môn. Mô hình 3D trực quan giúp chủ đầu tư, cơ quan quản lý và cộng đồng dễ dàng hiểu và đóng góp ý kiến cho phương án thiết kế. Ví dụ, dự án HS2 (Anh) đã ghi nhận BIM như "ngôn ngữ chung" giúp hàng trăm kỹ sư từ nhiều quốc gia phối hợp hiệu quả trong một dự án hạ tầng phức tạp. (Hình 1)

CÁC ỨNG DỤNG BIM CHÍNH TRONG GIAI ĐOẠN FEED

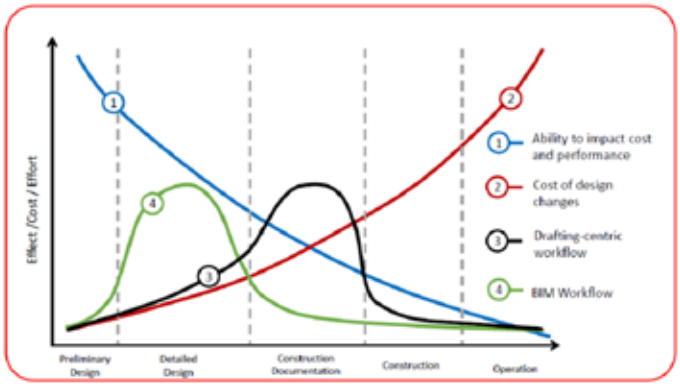
Trong giai đoạn FEED của các dự án lớn, BIM được ứng dụng vào nhiều khía cạnh quan trọng nhằm nâng cao chất lượng thiết kế sơ bộ và hỗ trợ ra quyết định. Những ứng dụng chính bao gồm:

1. Hình dung và lựa chọn phương án thiết kế tổng thể: BIM giúp tạo mô hình 3D trực quan ngay từ sớm, hỗ trợ nhóm dự án và chủ đầu tư hình dung rõ cấu hình công trình trong không gian thực. Các mô hình 3D, ảnh render và hoạt cảnh cho phép so sánh sinh động các phương án thiết kế (ví dụ: tuyến đường sắt, bố trí nhà ga), từ đó thảo luận và lựa chọn giải pháp tối ưu dựa trên tiêu chí kỹ thuật và thẩm mỹ.

Ở các dự án Metro, BIM giúp mô phỏng các phương án bố trí nhà ga ngầm, đường hầm và trình bày trực quan qua video, hỗ trợ các bên liên quan hiểu rõ thiết kế. Công cụ như Autodesk InfraWorks còn hỗ trợ tạo storyboard và video bay mô phỏng, rất hữu ích cho việc trình bày với cộng đồng hoặc lãnh đạo.

2. Phân tích khả thi và mô hình sơ bộ (conceptual modeling): Nhờ tích hợp dữ liệu đa ngành, BIM hỗ trợ nghiên cứu khả thi toàn diện ngay từ đầu. Mô hình kỹ thuật số duy nhất cho phép

(*) *Trưởng đại diện Văn phòng Autodesk tại TP.HCM*



Hình 1. Đường cong MacLeamy cho thấy tác động và khả năng ảnh hưởng của thiết kế đến chi phí và hiệu quả dự án là lớn nhất ở giai đoạn đầu (như FEED), khi chi phí thay đổi còn thấp và BIM giúp tận dụng tối đa cơ hội này bằng cách phát hiện vấn đề sớm và tối ưu phương án ngay từ đầu.

nhóm dự án phân tích đồng thời các yếu tố kỹ thuật, kinh tế và vận hành. Ví dụ, kỹ sư dễ dàng tính toán khối lượng vật tư, công suất thiết bị, trong khi chuyên gia tài chính lập dự toán từ dữ liệu mô hình. BIM giúp tập hợp và phân tích đồng bộ các yếu tố kỹ thuật, pháp lý, tài chính và môi trường.

Ngoài ra, mô phỏng kỹ thuật sơ bộ (như phân tích kết cấu hoặc kiểm tra tĩnh không) giúp phát hiện sớm vấn đề tiềm ẩn, từ đó điều chỉnh thiết kế kịp thời. Nhờ vậy, báo cáo khả thi dự án trở nên đáng tin cậy, hỗ trợ chủ đầu tư ra quyết định chính xác.

3. Đánh giá tác động môi trường và điều kiện hiện trường: BIM cho phép tích hợp các yếu tố hiện trường và môi trường vào mô hình để đánh giá tác động toàn diện. Dữ liệu địa hình, hiện trạng hạ tầng hoặc yếu tố môi trường (hướng gió, tiếng ồn, nắng) được nhập vào mô hình giúp phân tích thiết kế trong bối cảnh thực tế. Ví dụ, đánh giá ánh sáng, tiếng ồn tàu Metro, hay thoát nước tuyến cao tốc có thể được thực hiện ngay từ giai đoạn sơ bộ. Các công cụ mô phỏng môi trường hỗ trợ tối ưu hóa phương án thiết kế từ đầu nhằm đảm bảo bền vững.

BIM cũng hỗ trợ lập đánh giá tác động môi trường sơ bộ bằng cách chồng mô hình dự án lên bản đồ hiện trạng để xác định diện tích chiếm đất và tác động đến cộng đồng. Phát hiện sớm các vấn đề giúp dự án kịp thời điều chỉnh phương án, giảm rủi ro khi phê duyệt. (Hình 2)

4. Dự báo chi phí sơ bộ (5D BIM): BIM mở rộng từ mô hình 3D sang quản lý chi phí, được gọi là 5D BIM. Thông tin khối lượng vật liệu và chủng loại từ mô hình BIM giúp ước tính chi phí chính xác hơn thay vì dựa vào kinh nghiệm. Khối lượng đất đào, bê tông, thép… được trích xuất trực tiếp từ mô hình và liên kết với đơn giá. Điều này giảm thiểu sai sót nhập liệu thủ công và giúp tự động cập nhật chi phí khi thiết kế thay đổi.

Ngoài ra, kết nối mô hình với phần mềm dự toán cho phép phân tích tác động tài chính của các phương án thiết kế khác nhau. Ví dụ, dễ dàng so sánh nhanh chi phí giữa dầm thép và bê tông. BIM 5D cũng hỗ trợ lập dự toán vòng đời sơ bộ, bao gồm chi phí vận hành và bảo trì. Nghiên cứu cho thấy BIM giúp giảm 50% thay đổi thiết kế và tiết kiệm 75% nguồn lực dự toán nhờ tự động hóa. Nhờ đó, chủ đầu tư có thể kiểm soát ngân sách và ra quyết định đầu tư hiệu quả ngay từ đầu.

5. Hỗ trợ truyền thông và phối hợp giữa các bên liên quan: FEED thường đòi hỏi sự tham gia góp ý của nhiều bên, từ chủ đầu tư, tư vấn thiết kế, đơn vị vận hành đến cơ quan quản lý. BIM trở thành cầu nối giúp cải thiện giao tiếp giữa các bên. Thông qua mô hình tập trung, mọi người có thể truy cập thông tin, đưa ý kiến và phối hợp hiệu quả. Ví dụ, chủ đầu tư góp ý về công năng, đơn vị vận hành đánh giá khả năng bảo trì, còn tư vấn giám sát xem xét tính tuân thủ.

Các công cụ BIM còn hỗ trợ họp thiết kế ảo, giúp mọi người quan sát mô hình và thảo luận trực quan. Việc tiếp nhận phản hồi dễ dàng hơn khi các bên có thể chỉ ra vấn đề ngay trên mô hình 3D. Đồng thời, công cụ như BIM Collaboration Format (BCF) giúp số hóa việc ghi nhận và xử lý ý kiến, giảm hiểu lầm và tạo sự đồng thuận trước khi chuyển sang thiết kế chi tiết.

6. Liên kết dữ liệu GIS và dữ liệu khảo sát địa hình: Một ứng dụng quan trọng khác là tích hợp dữ liệu GIS và khảo sát địa hình nhằm đảm bảo thiết kế phù hợp hiện trường. BIM-GIS kết hợp cho phép mô hình công trình hiển thị đúng vị trí địa lý, giúp nhóm thiết kế đánh giá dự án trong bối cảnh thực tế. Ví dụ, mô hình tuyến Metro hoặc cao tốc được lồng lên bản đồ thành phố giúp xác định rõ tuyến đường đi qua các khu vực nào, địa hình ra sao.

Theo báo cáo từ Geospatial World và Autodesk, tích hợp BIM-GIS giúp giảm rủi ro và bất định khi thiết kế hạ tầng phức tạp. Ngoài ra, dữ liệu khảo sát từ laser scan hoặc drone được nhập vào mô hình BIM tạo bề mặt địa hình chính xác, giúp đồng bộ với thiết kế sơ bộ và tránh sai sót khi chuyển sang thiết kế chi tiết. Nhờ đó, phương án đề xuất luôn hài hòa với bối cảnh thực tế, đồng thời hỗ trợ ra quyết định thiết kế phù hợp và bền vững hơn. (Hình 3)

CÔNG CỤ VÀ QUY TRÌNH BIM HỖ TRỢ FEED VÀ VAI TRÒ CỦA TÍCH HỢP DỮ LIỆU

Để triển khai hiệu quả BIM trong giai đoạn FEED, nhiều công cụ chuyên dụng được sử dụng tùy theo loại dự án. Với nhà ga hoặc tòa nhà, Autodesk Revit hỗ trợ mô hình hóa kiến trúc và kết cấu sơ bộ (LOD 200-300), tạo nền tảng cho bố trí không gian và kiểm tra xung đột hệ thống.

Trong khi đó, các dự án hạ tầng giao thông sử dụng kết hợp Autodesk InfraWorks và Civil 3D. InfraWorks cho phép phác thảo ý tưởng tuyến nhanh trên nền dữ liệu GIS và địa hình, thử nghiệm các phương án tuyến đường, cầu hoặc nút giao. Sau khi chọn được phương án sơ bộ, mô hình được chuyển sang Civil 3D để phát triển thiết kế kỹ thuật chi tiết hơn. Ví dụ, dự án HS2 (Anh) đã áp dụng cách tiếp cận này để mô hình hoá hướng tuyến bao gồm cả hầm, cầu và đường đào.

Song song, các công cụ phối hợp như Navisworks hoặc Solibri giúp tổng hợp mô hình từ nhiều nguồn để kiểm tra va chạm và lập mô phỏng tiến độ 4D. Điển hình như dự án Crossrail (Anh) đã sử dụng kết hợp Navisworks và môi trường dữ liệu chung (CDE) để mô phỏng thi công lắp đặt MEP phức tạp, hỗ trợ đánh giá tiến độ và ngăn ngừa xung đột ngay từ sớm.

Một yếu tố quan trọng khác là xây dựng CDE và sử dụng dữ liệu mở (openBIM). CDE giúp quản lý và chia sẻ mô hình FEED giữa

các bên trong suốt vòng đời dự án. Ví dụ, Crossrail đã duy trì một CDE làm "nguồn sự thật duy nhất" trong hơn 10 năm.

Đồng thời, định dạng IFC (Industry Foundation Classes) được sử dụng để đảm bảo tính tương thích giữa các phần mềm, giúp các nhà thầu dễ dàng tiếp nhận và phát triển mô hình từ giai đoạn FEED. Dự án Hinkley Point C (Anh) áp dụng chiến lược openBIM triệt để với IFC để quản lý hàng triệu thanh thép và cấu kiện, đồng thời phục vụ dự báo ngân sách và nguồn lực linh hoạt.

Ngoài IFC, các tiêu chuẩn mở khác như BCF và COBie cũng được tích hợp nhằm đảm bảo tính bền vững và minh bạch dữ liệu. Điều này giúp mô hình FEED duy trì giá trị lâu dài, hỗ trợ liên tục từ thiết kế chi tiết đến thi công và vận hành. Nhờ kết hợp đa dạng công cụ BIM và chiến lược dữ liệu mở, các dự án có thể đồng thời đảm bảo sáng tạo thiết kế, đồng bộ thông tin và quản trị hiệu quả cho các giai đoạn tiếp theo. (Hình 4)

MỘT SỐ DỰ ÁN THỰC TẾ TRIỂN KHAI BIM TRONG FEED

Để minh họa cụ thể, sau đây là một số dự án quy mô lớn quốc tế đã ứng dụng BIM thành công ngay từ giai đoạn FEED, qua đó mang lại những lợi ích rõ rệt:

1. Dự án Metro: Sydney Metro Northwest (Australia) - dự án đường sắt đô thị tự động đầu tiên của Australia và là một phần của hệ thống Sydney Metro - đã ứng dụng BIM sâu rộng trong thiết kế FEED và thiết kế sơ bộ các nhà ga và tuyến Metro. Đây là dự án giao thông lớn nhất của Australia, gồm 13 nhà ga và 36 km đường ray mới, khởi công giai đoạn đầu năm 2013.

Ngay từ giai đoạn lập thiết kế cơ sở, liên danh thiết kế đã sử dụng Autodesk Revit để tạo mô hình kiến trúc, kết cấu cho các nhà ga và Navisworks để kiểm tra phối hợp MEP, kết hợp với công cụ quản lý dữ liệu chuyên dụng (dRofus) nhằm theo dõi yêu cầu phòng ốc và trang thiết bị. BIM giúp đồng bộ hóa thiết kế của hàng trăm cấu kiện nhà ga và hầm ngầm, đảm bảo tuân thủ các nguyên tắc thiết kế đặt ra (tiêu chuẩn nhà ga tự động không người lái, an toàn phòng cháy...).

Nhờ mô hình 3D trực quan, chủ đầu tư và chính quyền bang New South Wales dễ dàng xem xét phương án bố trí nhà ga, vị trí cửa lên xuống và tác động đô thị của tuyến Metro - điều này đã đẩy nhanh quá trình phê duyệt do các bên đều hiểu rõ thiết kế đề xuất.

Kết quả là dự án Sydney Metro Northwest đã được khởi công đúng kế hoạch, mở cửa cho hành khách vào năm 2019 với chất lượng xây dựng đúng như mô hình BIM đã thể hiện. Thành công này thúc đẩy Sydney Metro tiếp tục áp dụng BIM cho các giai đoạn sau và cho các tuyến Metro tiếp theo (City & Southwest), biến BIM trở thành chuẩn mực cho thiết kế hạ tầng giao thông tại Australia.

2. Dự án mở rộng tuyến Metro Fornebubanen tại Oslo, Na Uy, cũng là một ví dụ điển hình về việc ứng dụng BIM trong giai đoạn thiết kế FEED cho một dự án hạ tầng giao thông quy mô lớn. Với tổng chiều dài 8,2 km, bao gồm 6 nhà ga và ngân sách xây dựng hơn 1,6 tỷ EURO, Dự án này đã triển khai một CDE dựa trên nền tảng BIM 360 và phương pháp OpenBIM để đảm bảo hợp tác hiệu quả giữa 29 công ty và hơn 500 thành viên tham gia.

Trong giai đoạn FEED, BIM được sử dụng để phát triển các mô hình 3D tích hợp, liên kết trực tiếp với thông tin về khối lượng, yêu



Hình 2. Lên ý tưởng thiết kế tuyến đường trong bối cảnh tổng thể của khu vực xung quanh. Đánh giá trực quan các biến số như cao độ, bề rộng, độ dốc ngang và phương án san nền nhằm tối ưu hóa phương án thiết kế.

cầu thương mại, đánh giá khí thải CO_2, phân tích công nghệ và dữ liệu vận hành và bảo trì. Các mô hình này được kết hợp thành nhiều mô hình phối hợp để đại diện cho toàn bộ dự án số hóa một cách toàn diện và đa ngành.

Quy trình thiết kế đồng thời (Integrated Concurrent Engineering - ICE), kiểm tra thiết kế, lập hồ sơ mời thầu và tài liệu thi công đều dựa trên các mô hình thông tin kỹ thuật số 3D của dự án, cho phép đánh giá và truyền thông kỹ thuật hiệu quả trong toàn bộ vòng đời dự án. (Hình 5)

3. Dự án Đường sắt tốc độ cao: High Speed 2 (HS2) - Vương quốc Anh, là dự án đường sắt cao tốc lớn nhất châu Âu, kết nối London với Birmingham và sau đó mở rộng tới Manchester, Leeds. Ngay từ giai đoạn thiết kế sơ bộ (FEED) của Phase 1, chủ đầu tư HS2 Ltd đã đưa ra các yêu cầu BIM bắt buộc đối với tất cả đơn vị thiết kế và nhà thầu, tuân theo tiêu chuẩn BIM Anh (PAS 1192, nay là ISO 19650).

Liên danh thiết kế và thi công đoạn tuyến SCS (Skanska-Costain-STRABAG) đã tham gia vào quá trình FEED mở rộng, phối hợp cùng tư vấn để hoàn thiện thiết kế khái niệm cho 26 km đường sắt (bao gồm 20 km hầm) trong vòng 14 tháng. Nhờ chiến lược "BIM đồng bộ" với CDE và bộ công cụ thiết kế mở (Civil 3D, OpenRail, Revit, v.v.), nhóm dự án đa quốc gia (hơn 550 nhân sự từ 6 công ty) đã làm việc hiệu quả như một thể thống nhất - BIM trở thành "ngôn ngữ chung" cho đội ngũ đa văn hóa.

Lợi ích cụ thể ở giai đoạn FEED của HS2 rất ấn tượng: Việc sử dụng mô hình chung giúp giảm 20% thời gian duyệt thiết kế, tiết kiệm khoảng 500 ngàn bảng Anh; dữ liệu số có cấu trúc trong mô hình cho phép trích xuất khối lượng và dự toán tự động, giúp giảm 50% thay đổi thiết kế so với cách làm truyền thống và sử dụng ít hơn 75% nhân lực dự toán, tương đương tiết kiệm 300 ngàn bảng Anh. Chất lượng dữ liệu dự án cũng được nâng cao rõ rệt, độ chính xác dữ liệu đạt 98%, so với mức ~40% ở các dự án trước đó không áp dụng quy trình BIM chặt chẽ.

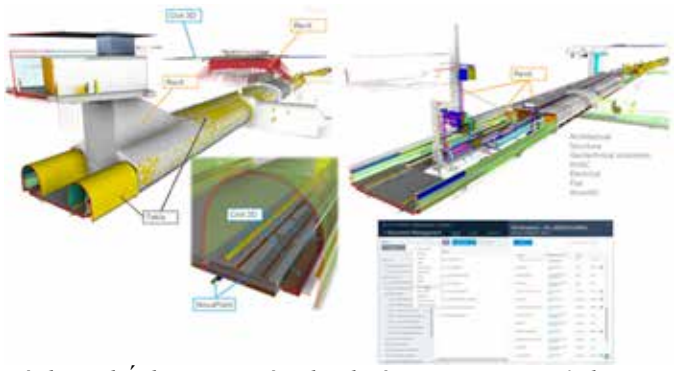
Nhờ BIM, HS2 đã tạo ra một "bản thiết kế số" (digital blueprint) mẫu mực cho ngành hạ tầng, đến mức đại diện Dự án tuyên bố đây sẽ là hình mẫu cho các dự án tương lai trong ngành giao thông. Trải nghiệm từ HS2 cho thấy, BIM trong FEED không chỉ



Hình 3. Mô phỏng lũ lụt (flood simulation) theo nhiều thông số như cao độ mực nước, độ sâu, vận tốc dòng chảy trong thiết kế FEED nhằm trực quan hóa và đánh giá tác động môi trường cho dự án hạ tầng - trích xuất từ phần mềm Infraworks.



Hình 4. Sử dụng Infraworks trong việc thiết kế FEED các tuyến ray và chuyển hướng. Phân tích hành lang đường sắt và tính toán khối lượng cơ bản để tối ưu hóa chi phí và tác động.



Hình 5. Phối hợp cộng tác cho dự án Mega Metro sử dụng CDE (BIM 360) và OpenBIM.

dừng ở việc cải thiện thiết kế, mà còn tác động tích cực đến văn hóa làm việc và hiệu quả chung của dự án quy mô mega.

KẾT LUẬN

Tương lai, BIM trong FEED sẽ phát triển mạnh mẽ nhờ các công nghệ tiên tiến. Digital Twin giúp mô hình FEED trở thành bản sao số sống động, kết nối dữ liệu vận hành để thử nghiệm và tối ưu thiết kế ngay từ sơ bộ, như mô phỏng lưu lượng hành khách cho tuyến Metro. AI hỗ trợ phân tích thiết kế tạo sinh (generative design), dự đoán rủi ro và gợi ý phương án tối ưu, đóng vai trò như "trợ lý thông minh" cho kiến trúc sư và kỹ sư. Robot và thiết bị không người lái sẽ tận dụng mô hình BIM FEED để thi công tự động, ví dụ robot khoan MEP đọc trực tiếp dữ liệu BIM hay drone khảo sát hiện trạng cập nhật thẳng vào mô hình.

Ngoài ra, việc tích hợp dữ liệu mở sẽ giúp các mô hình này duy trì giá trị trong suốt vòng đời dự án. Tất cả xu hướng này hứa hẹn biến BIM trong FEED thành hạt nhân số hóa, kết nối chặt chẽ thiết kế với thi công và vận hành trong kỷ nguyên xây dựng thông minh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Adejugbe, A. & Adejugbe, C. (2014). BIM and Project Execution. International Journal of Engineering Research and Development, 10(8), 25-34.

2. BIM Leaders Ltd. (2025). Front-End Engineering Design (FEED) – FAQs. BIM Leaders. (bim-ae.com).

3. Bimage Consulting. (2025, January 17). How Does BIM Improve Collaboration Among Project Stakeholders? Bimage Blog. How BIM Improves Collaboration with Stakeholders.

4. Autodesk. (2021). How to collaborate on a Metro megaproject using BIM 360 and OpenBIM. Autodesk University. https://www.autodesk.com/autodesk-university/article/How-Collaborate-Metro-Megaproject-Using-BIM-360-and-OpenBIM-2021.

5. Chiyoda Corporation. (n.d.). FEED (Front End Engineering Design). Chiyoda Project Lifecycle Engineering. (FEED (Front End Engineering Design) CHIYODA CORPORATION).

6. Crossrail Ltd. (2018). Crossrail Project: Application of BIM (Building Information Modelling) and Lessons Learned. Crossrail Learning Legacy, Technical Paper (Crossrail Project: Application of BIM (Building Information Modelling) and Lessons Learned - Crossrail Learning Legacy).

7. Elete, T. Y., Nwulu, E. O., Erhueh, O. V., Aano, O. A., & Aderamo, A. T. (2024). Impact of Front End and Detailed Design Engineering on Project Delivery Timelines and Operational Efficiency in the Energy Sector. International Journal of Engineering Research and Development, 20(11), 932-950.

8. Geospatial World & Autodesk. (2021). GIS and BIM Integration: A High-Level Global Report. Geospatial World Reports.

9. Jack, L. (2024, January 22). How robots are taking BIM to the next level. The National Robotarium - News. (How robots are taking BIM to the next level - The National Robotarium).

10. Miyamoto, M. (2013, October). BIM Workflow for Roads and Highways. Ideate Inc. Blog (BIM Workflow for Roads and Highways | Ideate Inc).

11. Pinnacle Infotech. (2023). The Role of BIM in Construction Feasibility Study. Pinnacle Blog (BIM in Construction Feasibility Study: Unlock Project Potential).

12. TechInformed. (2023, August 1). Hinkley Point C: Constructing nuclear power on a digital platform. TechInformed - Case Study/Feature (Hinkley Point C: Constructing nuclear power on a digital platform).



FEED và một số vấn đề pháp lý **tại các dự án cơ sở hạ tầng đường sắt hiện nay**

LS VŨ THỊ THỊNH*

Việc nâng cao tính pháp lý và chất lượng của thiết kế FEED, áp dụng chuẩn hợp đồng quốc tế phù hợp, sẽ là cơ sở quan trọng bảo đảm thành công của các dự án đường sắt, trong bối cảnh Việt Nam thúc đẩy mạnh mẽ phát triển hạ tầng giao thông hiện đại và bền vững.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh cải cách thủ tục đầu tư công và đẩy nhanh tiến độ thực hiện các dự án hạ tầng trọng điểm, các dự án đường sắt (bao gồm đường sắt đô thị và đường sắt quốc gia) đang từng bước được điều chỉnh quy trình triển khai theo hướng tinh gọn và hiệu quả hơn. Hiện nay, giai đoạn lập Báo cáo nghiên cứu tiền khả thi (pre-FS) đã được lược bỏ, các dự án đi thẳng vào bước lập Báo cáo nghiên cứu khả thi (FS). Đáng chú ý, thiết kế cơ sở trong báo cáo FS đã được thay thế bằng thiết kế kỹ thuật tổng thể (FEED - Front End Engineering Design).

Việc áp dụng thiết kế FEED thay cho thiết kế cơ sở không chỉ giúp rút ngắn quy trình chuẩn bị đầu tư, mà còn nâng cao độ chính xác và khả thi của các thông số thiết kế, chi phí và tiến độ ngay từ giai đoạn phê duyệt chủ trương đầu tư. Qua đó, góp phần giảm thiểu rủi ro điều chỉnh dự án trong quá trình triển khai, đồng thời tạo tiền đề cho công tác lựa chọn nhà thầu và tổ chức thi công được thực hiện một cách bài bản, khoa học.

Tuy nhiên, việc sử dụng thiết kế FEED tại giai đoạn phê duyệt dự án đòi hỏi phải có hành lang pháp lý rõ ràng, nhất là các quy định về nội dung, trách nhiệm thực hiện, thẩm định và phê duyệt thiết kế FEED trong hệ thống pháp luật về đầu tư công và xây dựng. Bài viết này nhận định một số rủi ro trong mối quan hệ giữa thiết kế FEED và việc triển khai hợp đồng EPC, các quy định hiện hành về thiết kế FEED, từ đó nhận định các yêu cầu đặt ra trong việc thiết lập và hoàn thiện quy định pháp lý về thiết kế FEED nhằm phục vụ cho việc triển khai hiệu quả các dự án đường sắt trong thời gian tới.

(*) Nhóm dự án Cơ sở hạ tầng LNT&PARTNERS

2. ĐỊNH NGHĨA VỀ THIẾT KẾ FEED

Theo Luật Xây dựng 2014, quy trình thiết kế xây dựng được phân chia thành các giai đoạn rõ ràng, trong đó thiết kế FEED nằm trong giai đoạn thiết kế triển khai sau thiết kế cơ sở và trước các bước thiết kế chi tiết như thiết kế kỹ thuật và thiết kế bản vẽ thi công .

Nghị định số 175/2024/NĐ-CP của Chính phủ quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng định nghĩa: "FEED là bước thiết kế được lập theo thông lệ quốc tế đối với dự án có thiết kế công nghệ sau khi dự án đầu tư xây dựng được phê duyệt để cụ thể hóa các yêu cầu về dây chuyền công nghệ, thông số kỹ thuật của các thiết bị, vật liệu sử dụng chủ yếu, giải pháp xây dựng để triển khai bước thiết kế tiếp theo".

Đồng thời, Nghị định số 37/2015/NĐ-CP của Chính phủ quy định chi tiết về hợp đồng xây dựng giải thích: "FEED là thiết kế kỹ thuật tổng thể được triển khai theo thông lệ quốc tế để làm cơ sở triển khai thiết kế chi tiết", nhấn mạnh vai trò của FEED như một bước chuyển tiếp quan

trọng từ ý tưởng thiết kế ban đầu sang các giai đoạn thực hiện cụ thể.

Đối với các dự án đường sắt quốc gia và đường sắt đô thị, Nghị quyết số 172/2024/QH15 về dự án đường sắt tốc độ cao Bắc - Nam, Nghị quyết số 188/2025/QH15 về dự án đường sắt đô thị theo mô hình TOD, cho phép FEED thay thế thiết kế cơ sở trong Báo cáo nghiên cứu khả thi, trong trường hợp này FEED được triển khai ngay tại bước phê duyệt dự án.

Liệu rằng có thể nhận định FEED sẽ bao gồm các nội dung của thiết kế cơ sở (để phê duyệt dự án) và các nội dung của một thiết kế triển khai (thiết kế sau thiết kế cơ sở)? Thực tế FS chỉ được đệ trình khi đã hoàn thiện FEED. Tuy nhiên, việc hoàn thiện thiết kế đến các bước chi tiết chứa đựng rủi ro trong quá trình thẩm định, ý kiến thẩm định có thể đặt ra ngày từ các bước đầu tiên của thiết kế.

Do đó, quy trình thực hiện và các nội dung của FEED cần được thiết kế như thế nào để giảm thiểu các rủi ro về khối lượng thực hiện trong quá trình thẩm định, phê duyệt là một vấn đề lớn cần đặt ra.

3. VAI TRÒ CỦA THIẾT KẾ FEED

Trước hết, FEED là căn cứ cốt lõi để hình thành các gói thầu EPC, EP hoặc EC. Theo khoản 3 Điều 3 Nghị định số 24/2024/NĐ-CP của Chính phủ quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Đấu thầu về lựa chọn nhà thầu (được sửa đổi, bổ sung bởi khoản 21 Điều 2 Nghị định số 17/2025/NĐ-CP), các gói thầu này được xây dựng dựa trên thiết kế cơ sở hoặc thiết kế FEED. Pháp luật xây dựng cũng quy định rằng nếu đã có thiết kế kỹ thuật, các gói thầu EPC, EP hoặc EC sẽ không được hình thành.

Theo quy định hiện hành, FEED là căn cứ pháp lý quan trọng để ký kết hợp đồng EPC. Khoản 2 Điều 9 Nghị định số 37/2015/NĐ-CP, hợp đồng EPC được ký kết dựa trên Báo cáo nghiên cứu khả thi đầu tư xây dựng hoặc thiết kế FEED được phê duyệt, đồng thời là cơ sở để xác định dự toán gói thầu EPC, đóng vai trò quyết định trong việc lập kế hoạch tài chính và quản lý chi phí.

Theo khoản 2 Điều 17 Nghị định số 10/2021/NĐ-CP của Chính phủ về quản lý chi phí đầu tư xây dựng, đối với các dự án triển khai hợp đồng EPC dựa trên FEED, dự toán gói thầu được xây dựng dựa trên các khoản mục chi phí được xác định từ thiết kế FEED.

Như vậy, dù được triển khai ở giai đoạn nào (thiết kế cơ sở hay sau thiết kế cơ sở), thiết kế FEED theo quy định hiện hành là căn cứ hình thành các gói thầu EPC, EP, EC và xác định dự toán gói thầu EPC. Do đó, khi thiết lập các quy định riêng về FEED cho các dự án đường sắt không cần thiết phải bổ sung, điều chỉnh các nội dung này.

4. HỢP ĐỒNG EPC

Theo Thông tư số 22/2024/TT-BKHĐT của Bộ KH&ĐT (nay là Bộ Tài chính) hướng dẫn về mẫu hồ sơ mời thầu (HSMT), các biểu mẫu hợp đồng EC/EPC được khuyến khích vận dụng bộ điều kiện chung hợp đồng do Hiệp hội Quốc tế các kỹ sư tư vấn (FIDIC) ban hành.

Cụ thể, hai bộ điều kiện hợp đồng được đề xuất là Quyển Bạc (FIDIC Silver Book) phiên bản 2017, tái bản có sửa đổi, bổ sung năm 2022, áp dụng cho các dự án EPC chìa khóa trao tay; và Quyển Vàng (FIDIC Yellow Book) phiên bản 2017, tái bản có sửa đổi, bổ sung năm 2022, áp dụng cho các dự án thiết bị công trình và thiết kế xây dựng.

Nhìn chung, những mẫu hợp đồng này được thiết kế để đảm bảo tính đồng bộ và thống nhất trong các dự án có yêu cầu kỹ thuật cao, đồng thời cung cấp cơ chế phân bổ rủi ro rõ ràng giữa chủ đầu tư và nhà thầu.

Nếu Quyển Bạc đặt phần lớn trách nhiệm và rủi ro lên nhà thầu, thì Quyển Vàng cho phép nhà thầu yêu cầu điều chỉnh chi phí và thời gian trong trường hợp có sai sót trong dữ liệu do chủ đầu tư cung cấp.

Nhìn chung, việc khuyến khích sử dụng các mẫu FIDIC phản ánh nỗ lực của Việt Nam trong việc hội nhập với thông lệ quốc tế, giúp nâng cao chất lượng quản lý hợp đồng EPC.

Bên cạnh đó, Thông tư số 02/2023/TT-BXD của Bộ Xây dựng hướng dẫn một số nội dung về hợp đồng xây dựng cung cấp các mẫu hợp đồng xây dựng, bao gồm mẫu hợp đồng EPC tại Phụ lục V, để các tổ chức và cá nhân tham khảo và vận dụng trong việc xác lập, quản lý và thực hiện hợp đồng cho các gói thầu xây dựng. Mẫu hợp đồng này được thiết kế để đảm bảo nội dung hợp đồng tuân thủ khoản 1 Điều 141 Luật Xây dựng 2014, bao gồm các quy định về quyền và nghĩa vụ của các bên, phạm vi công việc, giá trị hợp đồng, và cơ chế giải quyết tranh chấp.

Trước thực tế tồn tại song song hai hệ thống mẫu hợp đồng, gồm các điều kiện hợp đồng theo FIDIC được khuyến nghị tại Thông tư số 22/2024/TT-BKHĐT và mẫu hợp đồng EPC theo Thông tư số 02/2023/TT-BXD, việc lựa chọn áp dụng thống nhất trong các dự án đầu tư công, đặc biệt là các dự án quy mô lớn như đường sắt, đang gặp nhiều vướng mắc.

Sự thiếu rõ ràng trong phân định phạm vi và tính ưu tiên giữa các mẫu hợp đồng này có thể dẫn đến áp dụng không nhất quán, ảnh hưởng đến tính minh bạch, khả năng kiểm soát rủi ro và hiệu quả triển khai dự án.

Do đó, để bảo đảm tính chuyên nghiệp, chuẩn hóa và phù hợp với yêu cầu đấu thầu quốc tế, việc áp dụng thống nhất hệ thống điều kiện hợp đồng FIDIC (đặc biệt là Quyển Bạc hoặc Quyển Vàng phiên bản 2017, tái bản sửa đổi năm 2022) cho các dự án EC/EPC là cần thiết.

Các mẫu hợp đồng FIDIC đã được quốc tế hóa và kiểm chứng qua thực tiễn triển khai ở nhiều quốc gia, với các đặc điểm nổi bật như: (1) Có cơ chế phân bổ rủi ro rõ ràng giữa chủ đầu tư và nhà thầu; khả năng điều chỉnh chi phí

và thời gian linh hoạt trong những trường hợp có thay đổi khách quan; (2) Cấu trúc điều khoản đầy đủ, có hệ thống, thuận lợi cho việc đàm phán, giám sát thực hiện hợp đồng và xử lý tranh chấp; (3) Phù hợp với các tiêu chuẩn quản lý dự án tiên tiến, đặc biệt đối với các hợp đồng chìa khóa trao tay hoặc thiết kế - cung cấp - xây dựng (design & build).

Vì vậy, kiến nghị cơ quan có thẩm quyền xem xét quy định cụ thể việc áp dụng mẫu hợp đồng FIDIC làm mẫu hợp đồng áp dụng đối với các dự án EC/EPC sử dụng vốn công hoặc vốn vay ODA, đặc biệt trong lĩnh vực giao thông vận tải và hạ tầng đường sắt. Quy định này sẽ giúp tăng tính đồng bộ trong quản lý hợp đồng, tạo điều kiện thuận lợi cho đấu thầu quốc tế, đồng thời nâng cao năng lực triển khai dự án phù hợp với thông lệ quốc tế.

5. PHÂN BỔ RỦI RO TRONG HỢP ĐỒNG EPC

Mặc dù FEED là công cụ quan trọng để đảm bảo tính khả thi của dự án EPC, các rủi ro liên quan đến thiết kế do chủ đầu tư cung cấp (Employer's Requirements - ER) có thể gây ra những hậu quả nghiêm trọng, từ chậm trễ tiến độ, gia tăng chi phí đến tranh chấp pháp lý.

Những rủi ro này không chỉ xuất phát từ sai sót kỹ thuật mà còn từ sự thiếu rõ ràng trong phân bổ trách nhiệm và phối hợp giữa các bên. Dưới đây là một số phân tích các rủi ro chính phân bổ theo mẫu hợp đồng FIDIC và các giải pháp khắc phục:

5.1. Sai sót trong dữ liệu địa chất và khảo sát

Một trong những rủi ro nghiêm trọng là sai sót hoặc thiếu sót trong dữ liệu địa chất, địa hình và môi trường do chủ đầu tư cung cấp thông qua Báo cáo cơ sở địa kỹ thuật (GBR). Theo các điều khoản FIDIC (GCC 2.5 và 4.10), chủ đầu tư có trách nhiệm cung cấp dữ liệu công trường chính xác, nhưng nếu GBR không phản ánh đúng thực tế, nhà thầu có thể đối mặt với các điều kiện vật chất không lường trước được, dẫn đến yêu cầu bổ sung chi phí và thời gian (GCC 4.12). Vấn đề này đặc biệt cấp thiết trong các dự án quy mô lớn như đường sắt, cảng biển hoặc nhà máy công nghiệp, nơi điều kiện địa chất phức tạp có thể làm tăng đáng kể chi phí xử lý.

Để giải quyết triệt để, chủ đầu tư cần thực hiện khảo sát địa chất ở mức độ cao nhất có thể, sử dụng các công nghệ tiên tiến như khảo sát địa vật lý và khoan thăm dò. Đồng thời, GBR cần thiết lập các tiêu chí rõ ràng để phân biệt giữa điều kiện lường trước và không lường trước, từ đó phân bổ rủi ro một cách minh bạch.

5.2. Thiếu sót hoặc lỗi trong yêu cầu của chủ đầu tư (ER)

Yêu cầu của chủ đầu tư (Employer's Requirements - ER) là tài liệu cốt lõi để nhà thầu thực hiện thiết kế trong hợp đồng EPC. Tuy nhiên, nếu ER không đầy đủ, chứa lỗi kỹ thuật hoặc thiếu tính nhất quán (ví dụ: sai lệch trong tính toán tải trọng, lỗi thiết kế kết cấu hoặc thiếu thông tin về hệ thống kỹ thuật), nhà thầu có thể yêu cầu điều chỉnh chi phí và thời gian (GCC 1.9 FIDIC). Những sai sót này không chỉ làm gia tăng chi phí mà còn gây chậm trễ tiến độ, đặc biệt trong các dự án đòi hỏi tính đồng bộ cao.

Để khắc phục, chủ đầu tư cần rà soát kỹ lưỡng thiết kế FEED trước khi phát hành ER, đảm bảo tính chính xác và đầy đủ của các thông số kỹ thuật. Việc hợp tác sớm với nhà thầu thông qua sơ tuyển hoặc danh sách ngắn sẽ cho phép các bên tinh chỉnh ER, giảm thiểu sai sót.

Ngoài ra, chủ đầu tư nên mời các nhà cung cấp thiết bị đánh giá tính khả thi của thiết kế và đề xuất các giải pháp thay thế, từ đó đảm bảo ER đáp ứng được yêu cầu thực tế và thông lệ quốc tế.

5.3. Thay đổi thiết kế do chủ đầu tư

Thay đổi thiết kế trong quá trình thực hiện dự án là một rủi ro phổ biến, đặc biệt khi chủ đầu tư sửa đổi các yêu cầu ban đầu do thay đổi mục tiêu dự án, giải pháp kiến trúc hoặc hệ thống kỹ thuật. Những thay đổi này có thể dẫn đến yêu cầu bổ sung chi phí và thời gian từ nhà thầu (GCC 13.1, 8.4 FIDIC), đồng thời gây tranh chấp về việc xác định liệu thay đổi đó là do yêu cầu của chủ đầu tư hay chỉ là sửa đổi cần thiết để đáp ứng tiêu chuẩn kỹ thuật.

Để khắc phục, hợp đồng EPC cần quy định rõ các trường hợp điều chỉnh, thay đổi thiết kế được bổ sung chi phí. Ngoài ra dưới góc độ quản lý, cơ quan có thẩm quyền cần đưa ra quy định các trường hợp thay đổi thiết kế FEED cần cơ quan quản lý xây dựng thẩm định, các trường hợp thay đổi thiết kế FEED thuộc thẩm quyền của chủ đầu tư hoặc trách nhiệm của nhà thầu EPC (tham khảo các trường hợp cần thiết thẩm định thiết kế cơ sở khi điều chỉnh thiết kế theo Nghị định số 175/2024/NĐ-CP - thay đổi giải pháp kiên trúc, kết cấu chính, sơ đồ hệ thống kỹ thuật).

6. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ CHIẾN LƯỢC

Việc sử dụng thiết kế FEED thay thế cho thiết kế cơ sở trong các dự án đường sắt không chỉ là giải pháp hợp lý nhằm rút ngắn thủ tục đầu tư và đẩy nhanh tiến độ phê duyệt, mà còn là bước tiến quan trọng trong việc nâng cao chất lượng quản lý dự án theo thông lệ quốc tế. Tuy nhiên, để phát huy tối đa vai trò của FEED, cần có hệ thống quy định pháp lý đồng bộ, làm rõ nội dung, trách nhiệm và cơ chế thẩm định thiết kế FEED trong mối quan hệ chặt chẽ với hợp đồng EPC. Cụ thể, thiết lập quy định pháp lý riêng về FEED trong hệ thống pháp luật về xây dựng và đấu thầu, đặc biệt làm rõ nội dung tối thiểu của thiết kế FEED, trình tự, trách nhiệm và thẩm quyền phê duyệt, áp dụng thống nhất hệ thống mẫu hợp đồng FIDIC cho các dự án EPC sử dụng vốn công hoặc vốn vay ODA, cho phép cơ chế tham vấn ý kiến sớm hoặc đối thoại kỹ thuật với các nhà thầu có kinh nghiệm sẽ góp phần nâng cao khả năng triển khai thực tế và đồng bộ của dự án.

Nghiên cứu phát triển công nghệ lưu biến bảo đảm cho việc **làm chủ không gian ngầm**


NGUYỄN HUY HIỆP*

TRẦN TRUNG ĐỨC*

NGUYỄN VĂN ĐỨC**

Công nghệ lưu biến có khả năng hỗ trợ Việt Nam làm chủ không gian ngầm, không gian lòng biển và không gian vũ trụ. Các nước lớn trên thế giới đều thừa nhận và ứng dụng công nghệ này vào mọi mặt đời sống.

Nghị quyết số 57-NQ/TW ngày 22/12/2024 của Bộ Chính trị về đột phá phát triển khoa học, công nghệ, đổi mới sáng tạo và chuyển đổi số quốc gia, đã ban hành các chiến lược nghiên cứu, ứng dụng khoa học, công nghệ trong khai thác, phát triển không gian ngầm, không gian lòng biển và không gian vũ trụ, là cơ sở chính trị vững chắc cho các nhà khoa học đề xuất nghiên cứu, ứng dụng các công nghệ lõi, công nghệ mới như công nghệ lưu biến có khả năng hỗ trợ Việt Nam làm chủ không gian ngầm, không gian lòng biển và không gian vũ trụ. Trong nội dung bài báo, tác giả trình bày sơ lược khái quát tiềm năng của công nghệ này.

1. KHÁI NIỆM LƯU BIẾN

Lưu biến học được sử dụng để mô tả và đánh giá sự biến dạng và hành vi chảy của vật liệu. Chất lỏng chảy ở các tốc độ khác nhau và chất rắn có thể bị biến dạng ở một mức độ nhất định. Dầu, mật ong, dầu gội đầu, kem dưỡng da tay, kem đánh răng, thạch ngọt, vật liệu nhựa, gỗ, đất, đá và kim loại - tùy thuộc vào hành vi vật lý của chúng, chúng có thể được sắp xếp theo thứ tự: Một bên là chất lỏng, bên kia là chất rắn và ở giữa là các chất bán rắn có độ nhớt cao.

Hiện nay, tất cả các nước lớn trên thế giới đều thừa nhận và ứng dụng công nghệ lưu biến vào mọi mặt đời sống. Sách ứng dụng lưu biến (Applied Rheology) được xuất bản với 11 ngôn ngữ: Tiếng Đức, tiếng Anh, tiếng Trung, tiếng Hàn, tiếng Pháp, tiếng Tây Ban Nha, tiếng Bồ Đào Nha, tiếng Italya, tiếng Nhật, tiếng Thổ Nhĩ Kỳ và tiếng Nga. (Hình 1)

2. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LƯU BIẾN LÀM CHỦ KHÔNG GIAN VŨ TRỤ

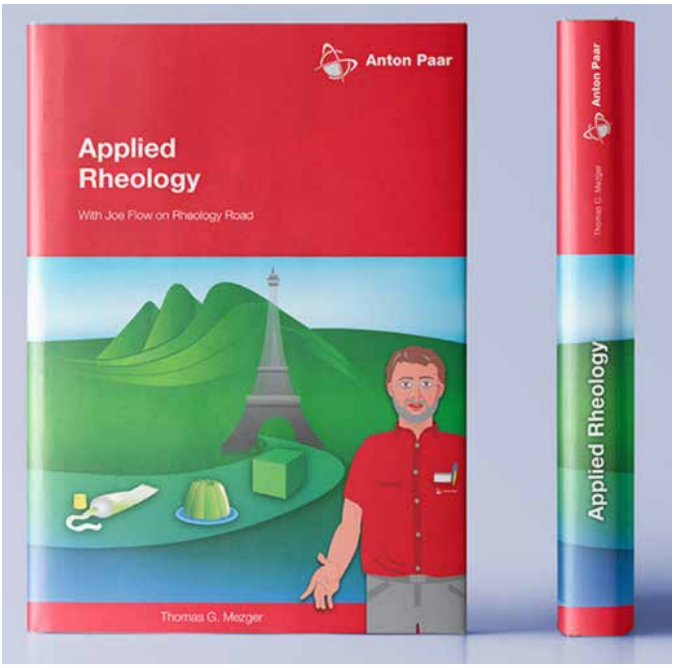
Hàng không vũ trụ chắc chắn là một môi trường đầy thách thức vì các vật liệu được sử dụng phải chịu được những điều kiện cực kỳ khắc nghiệt. Thông thường, việc thiết kế và lựa chọn vật liệu cho các ứng dụng hàng không vũ trụ chủ yếu được thực hiện nhằm mục đích giảm mức tiêu thụ nhiên liệu trong khi vẫn duy trì hiệu suất bay tổng thể.

Theo quan điểm tổng thể, có thể định nghĩa vật liệu hàng không vũ trụ là hệ thống cấu trúc có khả năng chịu được ứng suất cơ học tác dụng lên khung máy bay trong mọi hoạt động bay, chẳng hạn như cất cánh, hạ cánh và bay hành trình, trong số những hoạt động khác, tính khả dụng của các quy trình phù hợp và giá cả phải chăng để sản xuất chúng và cuối cùng là tính hiệu quả về chi phí.

Do đó, khoa học và công nghệ vật liệu hàng không vũ trụ đã trải qua sự phát triển nhanh chóng, từ thiết kế vật liệu composite vĩ mô đến vi mô, đến việc sử dụng các hệ thống có cấu trúc nano, đặc biệt là trong 10 - 15 năm qua. Theo cách này, người ta có thể sản xuất các thành phần máy bay có các đặc điểm rất cụ thể (tức là liên quan đến mật độ của vật liệu được sử dụng), đáp ứng nhu cầu sử dụng các thành phần và bộ phận nhẹ nhất có thể, có thể cung cấp khả năng chống nhiệt, cơ học và môi trường cần thiết trong quá trình vận hành máy bay.

Trong bối cảnh này, một số những vật liệu này thường được sử dụng để sản xuất các bộ phận hoặc thành phần "quan trọng" (như khung máy bay, cánh, đáy đuôi và thân máy bay) nhằm cung cấp cho máy bay sự an toàn cần thiết. Yếu tố chính phải được xem xét cụ thể để lựa chọn vật liệu

(*) *Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt (Học viện Kỹ thuật quân sự)*
(**) *Trường Đại học Công đoàn*



Hình 1. Tài liệu ứng dụng lưu biến của hãng Anton Paar.

hàng không vũ trụ phù hợp và đáng tin cậy là các đặc tính lý hóa học và cơ học của chúng. Ví dụ, mật độ, độ cứng, độ bền cơ học và khả năng chịu hư hỏng, cũng như khả năng chống ăn mòn và mài mòn ngay cả ở nhiệt độ cao.

Vì những lý do này, quá trình sản xuất máy bay thường liên quan đến việc sử dụng các loại vật liệu khác nhau, chẳng hạn như thép, hợp kim nhôm và titan, gỗ và vật liệu composite gia cố sợi. Theo cách này, có thể đạt được sự thỏa hiệp có thể chấp nhận được giữa các vấn đề về tiết kiệm nhiên liệu và hiệu suất bay, thường đại diện cho các yếu tố tương phản các loại vật liệu composite đã được sử dụng để thiết kế và sản xuất máy bay.

Để đánh giá các tính năng già hóa theo thời gian, khả năng chịu lực, chịu nhiệt cần có bài toán thí nghiệm, mô phỏng tính toán. Do đó, các công nghệ và kỹ thuật thí nghiệm lưu biến là cần thiết để phát triển vật liệu bay.

3. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LƯU BIẾN LÀM CHỦ KHÔNG GIAN BIỂN

Tương tự như công nghệ tàu vũ trụ, công nghệ đóng tàu biển trên mặt, các loại tàu ngầm cũng cần sử dụng và phát triển công nghệ vật liệu. Đặc biệt công nghệ chế tạo vật liệu mới cần đáp ứng tuổi thọ, chịu nhiệt, ổn định theo thời gian nên các thiết bị xác định tính chất cho vật liệu mới là công nghệ lõi để đánh giá chất lượng cũng như điều chỉnh thành phần các loại vật liệu này.

4. ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ LƯU BIẾN LÀM CHỦ KHÔNG GIAN NGẦM

Các loại công trình ngầm quan trọng như: hầm tàu ngầm kilo, công trình ngầm đô thị đều liên quan đến quá trình biến đổi tính chất: đất ba pha, cố kết, từ biến, lưu biến, truyền nhiệt. Do đó, cần các thiết bị nghiên cứu các tham số nghiên cứu xác định các tham số phục vụ thiết kế, thi công, quản lý chất lượng công trình.

Để thấy rõ hơn ứng dụng công nghệ lưu biến khi đào hầm, tác giả tiến hành phân tích sự cố sập hầm ở Hàn Quốc theo định tính như sau:

Tóm tắt sự cố: Một phần công trường tuyến tàu điện ngầm mới ở Gyeonggi bị sập khi đang thi công ở độ sâu 30 m, khiến một công nhân mắc kẹt. Sự cố xảy ra lúc 15h17 ngày 11/4/2025 tại đoạn công trường xây dựng tuyến tàu điện ngầm Sinansan mới ở gần ngã tư Yangji, Gwangmyeong, tỉnh Gyeonggi, Hàn Quốc.

Sự cố khiến phần đường ở ngã tư sụp xuống, các tòa nhà thương mại xung quanh bị hư hại. Giới chức Hàn Quốc đã đóng cửa các con đường nối thành phố Gwangmyeong và Anyang trong tỉnh vào sáng sớm cùng ngày, sau khi phát hiện nguy cơ sụt lún tại công trường. (Hình 2)

Hàn Quốc sơ tán 2.300 người dân sống gần hiện trường vụ sập hầm tàu điện ngầm ở Gyeonggi, đề phòng nguy cơ tiếp tục có thêm thiệt hại. Đáng chú ý, trước khi tai nạn xảy ra khoảng 03 giờ đồng hồ (lúc 12h30), một số cột trụ trung tâm trong đường hầm, vốn đang được thi công theo kết cấu hai vòm, đã xuất hiện hiện tượng nứt vỡ.

Ngay sau đó, chính quyền địa phương đã quyết định phong tỏa toàn bộ giao thông tại các tuyến đường xung quanh nhằm đảm bảo an toàn. Vụ sập hầm cũng gây ảnh hưởng đến một số tuyến đường trên mặt đất và các cơ sở kinh doanh trong khu vực.

Để giải thích hiện tượng sập hầm, đầu tiên xét lý thuyết lưu biến liên quan đến hiện tượng sập đổ lũy tiến như sau: (Hình 3)

Trên hình 3: góc β và θ là vùng ảnh hưởng của hai lớp đất khi khai đào công trình ngầm, giá trị góc β và θ phụ thuộc góc ma sát trong (φ) và lực dính kết (c), giá trị góc β và θ sẽ thay đổi theo giá trị các lớp đất khác nhau: lớp đất càng yếu thì vùng mở rộng càng tăng. Khi biến dạng dẻo tăng tức là khi đào hầm có chuyển vị thì vùng ảnh hưởng sẽ được mở rộng, tăng tải trọng lên kết cấu chống, khi kết cấu chống không đủ khả năng mang tải sẽ xảy ra sự cố. Lý thuyết này cũng đúng trong trường hợp hố đào sâu, nhưng sơ đồ tính khác đi một chút, trong nội dung bài báo này sẽ không phân tích chi tiết cụ thể quá về mặt khoa học.

Như vậy, trước khi sập hầm, đã có hiện tượng nứt vỡ trụ cột, khả năng mang tải không đảm bảo. Có thể mắc sai lầm trong thiết kế kết cấu chống đỡ, khi các trụ cột mất khả năng mang tải, kéo theo gia tăng chuyển vị đất đá và làm thay đổi giá trị góc ma sát trong (φ) và lực dính kết (c) vùng ảnh hưởng.

Trên hình 3: góc β và θ sẽ giảm dần và làm tăng vùng ảnh hưởng, tải trọng lên kết cấu. Nếu có nhiều lớp đất thì sẽ có nhiều đường gấp khúc mô tả vùng ảnh hưởng thay đổi ở các lớp đất khác nhau. Thời gian, tăng tải trọng tùy thuộc vào tốc độ giảm góc ma sát trong (φ) và lực dính kết (c) vùng ảnh hưởng.



Hình 2. Hiện trường vụ sập công trình xây dựng tàu điện ngầm ở tỉnh Gyeonggi, Hàn Quốc, ngày 11/4/2025. Ảnh: Daum.

Do đó, trước khi sụp đổ con người vẫn có khả năng nhận biết, xử lý. Tuy nhiên, nếu không có thí nghiệm, kinh nghiệm về công nghệ lưu biến thì rất khó có thể đưa nhanh giải pháp chống đỡ và xác định vùng ảnh hưởng. Chính vì vậy, sau sự cố Chính phủ đã còn thời gian để quyết định sơ tán 2.300 hộ dân sống xung quanh.

Theo thời gian vật liệu bị già hóa, cũng như đất đá xung quanh giảm khả năng mang tải. Do đó, các công trình ngầm, ga tàu điện ngầm thường xảy ra hư hỏng theo chu kỳ và tiến hành bảo dưỡng gia cố. Trong nguyên tắc thiết kế công trình ngầm cần xác định vùng ảnh hưởng của công trình ngầm.

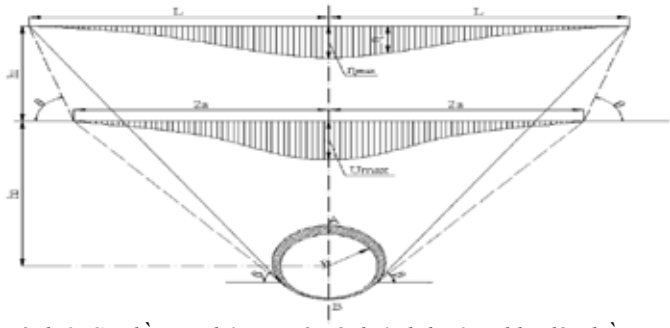
Theo hình 4, vùng ảnh hưởng của hố đào là 3 lần chiều sâu hố đào, với chiều sâu hố đào là 20 m thì phạm vi ảnh hưởng là 60 m hoặc lấy bằng 3 lần chiều rộng hố đào (trong trường hợp bề rộng hố đào lớn hơn chiều sâu).

Do đó, nguyên tắc bố trí hố đào, ga ngầm là chọn lựa nơi địa chất tốt hoặc cách các công trình quan trọng, hồ nước sâu từ 500 - 1.000 m (thêm phạm vi an toàn, trong trường hợp xảy ra sự cố). Mặt khác, trong quá trình sử dụng, cũng hư hỏng và phải bảo trì nên cần giữ khoảng cách an toàn đối với các di tích lịch sử, hồ nước, bờ sông… là những đối tượng dễ bị ảnh hưởng, tổn thương. (Hình 4)

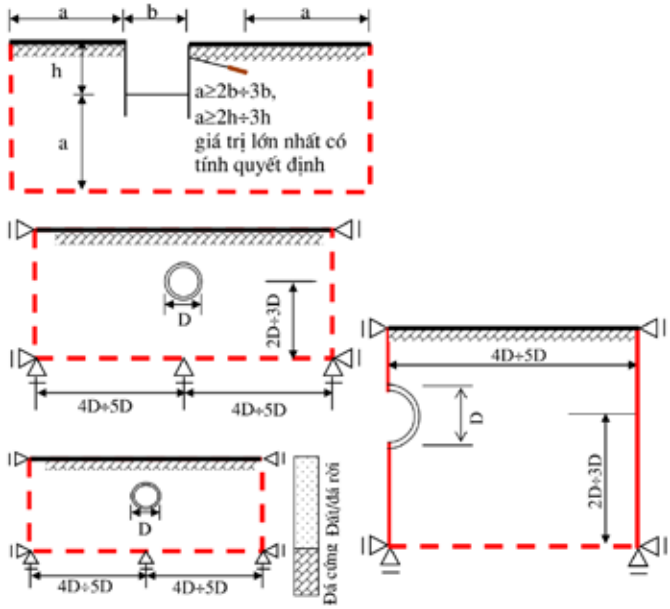
5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Công nghệ lưu biến đã được các nước thừa nhận và ứng dụng trong rất nhiều các bài toán kỹ thuật, đáp ứng từ công nghệ không gian vũ trụ, không gian biển và không gian ngầm. Trong nội dung bài báo tác giả đã phân tích và vận dụng giải thích hiện tượng sập hầm ở Hàn Quốc. Tuy nhiên, để có hiểu biết sâu và nắm vững công nghệ cần tiến hành đầu tư nghiên cứu thiết bị, máy móc thí nghiệm các tính chất lưu biến của đất/đá.

Công nghệ lưu biến có thể dùng chung cho rất nhiều ngành khác nhau, đáp ứng phát triển công nghệ vật liệu và kiểm soát sự cố công trình ngầm trong quá trình thi công, cũng như dự báo tuổi thọ, phân tích sự cố và phòng ngừa rủi ro tai biến địa chất. Bộ Xây dựng cần thừa nhận công nghệ



Hình 3. Sơ đồ mô phỏng quá trình ảnh hưởng khi đào hầm hoặc sửa chữa công trình ngầm.



Hình 4. Kích thước tối thiểu phạm vi nền khảo sát của sơ đồ tính theo hướng dẫn của Hội Địa kỹ thuật Đức.

này và đưa vào công nghệ chiến lược nhằm phát triển xây dựng các công trình đặc biệt của đất nước như: metro, nhà máy điện hạt nhân, đường sắt cao tốc, hầm sâu…

Trong nội dung bài báo cũng phân tích phạm vi ảnh hưởng của hố đào, ga ngầm nhằm đưa ra những lựa chọn, quy hoạch Metro tránh hư hỏng, và các sự cố tới các công trình dễ bị tổn thương.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Nguyễn Quang Phích, Nguyễn Văn Mạnh, Đỗ Ngọc Anh. Phương pháp số chương trình Plaxis 3D và Udec. Nhà xuất bản Xây dựng, 20027.

2. Anton Paar. Applied Rheology. Hardcover - January 1, 2014.

3. Goodman R. E. (1989), Introduction to Rock Mechanics (2nd Edn.), John Wiley.

4. Yu C. W (1998), Creep characteristics of soft rock and modelling of creep in tunnel, University of Bradford.

5. B. Ladanyi and D. E. Gill, Desingn of tunnel linings in a creep rock, International Journal of Mining and Geological Engineering, 1988, 6, 113-126.

6.https://vnexpress.net/sap-ham-tau-dien-ngam-dang-thi-cong-o-han-quoc-4872883.html.

Phân tích TOD **trên quan điểm đa chiều**



LÊ ANH TUẤN*



TRẦN TRUNG ĐỨC*

Mô hình TOD ở nhiều nước trong khu vực, trên thế giới cũng bộc lộ nhiều bất cập, rủi ro, từ đó đặt ra vấn đề cần cái nhìn tổng quan và đánh giá đa chiều khi áp dụng TOD ở Việt Nam.

Bản quy hoạch Metro Hà Nội mô phỏng quy hoạch của các nước châu Á, lồng ghép TOD vào phát triển hệ thống giao thông công cộng. Nhưng tình hình kinh tế, kỹ thuật, môi trường có nhiều thay đổi, cần cái nhìn tổng quan và đánh giá đa chiều để tránh những rủi ro và thất bại khi áp dụng máy móc, dập khuôn mà mô hình TOD cũng bộc lộ nhiều bất cập, rủi ro.

Trong khuôn khổ bài viết, tác giả tổng hợp kinh nghiệm áp dụng TOD của một số nước và ý kiến phân tích của các chuyên gia khác, kết hợp phân tích trên yếu tố kỹ thuật để thấy rõ việc phát triển nhanh hệ thống Metro không phải là vấn đề đơn giản.

1. LƯỢC SỬ PHÁT TRIỂN VÀ CÁC QUAN ĐIỂM VỀ MÔ HÌNH PHÁT TRIỂN ĐÔ THỊ THEO ĐỊNH HƯỚNG GIAO THÔNG - TOD Ở NHẬT BẢN

Tokyo là một thành phố trẻ so với các thành phố khác trên thế giới. Tokyo trở thành Thủ đô của Nhật Bản vào những năm 1600 và phát triển thành một thành phố trung chuyển, do đó tuyến đường sắt được đưa vào sử dụng sớm ngay sau thời kỳ Duy Tân Minh Trị năm 1868. Việc cải thiện đường bộ, đường không phát triển cho đến tận những năm 1960, với việc cơ giới hóa ở Nhật Bản trong khoảng thời gian này. Mặc dù việc xây dựng đường cao tốc bắt đầu sau Thế chiến thứ II, Nhật Bản vẫn cam kết phát triển đô thị lấy đường sắt làm trung tâm sau chiến tranh.

Trong thời kỳ tăng trưởng kinh tế của Nhật Bản từ năm 1955 - 1970, thành phố đã phải chịu tình trạng tắc nghẽn nghiêm trọng do mật độ dân số cao ở các khu vực đô thị. Chính phủ đã học được cách tiếp cận sự phát triển của thành phố tương đối sớm bằng một mạng lưới đa nút, để tránh tình trạng quá tải ở một khu vực cụ thể. Tokyo đã phát triển nhiều khu phố có đặc điểm riêng biệt, thay vì có một khu vực trung tâm chính.

Có 3 cách mà TOD ở Tokyo rất thành công. Cách đầu tiên liên quan đến việc thiết kế cơ sở hạ tầng tàu hỏa phù hợp chặt chẽ với lối sống hàng ngày của cư dân. Trong khi các nhà ga tàu điện chính trong khu vực đô thị gần các cửa hàng bán lẻ quy mô lớn như các cửa hàng bách hóa, thì các vùng ngoại ô tạo ra các điểm thu hút thứ cấp, thông qua các cơ sở giải trí như rạp chiếu phim và suối nước nóng.

Như có thể thấy trong sơ đồ bên dưới, TOD Tokyo hỗ trợ cuộc sống của những người đi làm hàng ngày, đi vào thành phố vào các ngày trong tuần và tận hưởng các hoạt động giải trí vào những ngày nghỉ. Các cơ sở giáo dục cũng được đặt ở các khu vực ngoại ô, dự đoán sinh viên sẽ dành phần lớn thời gian trong khuôn viên trường trong khi dành các hoạt động giải trí trong thành phố, do đó thúc đẩy dòng người hai chiều.

Mô hình phát triển TOD này không chỉ có lợi cho cư dân mà còn thúc đẩy việc sử dụng các tuyến đường sắt cho mục đích sử dụng hàng ngày, tăng lượng hành khách đi tàu và do đó tăng doanh thu cho các công ty đường sắt.

Thứ hai, TOD của Tokyo cũng thành công thông qua các chính sách và hoạt động phân vùng linh hoạt. Các nhà ga xe lửa sử dụng 2 mô hình tăng trưởng. Mô hình đầu tiên đồng bộ hóa phát triển tòa nhà với xây dựng cơ sở hạ tầng đường sắt. Mô hình thứ hai liên quan đến sự tăng trưởng ở các trung tâm thành phố giúp tăng cường hoạt động kinh doanh và thương mại. Cả hai mô hình này đều yêu cầu phát triển tòa nhà phù hợp xung quanh các nhà

(*) *Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt (Học viện Kỹ thuật quân sự)*



ga mới giúp tăng giá trị đất đai và thu hút mọi người đến các nhà ga mới.

Sau khi xác định được vị trí của nhà ga xe lửa và các cơ sở xung quanh cần thiết, các nhà quy hoạch thành phố sẽ điều chỉnh các yêu cầu phân vùng như: xác định chiều cao tòa nhà tối thiểu, FAR (tỷ lệ diện tích sàn) và các loại tòa nhà được phép (thương mại, công nghiệp, dân cư, v.v.).

Quy hoạch thành phố thường được phối hợp giữa các cấp chính quyền khác nhau ở Nhật Bản, từ cấp thành phố và cấp tỉnh, bao gồm cả sự giám sát của tổ chức quốc gia MLIT (Bộ Đất đai, Cơ sở hạ tầng, Giao thông vận tải và Du lịch). FAR cao hơn được phân bổ cho các khu vực gần nhà ga có lượng hành khách sử dụng cao hơn.

Do đó, các nhà ga xe lửa là một phần không thể thiếu của quy hoạch thành phố nói chung và quyết định phần lớn việc phân vùng trong Tokyo. Việc điều chỉnh phân vùng cùng với phát triển đường sắt đảm bảo khả năng sinh sống và tính bền vững của các khu dân cư địa phương. Điều này đảm bảo cộng đồng có thể tiếp cận các nhu cầu thiết yếu như cửa hàng tạp hóa, ngân hàng, phòng khám, công viên, bưu điện, hiệu thuốc và nhà hàng trong bán kính 10 phút đi bộ từ nhà ga.

Khía cạnh thứ ba và quan trọng nhất của Tokyo TOD là cung cấp trải nghiệm chất lượng tốt khi sử dụng phương tiện giao thông công cộng. Nhìn chung, phương tiện giao thông công cộng có thể mang lại hình ảnh mất vệ sinh, bất tiện hoặc thiếu an ninh công cộng.

Do đó, điều quan trọng là thiết kế phương tiện giao thông công cộng phải tạo ra trải nghiệm dễ chịu và môi trường an toàn. Điều này bao gồm thiết kế khả năng tiếp cận cho người già và người khuyết tật bằng cách tích hợp thang máy, thang cuốn và lát vỉa hè xúc giác cho người khiếm thị. (Hình 1)

Ba khía cạnh chính của TOD Tokyo đã đưa Tokyo trở thành một thành phố năng động theo định hướng quá cảnh, ưu tiên trải nghiệm của người đi bộ. TOD là một khái niệm tương đối mới, được giới thiệu vào những năm 1990 nhằm đáp lại những lời chỉ trích ở Hoa Kỳ với các khu vực ngoại ô phụ thuộc gần như hoàn toàn vào giao thông ôtô và mật độ đô thị thấp. Phát triển TOD vốn có trong quy hoạch đô thị ở Tokyo, tạo ra một TOD theo phong cách Nhật Bản với 3 khía cạnh chính được mô tả ở trên.

Tuy nhiên, Tokyo cũng gặp phải vấn đề khi áp dụng triệt để TOD. Về tổng thể, hệ thống không gian ngầm của Nhật Bản được sắp xếp theo thứ tự: đường ống cấp nước; đường ống dẫn gas, dẫn điện, điện thoại và ống nước thải; các tuyến đường tàu điện ngầm và hầm đường bộ; và các công trình ngầm khác như: đường cáp Internet, hệ thống sưởi ấm khu vực. Điều quan trọng ở đây là các công trình ngầm này được xây dựng đồng bộ để tránh khỏi tình trạng "đào lên lấp xuống" nhiều lần.

Như vậy, TOD chưa đề cập đến vấn đề thoát nước mưa, thủy triều và TOD không có khả năng chống ngập như định nghĩa ban đầu của nó. Trong bối cảnh thiệt hại về bão ngày một lớn trên toàn cầu. Theo báo cáo, 212 km^2, tức khoảng 30% diện tích khu vực trung tâm thủ đô Tokyo, có thể bị ngập dưới 10 m nước lũ nếu một trận siêu bão đổ bộ vào.

Chính quyền địa phương cho biết một trận bão mạnh như vậy có thể ảnh hưởng tới 3,95 triệu người, tức 25% cư dân của thành phố 13,7 triệu dân này, nhấn chìm các quận kinh doanh và vui chơi giải trí ở khu trung tâm, cũng như các ga đường sắt lớn.

Đặc biệt, khu vực phía Đông, gần sông Arakawa có thể



Hình 1. Ngập lụt nghiêm trọng đang diễn ra tại hầu hết các quận trung tâm của Tokyo. Ảnh: NHK.

trong tình trạng ngập lụt triền miên 1 tuần liền nếu sóng lớn vượt qua các đê sông ở Cảng Tokyo.

Dựa trên dự báo của báo cáo này, chính quyền Thủ đô Tokyo đã lên phương án sơ tán dân, các biện pháp phòng ngừa và xem xét lại cách thức đưa ra cảnh báo bão tới người dân địa phương.

Bão lớn thường đổ bộ vào đất nước Mặt trời mọc, gây lở đất và lụt lội và thương vong lớn. Nhằm giúp Thủ đô Tokyo không bị ngập lụt mỗi khi mùa mưa đến, Chính phủ Nhật Bản đã xây dựng một trong những hệ thống ngầm chống ngập lớn nhất thế giới. Hệ thống đường hầm có tên Kênh xả ngầm bên ngoài khu vực đô thị (G-cans) của Nhật Bản được ví như một chiếc phễu, hứng nước từ các khu vực chung quanh rồi đổ ra sông Edogawa qua một đường hầm dài 6,3 km, nằm sâu 50 m dưới lòng đất.

Nếu áp dụng các bản quy hoạch Metro như hiện nay, với tình hình lũ lụt với 40 điểm ngập úng nặng như Hà Nội thì chúng ta có công nghệ để làm hệ thống thu gom nước mưa như Tokyo. Không làm chủ được công nghệ, phụ thuộc vào nước ngoài nguy cơ ngập lụt và trả giá là rất lớn nếu không chủ động công nghệ, cũng như việc quy hoạch lại hệ thống Metro và dành phần không gian ngầm cho hệ thống thoát nước mưa.

2. MỘT SỐ QUY HOẠCH ÁP DỤNG TOD Ở MỘT SỐ NƯỚC KHÁC VÀ TÌNH HÌNH NGẬP LỤT

Như dự án ở Bangkok trị giá 3,2 tỷ USD, quy mô 17 ha, họ đã dành 8 ha cây xanh mặt nước, tạo ra cảnh quan chất lượng cao, tổ chức nhiều hoạt động văn hóa - nghệ thuật. Dự án này thu hút nguồn vốn đầu tư không chỉ là trong nước mà cả kênh kết nối đầu tư quốc tế nữa, thu hút nguồn nhân lực cao trên toàn thế giới đến Bangkok làm việc.

Dự án Bandar ở Kuala Lumpur, Malaysia, có sân bay quân sự rộng tới 200 ha mà họ đã di dời, 5 đầu mối giao thông quan trọng chạy qua. Dự án khởi động cách đây 15 năm, dự kiến đầu tư 34 tỷ USD, nhưng đến nay mô hình đầu tư phải thay thế vài lần. Họ chuyển định hướng từ chỉ phát triển giao thông TOD sang định hướng phát triển TOC (cộng đồng định hướng giao thông).

Các nước châu Á cũng áp dụng TOD nhưng việc úng ngập cũng đe dọa sự tồn tại của các thành phố này. Nguy cơ ngập lụt đối với Bangkok hình thành từ 3 yếu tố: mưa lớn, thủy triều cao và sự dâng lên của sông Chao Phraya. Khi cả 3 yếu tố kết hợp với nhau, nước nhấn chìm Bangkok và chia nó thành nhiều phần. Cơ sở hạ tầng hiện tại của Bangkok không thể chống được sự kết hợp của 3 yếu tố đó. (Hình 2)

Lượng mưa đổ xuống Thủ đô Kuala Lumpur, Malaysia chỉ trong hai giờ nhưng bằng cả nửa tháng bình thường gây ngập lụt nhiều nơi. Cảnh tượng xảy ra ngày 07 - 08/3/2022 có thể khiến những người sử dụng ôtô cảm thấy bất an, lo lắng. Vô số phương tiện nằm chìm tới nửa hoặc sâu hơn dưới nước.

Trên khắp mạng xã hội, nhiều người chia sẻ ảnh và video về những bãi đỗ xe với rất nhiều ôtô ngập tới nửa thân, thậm chí gần tới nóc, những dòng lũ cuồn cuộn qua những con phố nhỏ, và những chiếc xe chìm trong nước ngập trên những con đường lớn. (Hình 3)



Hình 2. Ngập lụt ở Bangkok, Thái Lan.



Hình 3. Ngập lụt ở Kuala Lumpur, Malaysia. Ảnh: Bernama.

3. PHÂN TÍCH TÌNH HÌNH KINH TẾ - XÃ HỘI ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHIẾN LƯỢC TOD

Với tiềm năng trong tương lai, mô hình TOD đã mở ra nhiều cơ hội cho các doanh nghiệp đầu tư xây dựng các dự án, khu đô thị... Trong đó, xu hướng đầu tư phát triển BĐS theo hạ tầng không phải mới nhưng sẽ là lực đẩy cho các doanh nghiệp BĐS Việt Nam. Bởi vì, sự đột phá về hạ tầng chính là bệ phóng để tăng giá trị và tăng thanh khoản cho các dự án TOD nhờ mạng lưới hạ tầng giao thông phát triển.

Mô hình TOD đã khuyến khích doanh nghiệp BĐS mua lại quỹ đất 2 bên đường, phát triển các dự án tầm cỡ. Việc khai thác tốt quỹ đất 2 bên các tuyến đường mới mở hay tại các nhà ga của các tuyến Metro tạo môi trường kinh doanh minh bạch trong đấu giá, thu hút nhà đầu tư, thành phố bù đắp được khoản tiền đã bỏ ra đầu tư hạ tầng, từ đó đem tái đầu tư ở các dự án khác. Từ đây, thị trường sẽ đón nhận nhiều nguồn cung mới từ những dự án sạch về pháp lý.

Nhưng thực tế hiện nay, trên nhiều tuyến phố tại Hà Nội, đặc biệt là ở các tuyến phố cổ hay các tuyến phố được đánh giá là "địa điểm vàng" để kinh doanh như: Nguyễn Lương Bằng, Tôn Đức Thắng, Kim Mã… các cửa hàng, mặt bằng đóng cửa, treo biển cho thuê tiếp tục diễn ra…

Nói về nguyên nhân khiến nhà phố đang và sẽ gặp khó trong việc cho thuê, đại diện Hội Môi giới BĐS Việt Nam cho rằng, giá thuê nhà quá cao, trong khi đó việc làm ăn kinh doanh khó khăn khiến nhiều người không dám chi trả một khoản tiền lớn vào chi phí mặt bằng.

Bên cạnh đó, việc phát triển của thương mại điện tử cũng khiến hoạt động mua sắm diễn ra đa dạng, linh hoạt hơn. Kể từ đại dịch Covid-19 đến nay, người dân đã dần hình thành thói quen và có xu hướng mua sắm online trên các sàn thương mại điện tử nhiều hơn, vừa có giá ưu đãi hợp lý vừa tiện lợi nhanh chóng, ít mất thời gian đi lại. Sự chuyển dịch này đã ảnh hưởng trực tiếp đến các cửa hàng bán lẻ, đặc biệt là tại các khu trung tâm, nơi có mật độ giao dịch cao.

Tình hình kinh tế hiện nay đã khác xa thời kỳ vài chục năm trước khi thương mại điện tử, buôn bán online phát triển. Việc các nước áp dụng thành công TOD vào thời kỳ cách đây vài chục năm, với lý luận có thể thu được tiền từ BĐS xung quanh các dự án TOD, nhưng hiện nay đã không còn đúng với thực tế nên khả năng thiếu vốn, bù lỗ do áp dụng TOD và phụ thuộc vào nước ngoài là tất yếu khi áp dụng tại Việt Nam.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc áp dụng TOD ở Việt Nam còn khó khăn khi chưa có hành lang pháp lý, thủ tục thu hồi đất phức tạp, giá đất không còn rẻ như trước. Mặt khác, thực tiễn chứng minh việc áp dụng TOD có thành công ở các nước châu Á nhưng các nước này đang bị ngập nặng do TOD chiếm hết phần không gian lòng đường, bê tông hóa đô thị, mất phần không gian ngầm nằm nông để thoát nước. Muốn thoát nước mưa thì cần đào sâu xuống như Nhật Bản nhưng công nghệ đào hầm sâu thì các nước đi sau lại chưa có.

Hà Nội cần phải nghiên cứu, ưu tiên hệ thống thoát nước mưa. Quy hoạch lại phần không gian ngầm và hệ thống Metro để hài hòa giữa giao thông và thoát nước mưa. Tự chủ, phát triển công nghệ riêng để giảm giá thành xây dựng và bảo trì hệ thống công trình ngầm.❖

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Lê Chính Trực - Tổ chức không gian tại khu vực phát triển theo định hướng giao thông - TOD đối với đô thị trung tâm Hà Nội. Luận án Tiến sỹ, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, 2023.

2. Công ty Almec, Công ty tư vấn OCG, (2015) - Dự án nghiên cứu thực hiện phát triển ĐSĐT gắn kết với phát triển đô thị ở Hà Nội, Việt Nam (HAIMUD2).

3. Trần Thị Lan Anh - Chiến lược, Chính sách phát triển đô thị Việt Nam (Vùng thủ đô Hà Nội và Vùng TP.HCM).

4. Castalia, - PPP Feasibility Analysis of Hanoi MRT Lines 5 and 8.

5. Hideo Kurimura, 2014 - Công nghệ để xây dựng thành công Cộng đồng Gắn kết với giao thông.

6. https://www.re-thinkingthefuture.com/architectural-community/a12071-lessons-from-tod-in-tokyo/.

7. https://vov.vn/xa-hoi/trien-khai-tod-can-cach-tiep-can-moi-post1162757.vov.

BIẾN CẢNG BIỂN TRỞ THÀNH HẠT NHÂN CỦA KINH TẾ BIỂN:

Đừng bỏ lỡ thời cơ!



MINH THÀNH (thực hiện)

Trong chiến lược phát triển kinh tế biển, ngành hàng hải nói chung và cảng biển nói riêng đóng vai trò đặc biệt quan trọng. Là một quốc gia ven biển, Việt Nam có rất nhiều lợi thế để phát triển hệ thống cảng biển, biến nó trở thành hạt nhân của kinh tế biển. Chung quanh nội dung này, BTV Tạp chí Xây dựng đã có cuộc trò chuyện với ông **Hồ Kim Lân** - Tổng Thư ký Hiệp hội Cảng biển Việt Nam.

HỐI THÚC NHU CẦU ĐỔI MỚI MANG TÍNH CHIẾN LƯỢC

Thưa ông, là người gắn bó và chứng kiến sự phát triển của hệ thống cảng biển Việt Nam, hình dung lại, cảm nhận bây giờ của ông như thế nào?

- Bạn đang khiến tôi thật sự khó đưa ra một nhận xét đầy đủ bởi đến hôm nay, hệ thống cảng biển Việt Nam đã có nhiều thay đổi mạnh mẽ. Hơn 20 năm qua, hệ thống cảng biển nước ta đã phát triển vượt bậc cả về chất và lượng, hình thành các khu bến tổng hợp, container, cảng chuyên dùng hiện đại và cảng cửa ngõ quốc tế thuộc mạng lưới vận tải hàng hải quốc tế tại hai đầu đất nước.

Ông có thể nêu một vài ví dụ minh chứng?

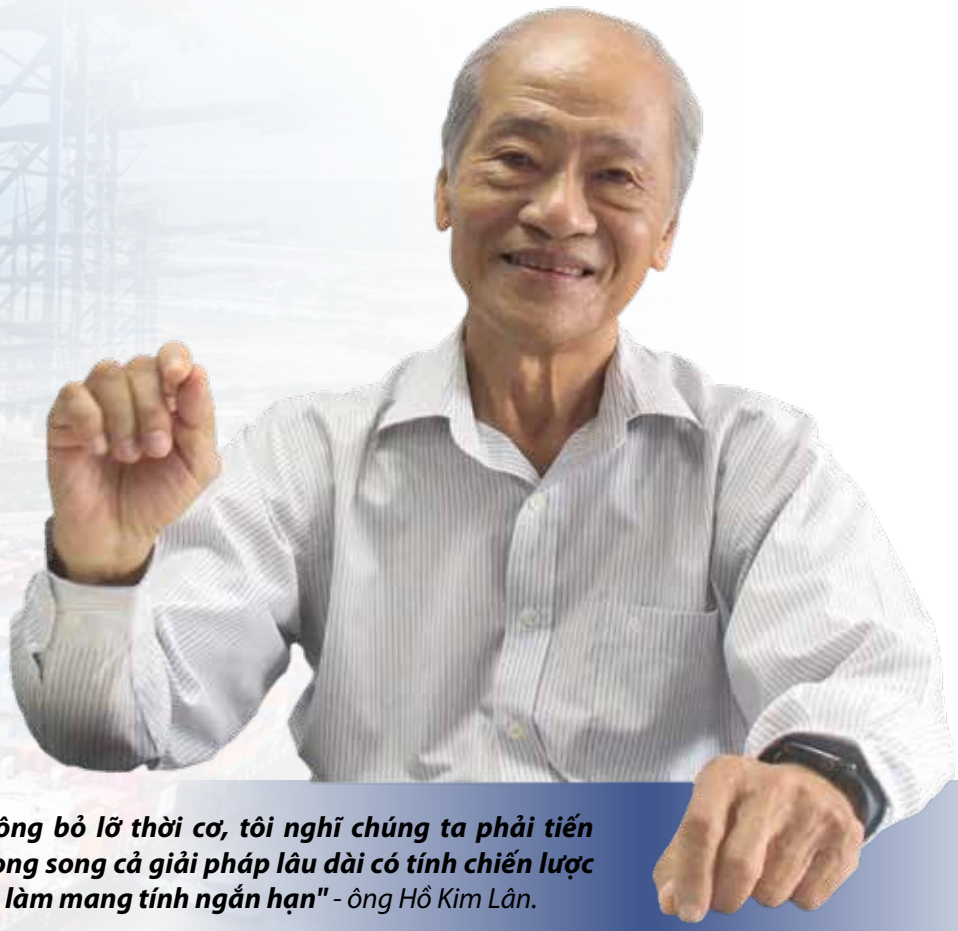
- Nhiều chứ! Ví dụ như lượng hàng container qua cảng biển Việt Nam khoảng năm 2000, đạt 1,14 triệu TEUs, chiếm 16% tổng lượng hàng hóa thông qua cảng biển, thì đến nay, con số này đã tăng khoảng 40 lần và tốc độ tăng trưởng rất nhanh, trung bình khoảng 11,7%/năm.

Tại các cảng mới bây giờ như Nam Hải - Đình Vũ, Vip Green Port, Lạch Huyện… ở thành phố cảng Hải Phòng, hiện đại ngang ngửa các nước trong khu vực. Ở phía Nam, những cẩu cổng khổng lồ, sừng sững tại các cụm cảng container lớn nhất cả nước như Cái Mép - Thị Vải, Cát Lái… đủ năng lực đón tàu trọng tải lớn nhất thế giới làm hàng, với sản lượng container thông qua chiếm tới trên 70% tổng sản lượng cả nước.

Việt Nam chúng ta là một quốc gia ven biển, với vùng lãnh hải và vùng đặc quyền kinh tế rộng lớn, có diện tích trên 1 triệu km^2. Bờ biển Việt Nam trải dài trên 3.260 km, với nhiều cửa ngõ thông thương và gần các tuyến hàng hải quốc tế, tạo lợi thế lớn cho chiến lược phát triển kinh tế biển.

Nghị quyết Hội nghị lần thứ 8 BCH Trung ương Đảng khóa XII (Nghị quyết số 36-NQ/TW ngày 22/10/2018) về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 cũng xác định, đối với kinh tế hàng hải, trọng tâm là khai thác có hiệu quả các cảng biển và dịch vụ vận tải biển. Quy hoạch, xây dựng, tổ chức khai thác đồng bộ, có hiệu quả các cảng biển tổng hợp, cảng trung chuyển quốc tế, cảng chuyên dùng gắn với các dịch vụ hỗ trợ; xây dựng hoàn thiện hạ tầng logistics và các tuyến đường giao thông, kết nối liên thông các cảng biển với các vùng, miền, địa phương trong nước và quốc tế. Đẩy mạnh phát triển đội tàu vận tải biển với cơ cấu hợp lý, ứng dụng công nghệ hiện đại, nâng cao chất lượng dịch vụ, đáp ứng nhu cầu thị trường vận tải nội địa, tham gia sâu vào các chuỗi cung ứng vận tải, từng bước gia tăng thị phần quốc tế.

Ông vừa nhắc đến Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam. Yếu tố chủ trương đổi mới trong lĩnh vực phát triển kinh tế biển là một trong những động lực



***"Để không bỏ lỡ thời cơ, tôi nghĩ chúng ta phải tiến hành song song cả giải pháp lâu dài có tính chiến lược và cách làm mang tính ngắn hạn"** - ông Hồ Kim Lân.*

cho sự phát triển của lĩnh vực này, thưa ông?

- Đúng vậy! Quy hoạch phát triển tổng thể hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030 tầm nhìn đến năm 2050 theo quy định mới của Luật Quy hoạch đã tăng khung thời gian quy hoạch, tăng tính đồng bộ và vai trò của địa phương trong quy hoạch chi tiết và tổ chức thực hiện quy hoạch. Quy hoạch có nhiều đổi mới hướng đến quy mô phát triển hạ tầng cảng biển mang tính đột phá để thực hiện mục tiêu phát triển của Đại hội XIII của Đảng.

Trong khi đó, chủ trương phát triển kinh tế - xã hội trong nước đang có nhiều điều chỉnh tạo điều kiện và cơ hội phát triển bền vững hơn, tập trung vào nền tảng thể chế, hạ tầng và nguồn nhân lực hướng đến nhiều mục tiêu phát triển đột phá hơn. Về kinh tế biển có mục tiêu tạo năng lực cạnh tranh được với khu vực về hàng container trung chuyển, tăng cường vai trò chủ động hơn của địa phương về hoàn chỉnh quy hoạch và tổ chức thực hiện quy hoạch phát triển kinh tế biển có trọng tâm, trọng điểm, phát huy tiềm năng và lợi thế vùng miền. Bên cạnh đó, biện pháp khai thông thị trường vốn, tăng đầu tư công ưu tiên cho kết cấu hạ tầng, hỗ trợ cho doanh nghiệp về nguồn vốn, lãi suất, thuế khóa đã tạo được động lực phát triển tích cực hơn, trong điều kiện đang có nhiều thay đổi trên phạm vi khu vực thuận lợi cho Việt Nam thu hút đầu tư, phát triển nhanh hơn.

Nhưng thực tế, thời gian qua, tại một số địa phương như Hải Phòng, Bà Rịa - Vũng Tàu, TP.HCM, hệ thống cảng biển cũng đã và đang được ưu tiên đầu tư nhưng giao thông kết nối vẫn là "điểm nghẽn" cần giải quyết?

- Đây là thực tế chúng ta đều nhìn thấy. Một trong những vấn đề chính của cảng biển Việt Nam hiện nay là hạ tầng giao thông kết nối sau cảng và liên vùng đang được giải quyết nhanh hơn là phát triển cơ sở hạ tầng luồng lạch, hành lang giao thông đường bộ kết nối với hậu phương.

Ở phía Nam, từ luồng Cái Mép - Thị Vải, có thể di chuyển đến Bình Dương, Đồng Nai, TP.HCM thuận lợi bằng đường thủy qua sông Gò Gia, sông Đồng Tranh, sông Đồng Nai và sông Sài Gòn, nên vận tải thủy tại khu vực Cái Mép rất sôi động, phương tiện vận tải thủy nội địa trở thành chủ lực, đảm nhận đến gần 90% lượng hàng container thông qua cụm cảng cửa ngõ lớn nhất khu vực này.

Tại Quảng Ninh hiện có 3 khu bến gồm Cái Lân, Cẩm Phả, Yên Hưng và hai bến cảng Vạn Gia, Mũi Chùa đều tiếp nhận được phương tiện thủy ra vào làm hàng qua 2 tuyến hành lang đường thủy quốc gia Quảng Ninh - Hải Phòng - Hà Nội - Việt Trì và Quảng Ninh - Hải Phòng - Thái Bình - Ninh Bình để đi/đến các địa phương như Hải Dương, Hưng Yên, Hà Nội, Phú Thọ.

Ông suy nghĩ như thế nào về tình trạng vùng ĐBSCL, nhu cầu vận chuyển hàng hóa tiêu thụ trong nước và xuất

khẩu của khu vực khoảng 17 - 18 triệu tấn/năm, trong đó, hơn 70% hàng hóa xuất khẩu của vùng phải vận chuyển về các cảng ở Đông Nam Bộ để sang mạn. Dù mạng lưới sông ngòi dày đặc, rất thuận lợi phát triển giao thông thủy nhưng khoảng 70% hàng xuất khẩu từ ĐBSCL lên TP.HCM và Bà Rịa - Vũng Tàu vẫn được vận chuyển bằng đường bộ?

- Chúng ta cần xác định một trong những điểm nghẽn lớn của vận tải thủy trong vùng ĐBSCL là không đồng cấp trên các tuyến vận tải chính: Bán kính cong, hạn chế, trên cùng một tuyến sông nhưng nông sâu các đoạn khác nhau, tĩnh không thông thuyền của các cầu vượt sông thấp nên tàu tải trọng lớn không qua được... Đơn cử, cầu Măng Thít, Chợ Lách 1, Chợ Lách 2, Nàng Hai… chỉ cho thông qua tàu chở container đến hai lớp, làm đội chi phí và thời gian vận chuyển.

Khu vực Đông Nam Bộ, tuyến đường thủy từ Cái Mép kết nối sông Đồng Nai lên các khu công nghiệp ở Bình Dương có tiềm năng hàng hóa rất dồi dào, song cầu Đồng Nai (cũ) lại là vật cản trên hành trình di chuyển do tĩnh không chỉ 5 m nên chỉ dung nạp được sà lan cỡ khoảng 36 TEUs, trong khi luồng lạch hoàn toàn có thể khai thác sà lan đến 90 TEUs, thậm chí hơn. Ngay cả tuyến vận tải sà lan tốt nhất từ Cái Mép đến các ICD khu vực TP.HCM dù có thể khai thác cỡ sà lan 90 TEUs nhưng cả hai đầu lại không có bến cảng dành riêng cho phương tiện thủy làm hàng.

Gần đây, quy hoạch các tuyến đường sắt Bắc - Nam có tuyến kết nối với các khu vực cảng nước sâu hình thành dần các hành lang vận chuyển hàng xuất nhập khẩu khối lượng lớn, ít ô nhiễm và tách biệt với mạng giao thông đô thị đường bộ. Đường sắt trở thành kết nối đột phá nhiều tiềm năng dài hạn cho hệ thống cảng biển nước sâu của Việt Nam. Kết nối giao thông chính cho khu vực phía Nam, đặc biệt là các tuyến đường sắt, đường cao tốc, đường vành đai, hệ thống đường thủy nội địa, đặc biệt cho vùng Đông Nam Bộ và miền Tây được quan tâm nhiều hơn với vai trò tham gia chủ động hơn của địa phương.

Chủ trương kèm theo cơ chế tăng kết nối liên ngành, liên vùng theo trọng điểm, ưu tiên, cũng mở ra nhiều triển vọng, đột phá trong phát triển đồng bộ, dài hạn, có hiệu quả hơn. Nhiều mục tiêu của quy hoạch phát triển liên quan đến hạ tầng cảng biển, phát triển kinh tế biển, cạnh tranh quốc tế... đang tạo khí thế và động lực thuận lợi để vượt qua nhiều thách thức trong đổi mới thể chế quản trị phát triển quy mô vùng miền. Phương thức hợp tác công tư (PPP) được tăng cường để huy động nguồn vốn của xã hội đủ cho nhu cầu tổ chức thực hiện quy hoạch phát triển hạ tầng. Nhu cầu đổi mới mang tính chiến lược then chốt này cần được thể hiện và điều tiết kịp thời trong Bộ Luật Hàng hải mới của Việt Nam.

BÀI TOÁN HUY ĐỘNG NGUỒN LỰC

Vậy là, các vấn đề về phát triển kinh tế biển đang thực sự cần một sự đổi mới hơn nữa, sát với nhu cầu thực tiễn hơn. Trực tiếp về mặt chính sách, có điểm gì cần tháo gỡ, thưa ông?

- Hệ thống cảng biển được chia thành 5 nhóm có khu vực thị trường khác nhau, trong mỗi nhóm chỉ liệt kê những tên cảng biển theo khu vực hành chính địa phương ven biển (thực tế mỗi địa phương còn rất nhiều cảng biển nhỏ lẻ có tên gọi riêng, phát triển và cạnh tranh theo luật doanh nghiệp, chưa tích tụ được năng lực quy mô vùng miền để cạnh tranh quốc tế theo thể chế phát triển cảng biển riêng như các nước). Các chính sách để phát triển đột phá riêng cho mỗi nhóm cảng biển theo nhu cầu đặc thù và tiềm năng vùng miền chưa có. Tất cả cảng biển được quản lý phát triển tập trung từ trung ương theo luật doanh nghiệp và cạnh tranh thị trường.

Riêng trọng điểm đầu tư khai thác cảng container nước sâu, thu hút hàng trung chuyển, cạnh tranh quốc tế về kinh tế biển đang cần có một hệ thống chính sách đầy đủ và phù hợp với thông lệ quốc tế cũng như năng lực quản trị phát triển đổi mới hơn.

Đặc biệt, cần khuyến khích nhà đầu tư khai thác cảng ứng dụng khoa học công nghệ, kỹ thuật hiện đại, công nghệ số và chuyển đổi số trong xây dựng, quản lý, khai thác hệ thống cảng biển; đẩy mạnh chuyển đổi phương tiện, trang thiết bị sử dụng điện, năng lượng xanh hoặc có các biện pháp phù hợp tại các cảng đầu tư mới, đầu tư bổ sung và cảng hiện hữu đáp ứng các tiêu chí cảng xanh. Xây dựng các cơ chế ưu đãi đầu tư đối với các doanh nghiệp cảng xanh, đồng thời đưa tiêu chí cảng xanh là một trong các tiêu chí để cấp có thẩm quyền xem xét lựa chọn nhà đầu tư thực hiện dự án cảng biển. Ưu tiên đầu tư, phát triển, sử dụng hiệu quả hệ thống công nghệ thông tin cơ chế một cửa quốc gia.

Vâng, vẫn là vấn đề nguồn lực. Thưa ông, quy hoạch phát triển tổng thể hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030 tầm nhìn đến năm 2050 đặt mục tiêu rất lớn về năng lực vận tải hàng hóa và hành khách. Vậy, vấn đề huy động nguồn vốn thế nào?

- Về chỉ tiêu năng lực theo kịch bản cao, quy hoạch có định hướng phát triển cụ thể vào năm 2030, hệ thống cảng biển cần đáp ứng nhu cầu thông qua lượng hàng hóa từ 1.140 - 1.423 triệu tấn (trong đó hàng container từ 38 - 47 triệu TEU); hành khách từ 10,1 - 10,3 triệu lượt khách.

Về nhu cầu kinh phí đầu tư, trong trung hạn đến 2030, nhu cầu đầu tư vào hạ tầng cảng biển theo ưu tiên chọn lọc được dự kiến vào khoảng 13 tỷ USD riêng từ vốn ngân sách để đạt được mục tiêu tăng trưởng kinh tế, trong đó, năng lực thông quan của cảng biển về hàng container là 38 - 47 triệu TEU vào năm 2030, gấp đôi sản lượng thông quan hiện nay của Việt Nam và cao hơn sản lượng thông quan hiện có của cảng Singapore. Hơn 90% nhu cầu kinh phí còn lại để đạt được mục tiêu phát triển tổng thể đồng bộ hạ tầng cảng biển theo quy hoạch cần được huy động từ nguồn xã hội hóa.

Theo thống kê của Ngân hàng Thế giới, giai đoạn 2011 - 2015, lĩnh vực đường thủy nội địa chiếm 2 - 3% tổng ngân sách đầu tư cho giao thông, nhưng giai đoạn 2016 - 2020 đã giảm xuống còn 1,5 - 1,8%. Theo nghiên cứu, nếu giảm tỷ trọng đầu tư đường bộ 2 - 3%, không gây tác động nhiều đến hiệu quả vận tải, tăng đầu tư cho đường thủy lên 5 - 7%/năm trong giai đoạn 2021 - 2030, sẽ tăng trưởng vận tải thủy



Theo Cục Hàng hải và Đường thủy Việt Nam, khối lượng hàng hóa thông qua hệ thống cảng biển cả nước trong 4 tháng đầu năm 2025 đạt hơn 342 triệu tấn, tăng 6% so với cùng kỳ năm 2024. Sản lượng hàng container đạt hơn 10 triệu TEU, tăng 6% so với cùng kỳ năm trước.

rất mạnh bởi chi phí trung bình/tấn.km của vận tải đường bộ cao gấp 3 - 5 lần so vận tải thủy. Như vậy, bài toán cân đối ngân sách đầu tư cho đường thủy để giải quyết điểm nghẽn, nâng cao sức cạnh tranh của vận tải thủy cần được đặt ra ở thời điểm này.

Để hệ thống cảng biển không phát triển manh mún, theo ông, cần làm gì?

- Theo Quyết định số 892/QĐ-TTg ngày 26/7/2022 của Chính phủ phê duyệt Đề án phát triển cụm liên kết ngành kinh tế biển gắn với xây dựng các trung tâm kinh tế mạnh thời kỳ đến năm 2030, cả nước có 7 vùng ven biển, với quy mô liên kết phát triển thành những trung tâm kinh tế biển đa dạng, quy mô lớn trong khu vực và châu Á - Thái Bình Dương.

Bên cạnh đó, nhiều dự án quy mô lớn theo vùng miền đã được đưa vào quy hoạch và đang được nghiên cứu triển khai, cụ thể như: Các bến cảng Lạch Huyện nối tiếp HICT, cảng container trung chuyển quốc tế Cần Giờ, cảng Cái Mép hạ và khu thương mại tự do tại Bà Rịa - Vũng Tàu, cảng Liên Chiểu...

Quản lý nhà nước về cảng biển đang cần cơ chế và năng lực quản trị phát triển cảng biển theo quy hoạch và tiềm năng, lợi thế vùng miền; cần có đầu mối chịu trách nhiệm giải trình để quản trị phát triển, thu hút đầu tư tổ chức thực hiện quy hoạch phát triển kết cấu hạ tầng cảng biển theo cơ chế hợp tác công tư (PPP) trong điều kiện hơn 90% kinh phí để phát triển là phải từ nguồn xã hội hóa.

Và còn cần cơ chế đặc thù, thưa ông?

- Như bạn thấy đấy, những năm gần đây, nhiều chủ trương, chính sách của Nhà nước đã nói rõ nội dung này. Nghị quyết 24 về phương hướng phát triển kinh tế - xã hội, bảo đảm quốc phòng, an ninh vùng Đông Nam Bộ đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045 được Bộ Chính trị ban hành ngày 07/10/2022. Chương trình hành động của Chính phủ nhằm phát triển vùng Đông Nam Bộ thành trung tâm tài chính, thương mại, dịch vụ, giao lưu quốc tế của Đông Nam Á; tăng cường kết nối các khu công nghiệp, khu chế xuất để thành cụm liên kết ngành công nghiệp; phát triển TP.HCM là đô thị hạt nhân, tập trung chuyển nhanh sang dịch vụ chất lượng cao, tài chính quốc tế; Bà Rịa - Vũng Tàu thành trung tâm kinh tế biển quốc gia. Chính cảng biển, cảng hàng không lớn với năng lực trung chuyển quốc tế về hàng hóa, container, hành khách kéo theo hàng loạt doanh nghiệp và nhu cầu dịch vụ đa dạng đi kèm tạo nên hệ sinh thái có sức hút lớn và chuẩn mực cao về dịch vụ tài chính cho hàng hóa, dịch vụ đủ để tạo lợi thế cạnh tranh cho TP.HCM hướng đến mục tiêu trung tâm tài chính quốc tế như nhiều nước khác.

Nghị quyết 98/2023/QH15 của Quốc hội "về thí điểm một

số cơ chế, chính sách đặc thù phát triển TP.HCM" được kỳ vọng tạo ra "bước đột phá" cho TP.HCM khai thác tối đa tiềm năng, đồng thời mở đường cho các cơ chế, chính sách của Thành phố khơi thông nguồn lực, tạo đà phát triển tương xứng với vị trí đầu tàu về kinh tế - xã hội của vùng Đông Nam Bộ và cả nước.

Quy hoạch phát triển hạ tầng cảng biển, giao thông kết nối cũng có nhiều chủ trương đột phá, nhiều dự án lớn nâng định hướng phát triển lên tầm cao mới. Nhiều hành lang giao thông kết nối đường sắt, đường cao tốc với cảng biển nước sâu, hướng đến quy mô kết nối và hiệu quả khai thác tổng thể quy mô vùng miền cao hơn.

Đó là những định hướng và chính sách có tính lâu dài, trong khi có những giải pháp mang tính ngắn hạn, đơn cử như việc đẩy nhanh tiến độ các dự án nạo vét cũng sẽ góp phần để cảng biển Việt Nam thu hút tàu lớn làm hàng, nâng cao vị thế của cảng biển Việt Nam. Ông có cho rằng điều này là cần thiết?

- Để không bỏ lỡ thời cơ, tôi nghĩ chúng ta phải tiến hành song song cả giải pháp lâu dài có tính chiến lược và cách làm mang tính ngắn hạn. Luồng vào cảng mỗi năm đều bị bồi lắng và việc nạo vét là một nhu cầu khách quan nhưng chưa được giải quyết thỏa đáng theo chức năng và quy định hiện nay bởi cơ quan thẩm quyền ngành môi trường. Hiện có rất nhiều cảng biển trên phạm vi toàn quốc đang gặp khó khăn duy trì độ sâu trước bến theo công bố hàng hải và hợp đồng với các hãng tàu. Hiện chưa có giải pháp kiến tạo để phát triển với vai trò của các cơ quan Trung ương liên quan để đáp ứng nhu cầu thiết yếu này của khối cảng biển. Từng doanh nghiệp cảng biển phải tốn nhiều công sức và chi phí để xin được cho nạo vét định kỳ để duy trì độ sâu trước bến trong khi nhu cầu này thuộc dạng công ích có thể tổ chức thực hiện đại trà quy mô lớn và dài hạn phục vụ cho lợi ích quốc gia theo nhiệm vụ của tổ chức đảm bảo an toàn hàng hải hiện có, thay vì xã hội hóa dịch vụ nạo vét duy tu bến cảng như hiện nay.

Đơn cử như luồng Soài Rạp trước đây được xem như tuyến dự phòng và cũng là luồng tiềm năng để phát triển cảng biển tại khu vực Hiệp Phước. Tuy nhiên, do khó khăn về tính khả thi kinh tế và cả kỹ thuật để được nạo vét sâu hơn, đến -9 m. Khu vực Hiệp Phước đang chờ kết nối giao thông thuận tiện hơn để có điều kiện phát triển bổ sung cho Cát Lái tập trung khai thác hàng nội Á. Theo xu thế phát triển cảng nước sâu và theo quy hoạch, luồng Thị Vải đang được nâng cấp nạo vét sâu -15,5 m để có thể tiếp nhận được tàu lớn hơn theo nhu cầu tiềm năng thị trường vào các bến cảng hiện có tại Thị Vải - Cái Mép và các cảng nước sâu hơn sẽ phát triển thêm tại Cái Mép hạ, Cần Giờ. Chính triển vọng lớn này đang làm lu mờ vai trò tiềm năng của luồng Soài Rạp, kể cả triển vọng phát triển cụm cảng biển Hiệp Phước, phục vụ cho nhu cầu khai thác hàng nội Á và cũng là luồng dự phòng an toàn cho tàu thuyền ra vào khu vực cảng biển có sản lượng thông qua hơn 135 triệu tấn hàng xuất nhập khẩu mỗi năm tại TP.HCM.

CẢI THIỆN CHI PHÍ LOGISTICS VÀ ĐÓN ĐẦU XU THẾ

Chi phí logistics ở Việt Nam cao hơn nhiều so các nước trong khu vực và thế giới (ở Việt Nam hiện trung bình ở mức 16 - 17% GDP, nhiều năm trước còn là 18 - 19%), trong khi logistics được xem như đòn bẩy thúc đẩy nền kinh tế, tăng lợi thế cạnh tranh cho hàng hóa của Việt Nam. Ông có cho rằng, cải thiện chi phí logistics sẽ thu hút được nhiều hơn các nhà đầu tư lớn vào cảng biển Việt Nam?

- Trong chuỗi cung ứng quốc tế thương mại hàng hải hoặc đơn giản hơn là xuất nhập khẩu của Việt Nam, bằng container từ cửa đến cửa và bằng phương thức mua CIF, bán FOB (tập quán mua bán hàng hóa với nước ngoài mà hàng hóa chỉ được giao và nhận tại cảng Việt Nam) hiện do hãng tàu biển nước ngoài chi phối hầu như hoàn toàn công đoạn dịch vụ hàng hóa thông qua cảng biển. Chủ hàng phải trả cho hãng tàu chi phí làm hàng tại cảng bằng phí THC (phụ phí xếp dỡ tại cảng) khoảng 110 USD/container 20 feet. Hãng tàu trả lại cho cảng biển cao nhất bằng 57 USD/container 20 feet nếu sử dụng cảng biển nước sâu. Sai biệt hơn 53 USD/container 20 feet hãng tàu nước ngoài được hưởng hàng năm là rất lớn và được tính vào chi phí logistics của Việt Nam. Ngoài ra, hãng tàu còn tự quyết định thu các phụ phí khác của chủ hàng. Đây cũng là những cấu thành chi phí logistics của cung đoạn tại Việt Nam của chuỗi cung ứng, ngoài nhiều chi phí phụ trội khác có thể tiết giảm được do điều kiện kết nối, thủ tục...

Các doanh nghiệp logistics của Việt Nam đa phần (70 - 80%) cạnh tranh với nhau để được phục vụ cho mảng dịch vụ logistics xử lý hàng container của hãng tàu nước ngoài tại thị trường Việt Nam. Chi phí logistics của Việt Nam còn cao và khó tiết giảm, ngoài nguyên nhân về hạ tầng kết nối và chi phí gián tiếp cao trong cạnh tranh, còn có phần lợi ích mang tính chi phối của hãng tàu container nước ngoài đối với chủ hàng và cảng biển còn được duy trì như đã dẫn chứng ở trên.

Trong bối cảnh hiện nay, nhìn ra thế giới, theo ông, xu thế phát triển trong lĩnh vực cảng biển hiện nay thế nào và Việt Nam có thể tranh thủ được gì?

- Theo đánh giá của một cảng biển khu vực châu Âu, nếu không có thay đổi đáng kể về xu thế phát triển cỡ tàu container, một tàu container có sức chở 30.000 TEU sẽ không cần phải có mớn nước (Draft) sâu quá 17 m và chiều dài toàn bộ (LOA) đến 425 m. Về bề rộng tối đa (Beam) của tàu, xu thế cho thấy có thể tăng đến 65 m, nghĩa là cẩu bờ cần bốc xếp được hàng (row) container thứ 24, 25 trên boong tàu từ trong ra ngoài. Xu thế phát triển cỡ tàu container trong hàng hải quốc tế nêu trên có thể xem xét cho quy mô đầu tư phát triển những dự án cảng container nước sâu của Việt Nam để cạnh tranh hàng container trung chuyển quốc tế trong tương lai.

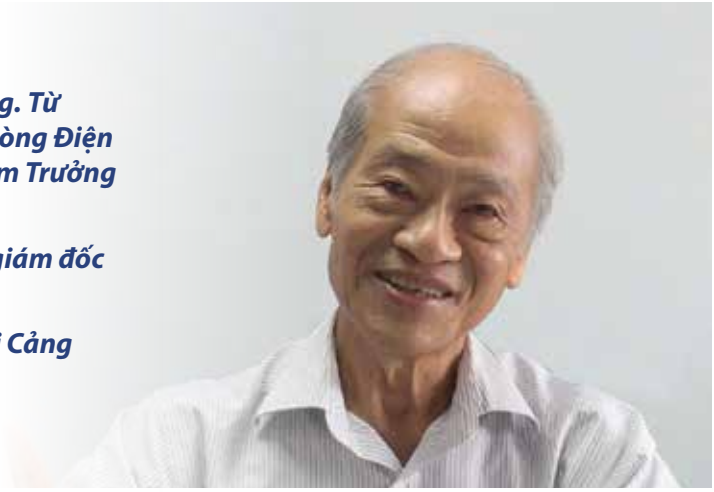
Nói chung là xu thế phát triển trong ngành cảng biển khá rõ nét và có nhiều đột biến so với trước đây trong nhiều lĩnh vực, được các tổ chức quốc tế như IMO và các nước phát triển ở châu Âu, Mỹ tiếp cận và sáng tạo rất nhanh, đặc biệt là về giải pháp áp dụng AI, số hóa, tự động hóa, cảng thông minh và hành lang vận tải biển xanh, phát triển cảng xanh…

Với những chính sách mở về đầu tư, thời gian qua, cảng

Ông Hồ Kim Lân sinh năm 1948, quê quán Đà Nẵng. Từ năm 1979, ông được bổ nhiệm giữ chức Trưởng phòng Điện toán (Công nghệ thông tin) sau đó chuyển sang làm Trưởng phòng Đối ngoại, Công ty CP Cảng Sài Gòn.

Năm 2008, ông nghỉ hưu và làm cố vấn cho Tổng giám đốc Công ty CP Cảng Sài Gòn.

Từ năm 2015 đến nay, ông là Tổng Thư ký Hiệp hội Cảng biển Việt Nam.



biển Việt Nam đã thu hút được các doanh nghiệp đầu tư cảng biển, nhà đầu tư là các nhà khai thác cảng chuyên nghiệp, các hãng tàu lớn của thế giới tham gia đầu tư xây dựng và vận hành khai thác cảng.

Tập đoàn DP World - UAE (nhà khai thác cảng số 5 thế giới) tham gia đầu tư, khai thác bến cảng SPCT - TP.HCM; Tập đoàn SSA Marine - Mỹ (nhà khai thác cảng thứ 9 thế giới) tham gia đầu tư khai thác bến cảng CICT tại Quảng Ninh và bến cảng SSIT tại Bà Rịa - Vũng Tàu; Tập đoàn PSA - Singapore (nhà khai thác cảng số 3 thế giới) tham gia đầu tư, khai thác bến cảng SP-PSA tại Bà Rịa - Vũng Tàu; Tập đoàn APMT - Đan Mạch (nhà khai thác cảng số 2 thế giới) tham gia đầu tư khai thác cảng CMIT tại Bà Rịa - Vũng Tàu; Tập đoàn Hutchison Port Holding - Hồng Kông (nhà khai thác cảng biển số 1 thế giới) tham gia đầu tư bến cảng SITV tại Bà Rịa - Vũng Tàu.

Trong khi đó, các hãng tàu Mitsui O.S.K line (Nhật Bản), Wanhai Lines (Đài Loan) - hãng tàu trong Top 20 thế giới tham gia đầu tư, khai thác bến cảng container quốc tế Tân Cảng - Cái Mép; Hãng tàu MOL, NYK (hãng tàu trong Top 20 thế giới) tham gia đầu tư bến cảng Lạch Huyện…

Việc các hãng tàu tham gia đầu tư khai thác cảng container với tư cách là cổ đông chiến lược, tuy có đảm bảo được kế hoạch sản lượng về hàng hóa tối thiểu cho liên doanh, nhưng cũng làm phát sinh mâu thuẫn nhất định về lợi ích giữa các cổ đông của liên doanh về giá dịch vụ áp dụng cho liên doanh, ảnh hưởng đến cả khu vực thị trường. Các hãng tàu biển quốc tế lớn như Maersk Line, MSC, CMA-CGM vì vậy đều có hình thành hai mảng kinh doanh riêng, tách biệt dịch vụ vận tải biển lấy tên như trên khác với dịch vụ khai thác cảng biển lấy tên khác tương ứng là APMT, TIL, CMA Terminals khi tham vào một khu vực thị trường. Liên doanh CMIT là một ví dụ.

Vâng, đó là những tín hiệu đáng mừng từ các nhà đầu tư nước ngoài. Vậy còn về nội lực, cần những giải pháp và định hướng gì nữa, thưa ông?

- Từ năm 2024, quy hoạch phát triển hệ thống cảng biển Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030 và tầm nhìn 2050 có quy mô dài hạn hơn và mục tiêu chiến lược phát triển kinh tế biển đột phá hơn theo hướng cạnh tranh được với khu vực và quốc tế, đặc biệt về container trung chuyển. Bên cạnh đó, yêu cầu đồng bộ hóa cao trong quy hoạch phát triển, đặc biệt là kết nối giao thông (có cả đường sắt, hành lang giao thông trục Bắc - Nam) kèm theo ưu tiên phân bổ ngân sách cho các dự án kết nối các tuyến đường vành đai cho các địa phương khu vực kinh tế trọng điểm, đã mở ra một tiềm năng mới cho cảng biển Việt Nam phát triển theo mục tiêu chiến lược mới. Mức độ khó khăn dự kiến cần có thể chế phù hợp và biện pháp có hiệu quả để tổ chức thực hiện được yêu cầu đổi mới và kết nối rộng liên ngành, liên vùng theo cơ chế phù hợp trong quản trị phát triển và quản lý điều tiết thị trường đầu tư và khai thác cảng biển được hiệu quả và bền vững hơn trong dài hạn.

Trước tình hình phát triển trong giai đoạn mới mang tính kết nối toàn cầu và hội nhập, cạnh tranh quốc tế ngày càng sâu rộng hơn, khối cảng biển Việt Nam cần có năng lực quản trị mang tính kiến tạo để phát triển, có tầm nhìn hướng đến mục tiêu đột phá và hiệu quả dài hạn, phạm vi rộng, kết nối đồng bộ, phát triển nhanh, bền vững hơn theo sát nhu cầu và tiềm năng của từng khu vực vùng miền kinh tế trọng điểm quốc gia. Những nhu cầu thay đổi mang tính chiến lược về thể chế và cơ chế quản trị phát triển kinh tế biển quy mô vùng miền với vai trò chủ động hơn của địa phương như vậy là rất rõ ràng và cần được thể hiện cũng như điều tiết thuận lợi theo chủ trương của Đảng và quy hoạch phát triển đột phá của Nhà nước trong Bộ luật Hàng hải sửa đổi, đảm bảo tạo điều kiện thuận lợi cho nhu cầu đổi mới trong phát triển kinh tế biển Việt Nam.❖

Trân trọng cảm ơn ông về cuộc trò chuyện!

"Ngòi nổ" tên chung trong những cuốn sổ đỏ!

> NGUYỄN MINH VÂN

Không phải ngẫu nhiên mà mấy tuần cuối tháng 4, đầu tháng 5/2025, trên VTV1 nhiều lần đưa sự kiện bức xúc của người dân xung quanh việc tên chung quá nhiều người trong những cuốn sổ đỏ của hộ gia đình, khiến anh em mất đoàn kết, kinh tế gia đình bị ách tắc, đất đai bị bỏ hoang… tại xã Vân Canh, huyện Hoài Đức, Hà Nội.

QUYỀN ĐỊNH ĐOẠT TÀI SẢN CỦA NGƯỜI DÂN CẦN ĐƯỢC TÔN TRỌNG!

Theo luật định, người sử dụng đất được thực hiện các quyền chuyển đổi, chuyển nhượng, cho thuê, cho thuê lại, thừa kế, tặng cho quyền sử dụng đất; thế chấp, góp vốn bằng quyền sử dụng đất theo quy định của pháp luật.

Tại xã Vân Canh, sau khi thu hồi đất nông nghiệp, nhiều hộ dân được giao đất dịch vụ để ổn định cuộc sống và chuyển đổi nghề nghiệp. Những mảnh đất được gọi tên là "dịch vụ" ấy được cấp một cuốn sổ đỏ có tên đủ các thành viên trong hộ gia đình có đất thu hồi, người dân được quyền xây nhà ở và mưu sinh lâu dài, nhưng sau đó lại gặp rất nhiều khó khăn khi sử dụng.

Chẳng hạn, tại gia đình ông Nguyễn Sỹ Nên, thôn Kim Hoàng, cuốn sổ đỏ đất dịch vụ hiện đang đứng tên 3 chị em vợ ông. Trước đây, đất ruộng được chia theo hộ gia đình, và khi bị thu hồi, Nhà nước cấp đất dịch vụ theo tiêu chuẩn các hộ gia đình để chia lại cho các lao động. Diện tích sở hữu riêng của mỗi người đã được ghi rõ trên sổ đỏ. Tuy nhiên, dù gia đình ông Nên muốn bán, họ không thể thực hiện giao dịch do sự phức tạp trong việc chuyển nhượng. Ông chia sẻ: "Tôi muốn bán nhưng anh em nó không muốn cho bán vì sợ người ngoài đứng tên sau này sẽ phức tạp, mà muốn tách sổ cho từng người lại không được".

Một hộ khác là gia đình chị Hương, sau khi bố mẹ bán đi phần đất dịch vụ của mình, sổ chung đã được đổi và có tên của người lạ. Kể từ đó, gia đình chị rơi vào tình trạng dở khóc dở cười. Chị chia sẻ: "Tôi muốn vay ngân hàng nhưng họ không đồng ý, muốn xây thì các nhà phải cùng xây, mà họ bảo họ không muốn xây"…

Khi các nhà báo tìm hiểu nguyên nhân, ông Phạm Văn Tình - Phó giám đốc Văn phòng Đăng ký đất đai Hà Nội, cho biết: "Như khu vực huyện Hoài Đức, diện tích đủ điều kiện tách thửa phải trên 80 m^2, trong khi phần lớn các hộ chỉ được giao dưới 50 m^2 đất dịch vụ, nên không đủ điều kiện để tách thửa".

Như vậy, ở đây đã xuất hiện sự xung đột giữa yêu cầu về sự thống nhất quản lý của Nhà nước về đất đai và các quyền của người dân liên quan đến sử dụng đất đai.

Tại Hà Nội, ngày 27/9/2024, UBND TP Hà Nội đã ban hành Quyết định 61/2024/QĐ-UBND quy định về một số nội dung thuộc lĩnh vực đất đai trên địa bàn. Theo đó, khu vực huyện Hoài Đức, diện tích đủ điều kiện tách thửa phải trên 80 m^2, trong khi phần lớn các hộ chỉ được giao dưới 50 m^2 đất dịch vụ, nên không đủ điều kiện để tách thửa. Và vì thế, những mảnh đất này gặp rất nhiều khó khăn trong việc trao đổi, mua bán, thế chấp, cho thuê…

Theo Bộ luật Dân sự, quyền định đoạt của chủ sở hữu được quy định như sau: "Chủ sở hữu có quyền bán, trao đổi, tặng cho, cho vay, để thừa kế, từ bỏ quyền sở hữu, tiêu dùng, tiêu hủy hoặc thực hiện các hình thức định đoạt khác phù hợp với quy định của pháp luật đối với tài sản".

MẶT TRÁI CỦA NHỮNG MỤC TIÊU TỐT ĐẸP

Nguồn gốc bắt đầu từ ngày 05/12/2017, cuốn sổ đỏ của các hộ gia đình không còn chỉ ghi tên chồng và vợ nữa mà phải ghi tất cả các thành viên có chung quyền sử dụng đất và tài sản trên đất. Đó là điều bắt buộc tại Thông tư số 33/2017/TT-BTNMT mà Bộ TN&MT khi ấy ban hành.

Sự kiện này khi ấy được nhiều người quan tâm bởi lẽ nó

XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN
HÂN HẠNH TÀI TRỢ CHUYÊN MỤC

động chạm đến quyền sở hữu, quyền định đoạt tài sản của công dân. Phần nữa, quyền sử dụng đất lâu nay và với nhiều gia đình là tài sản lớn, dễ gây ra tranh chấp khiếu kiện nhất trong nhiều quan hệ dân sự, kể cả trong quan hệ ruột thịt.

Theo Thông tư này, đối với hộ gia đình sử dụng đất thì ghi "Hộ gia đình, gồm ông" (hoặc "Hộ gia đình, gồm bà"), sau đó ghi họ tên, năm sinh, tên và số giấy tờ nhân thân của chủ hộ gia đình; địa chỉ thường trú của hộ gia đình.

Dòng tiếp theo ghi "Cùng sử dụng đất, cùng sở hữu tài sản gắn liền với đất (hoặc Cùng sử dụng đất hoặc Cùng sở hữu tài sản) với … (ghi lần lượt họ tên, năm sinh, tên và số giấy tờ nhân thân của những thành viên còn lại trong hộ gia đình có chung quyền sử dụng đất, quyền sở hữu tài sản gắn liền với đất)".

Về cả lý lẫn tình mà nói, sự minh bạch về tài sản, kể cả trong một gia đình, là rất cần thiết, bởi lẽ lúc ấm êm thì không sao, nhưng lúc "cơm chẳng lành, canh chẳng ngọt" ắt sinh ra tranh chấp, mất anh mất em.

Tuy nhiên, mục tiêu thì tốt đẹp nhưng khi áp dụng vào thực tiễn lại không hề dễ dàng. Trong cuộc sống, việc phân định tài sản chung - riêng luôn luôn là vấn đề nhạy cảm. Có người đặt câu hỏi: "Với miếng đất và tài sản trên đất nhà tôi hiện nay, sự đóng góp hình thành nên tài sản này của mỗi thành viên rất khác nhau. Vậy điền tên họ với vị thế ngang bằng nhau liệu có công bằng? Ai sẽ phân định cao thấp, nhiều ít trong khối tài sản này?".

Rồi có người giả định, để thực hiện được việc "điền tên lịch sử" này, mỗi gia đình phải họp lại với nhau, phân chia tài sản theo sự đóng góp thành phần trăm (%) tựa như trong công ty cổ phần, sau đó kiến nghị lên Bộ TN&MT sửa đổi Thông tư này để điền thêm, sau họ, tên, năm sinh là tỷ lệ % sở hữu. Nếu không nhất trí được thì kéo nhau ra... Tòa án! Nó tựa như một "ngòi nổ" luôn tiềm ẩn trong mỗi gia đình!

Thật may mắn, theo Bộ TN&MT thì số lượng sổ đỏ đã cấp theo quy định cũ trên toàn quốc khi đó đã chiếm tỷ lệ 96,3%. Cho nên dù có áp dụng theo quy định mới cũng không có đảo lộn gì nhiều. Phần nữa, những cuốn sổ đỏ đã được cấp trước đây vẫn nguyên giá trị, không phải thay đổi theo quy định mới này. Chỉ khi tham gia giao dịch thì cơ quan thực hiện giao dịch đó phải xác định lại các chủ thể có quyền sử dụng đất để xử lý trên giấy chứng nhận đã cấp.

Và như vậy, sự bức xúc của người dân xã Vân Canh hiện nay đã được dự báo ngay từ khi Thông tư số 33/2027/TT-BTNMT của Bộ TN&MT ban hành năm 2017.

GIẢM XUNG ĐỘT CẦN ĐẾN TỪ HAI PHÍA!

Như trên đã phân tích, chuyện xảy ra ở xã Vân Canh thể hiện sự xung đột giữa yêu cầu về sự thống nhất quản lý của Nhà nước về đất đai và các quyền của người dân liên quan đến sử dụng đất. Một bên là người dân mong muốn giảm bớt những vướng mắc trong chính sách để thuận lợi trong mưu sinh, một bên là cơ quan chính quyền địa phương thực thi pháp luật.

Tại Điều 220 Luật Đất đai số 31/2024/QH15 quy định các nguyên tắc, điều kiện tách thửa đất khá cụ thể và chặt chẽ, không chỉ về tính hợp pháp của thửa đất, về diện tích tối thiểu, mà còn cả về "thửa đất phải bảo đảm có lối đi; được kết nối với đường giao thông công cộng hiện có; bảo đảm cấp nước, thoát nước và nhu cầu cần thiết khác một cách hợp lý"… Vì vậy, sẽ có nhiều thửa đất của người dân ở đây không hội tụ đủ điều kiện để tách thửa.

Cũng tại Điều 220 này quy định "Các thửa đất sau khi tách thửa phải bảo đảm diện tích tối thiểu với loại đất đang sử dụng theo quy định của UBND cấp tỉnh". Và tại Hà Nội, diện tích tối thiểu được quy định, với cấp phường, thị trấn không nhỏ hơn 50 m^2; với các xã vùng đồng bằng không nhỏ hơn 80 m^2.

Tuy nhiên, Vân Canh là một xã thuộc diện đồng bằng nhưng khá đặc biệt, nằm sát khu vực Mỹ Đình đang có tốc độ đô thị hóa cao. Tại Vân Canh đã xuất hiện nhiều dự án đô thị mới, như Khu đô thị Vườn Cam có diện tích 45,6 ha; Khu đô thị Vân Canh có diện tích 68,4 ha; Khu đô thị An Lạc Green Symphony 72,4 ha…

Với xu thế phát triển như vậy, việc quy định cứng nhắc coi Vân Canh như một xã đồng bằng xa xôi, rồi "ép" những thửa đất ở đây phải 80 m^2 mới được tách thửa thì liệu có phù hợp với thị trường bất động sản tại địa phương? Thiết nghĩ, những địa phương "giao thoa" giữa đô thị và nông thôn như Vân Canh cũng nên có những quyết định hành chính sát với thực tiễn hơn để người dân đỡ vất vả và bức xúc!

Mặt khác, người dân cũng cần phải xác định rằng, pháp luật tôn trọng nguyên tắc tự thỏa thuận, không thể điều chỉnh chi tiết các hành vi liên quan đến quyền định đoạt tài sản cá nhân cũng như tài sản của mỗi gia đình.

Chính vì thế, khi ban hành Thông tư số 33/2027/TT-BTNMT vào năm 2017, Bộ TN&MT khi ấy cũng đã có chương trình tuyên truyền, hướng dẫn cơ quan chuyên môn rằng không bắt buộc tất cả các thành viên trong gia đình phải ghi tên trong giấy chứng nhận… Theo đó, các thành viên trong hộ gia đình có thể tự thỏa thuận, cử người đại diện để thực hiện các giao dịch liên quan chứ không cần tất cả các thành viên phải cùng thực hiện.

Có thể nhận xét, tình trạng này xảy ra cũng giống như ở nhiều dự án liên quan đến thu hồi đất của các địa phương trong cả nước nên có thể coi đây là một thí dụ điển hình, cần cùng đi tìm tiếng nói chung, giải pháp chung giữa sự thống nhất quản lý của Nhà nước và các quyền của người dân liên quan đến sử dụng đất đai.

Quyền sử dụng đất vốn là một tài sản lớn, thậm chí là rất lớn của nhiều người dân. Nay vì một quyết định quản lý hành chính mà quyền định đoạt tài sản của người dân vốn được pháp luật bảo hộ, nay bị hạn chế, thậm chí là bị đóng băng ở nhiều trường hợp, liệu có điều gì cần sửa đổi chăng?

NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN VĨNH TÂN 2 VÀ MÔNG DƯƠNG 1:

Hiệu quả trong bảo vệ môi trường **và tiêu thụ tro xỉ**

> MINH ANH

Với mục tiêu sản xuất điện thân thiện với môi trường, hướng đến sản xuất sạch - xanh, những năm qua, Công ty Nhiệt điện Vĩnh Tân và Công ty Nhiệt điện Mông Dương đã triển khai nhiều biện pháp hiệu quả để đảm bảo môi trường và đẩy mạnh tiêu thụ tro xỉ, tăng cường quản lý, giám sát, minh bạch về công tác môi trường.

"XANH HÓA" NHÀ MÁY

Đại diện Công ty Nhiệt điện Vĩnh Tân cho biết, thời gian qua, Công ty đã phủ xanh hàng rào cây dương bao quanh khu vực kho than và các khu vực của Nhà máy. Hiện tại, khuôn viên Công ty đã có hơn 20.000 cây xanh và hơn 102 m^2 cỏ cảnh, giúp tạo không gian xanh, tươi mát, cũng như cải thiện điều kiện làm việc, bảo vệ môi trường trong và xung quanh nhà máy.

Tất cả các tuyến đường nội bộ trong nhà máy và khu vực xung quanh đường vận chuyển tro, xỉ đều được tưới nước, xịt rửa vệ sinh hàng ngày nhằm đảm bảo vệ sinh môi trường nhà máy. Công ty đã trang bị, lắp đặt và áp dụng các hệ thống thiết bị xử lý khí thải với công nghệ tiên tiến, hiện đại, trong quá trình hoạt động luôn đảm bảo các hệ thống được vận hành xuyên suốt, liên tục, ổn định, hiệu quả 24/24 giờ. Hệ thống quan trắc khí thải tự động cung cấp dữ liệu trực tuyến theo thời gian thực để giám sát tình hình và truyền thông tin liên tục về chất lượng khí thải tới Sở Nông nghiệp và Môi trường Bình Thuận và UBND xã Vĩnh Tân, huyện Tuy Phong.

Tại Công ty Nhiệt điện Mông Dương, đơn vị luôn quan tâm và thực hiện "xanh hóa" nhà máy. Từ khi được đưa vào vận hành đến nay, trung bình mỗi năm Công ty trồng khoảng 1.000 cây xanh trong khuôn viên và dọc tuyến đường nội bộ của nhà máy, gồm các loại cây như phi lao, hoa ban, bàng Đài Loan và thông. Ngoài ra, Công ty còn hưởng ứng phong trào trồng rừng cây gỗ lớn, cây bản địa và hưởng ứng thực hiện Đề án trồng 1 tỷ cây xanh của Thủ tướng Chính phủ trên địa bàn TP Cẩm Phả; phối hợp với chính quyền xã Cẩm Hải trồng 610 cây lát tại khu vực cuối kênh thải nước làm mát thuộc địa phận xã.

Các hoạt động trồng cây, tạo không gian xanh, cảnh quan sạch đẹp khu vực trong và xung quanh nhà máy góp phần xây dựng cảnh quan môi trường sản xuất sạch đẹp - sáng - xanh, đồng thời giúp hấp thu khí nhà kính, giảm phát tán bụi ra môi trường, góp phần tạo dựng hình ảnh và uy tín của Công ty trong hoạt động sản xuất kinh doanh đối với chính quyền, người dân địa phương.

KIỂM SOÁT CHẶT CÁC NGUỒN THẢI

Nhằm giảm phát thải khí nhà kính trong quá trình sản xuất, bên cạnh việc tập trung giảm suất hao than, suất hao nhiệt, nâng cao hiệu suất các tổ máy, các nhà máy điện của Tổng công ty Phát điện 3, các nhà máy đã triển khai thực hiện nhiều giải pháp giúp tiết kiệm điện tự dùng như: Chuyển đổi thay thế các bóng đèn cao áp sang sử dụng bóng đèn led tiết kiệm điện; lắp đặt các biến tần trung thế cho các quạt khói và quạt gió sơ cấp của các lò hơi; thực hiện việc chuyển đổi thiết bị định kỳ, tối ưu hóa quá trình vận hành của các thiết bị…

Để kiểm soát nguồn nước thải công nghiệp, nước thải sinh hoạt và nước làm mát, mỗi nhà máy đều có một hệ thống xử lý chuyên biệt với quy trình công nghệ hiện đại, đảm bảo xử lý được hết tất cả lượng nước thải phát sinh trong quá trình sản xuất. Các nhà máy thường xuyên theo dõi, kiểm tra đảm bảo đạt chất lượng, tiêu chuẩn theo quy định trước khi đưa ra ngoài.

Đối với việc kiểm soát khói và bụi, hiện nay Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1 và Vĩnh Tân 2 đang sử dụng hệ thống lọc bụi tĩnh điện. Đây là phương pháp lọc bụi với hiệu suất lọc cao. Từ khi đưa vào vận hành đến nay, hệ thống lọc bụi tĩnh điện ESP của nhà máy luôn vận hành ổn định và tin



Phủ xanh khu vực kho than và khuôn viên Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 2

Khuôn viên Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1 được phủ xanh.

Cán bộ, nhân viên Công ty Nhiệt điện Mông Dương trồng cây xanh tạo cảnh quan môi trường xanh, sạch, đẹp.

cây, thường xuyên được bảo dưỡng, cải tiến nâng cấp; các thông số về nồng độ bụi luôn nằm trong giới hạn cho phép, đảm bảo theo quy định, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải công nghiệp.

Riêng Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1 còn có thêm những hiệu quả xử lý khí thải từ loại hình công nghệ, giúp giảm thiểu lượng khí NO_x, SO_x phát sinh. Theo thiết kế, lò hơi của Nhà máy sử dụng công nghệ tầng sôi tuần hoàn CFB, lượng khí NOx trong lò sinh ra thấp. Đối với giải pháp khử SO_x, Nhà máy đã trang bị hệ thống cung cấp đá vôi đốt kèm ngay từ khi thực hiện dự án, đá vôi được cấp trực tiếp vào trong lò hơi để đốt khử khí SO_x.

Thông số khí thải của Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 2, Mông Dương 1 trong suốt những năm qua cũng như giai đoạn hiện nay luôn nằm trong giới hạn cho phép so với tiêu chuẩn Việt Nam và quốc tế, đảm bảo theo quy định, quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về khí thải công nghiệp. Các thông số này được hiển thị công khai trên các bảng điện tử tại cổng các nhà máy và truyền trực tiếp về Sở Nông nghiệp và Môi trường các tỉnh để cơ quan chức năng và người dân thuận lợi theo dõi, giám sát. Công ty cũng được các cơ quan chức năng tiến hành lấy mẫu kiểm định, so sánh, đánh giá định kỳ, kết quả so sánh đều đạt tiêu chuẩn, quy định của Nhà nước và yêu cầu của địa phương.

ĐẨY MẠNH TIÊU THỤ TRO XỈ

Tỷ lệ tiêu thụ tro xỉ tại Nhà máy Nhiệt điện Mông Dương 1 luôn đạt mức 100% và được duy trì ổn định qua các năm. Tại Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 2, tỷ lệ tiêu thụ cũng đạt kết quả tích cực với lũy kế 4 tháng đầu năm 2025 vượt mức 100%,



Trung tâm Điện lực Vĩnh Tân (nhìn từ cảng than)

bao gồm cả lượng tro xỉ lưu trữ tại bãi. Nhà máy đã và đang thực hiện các thủ tục để đưa vào vận hành dây chuyền phân tách tro xỉ tại bãi xỉ với công suất 500.000 tấn/năm, góp phần nâng cao hiệu quả xử lý và tiêu thụ.

Hiện nay, tro xỉ Nhà máy Nhiệt điện Vĩnh Tân 2 và Mông Dương 1 đã được chứng nhận hợp chuẩn, hợp quy các tiêu chuẩn như: Tro xỉ làm vật liệu san lấp; tro bay dùng cho bê tông, vữa xây; tro bay dùng đắp nền đường ô tô; tro bay làm phụ gia khoáng cho bê tông đầm lăn. Bên cạnh đó, công tác quản lý tro xỉ tại bãi xỉ các nhà máy luôn được thực hiện theo đúng quy trình tưới nước giữ ẩm, lu lèn, phủ bạt, phun vữa không để phát tán bụi. Đặc biệt, trước và trong những đợt thời tiết diễn biến bất thường, Công ty tăng cường nhiều biện pháp ngăn ngừa, trang bị hệ thống giám sát 24/24h tốc độ gió và camera theo dõi liên tục, đảm bảo công tác môi trường tại khu vực các bãi xỉ nhà máy.

Buýt Hà Nội không ngừng hoàn thiện, phục vụ tốt **nhu cầu đi lại của người dân**

> PV

Hiện nay, mạng lưới xe buýt của TP Hà Nội đã phát triển rộng khắp, phục vụ nhu cầu đi lại của người dân, tiếp cận đến 30/30 quận, huyện, thị xã; 513/579 xã, phường thị trấn; kết nối với 8 tỉnh, thành lân cận… cùng với đường sắt đô thị trở thành phương tiện giao thông công cộng đi lại chủ đạo trong đô thị.

HỆ THỐNG PHỦ KHẮP CÁC QUẬN, HUYỆN

Tính đến nay, mạng lưới tuyến xe buýt gồm 153 tuyến (trong đó có 126 tuyến buýt trợ giá, 12 tuyến buýt không trợ giá, 13 tuyến buýt kế cận và 2 tuyến city tour). Mạng lưới xe buýt đã tiếp cận đến 30/30 quận, huyện, thị xã; 513/579 xã, phường, thị trấn, đạt 88,6%; 65/75 bệnh viện đạt 87%, 192/286 các trường đại học, cao đẳng, THPT, đạt 67%; 27/27 khu công nghiệp lớn, đạt 100%; 33/37 khu đô thị, đạt 89,2%; 23/24 làng nghề, đạt 95,8%; 23/25 khu di tích lịch sử văn hóa, khu du lịch, đạt 92%; đã kết nối với 8 tỉnh, thành lân cận như: Hưng Yên, Hà Nam, Bắc Ninh, Bắc Giang, Hải Dương, Hòa Bình, Vĩnh Phúc, Nam Định.

ĐA DẠNG LOẠI HÌNH VÉ

Để thu hút người dân sử dụng xe buýt, thời gian qua, các cơ quan chức năng đã xây dựng hình thức vé đa dạng với nhiều đối tượng khác nhau như: Vé lượt, vé tháng ưu tiên, không ưu tiên, vé tháng 1 tuyến, liên tuyến, tập thể; đã triển khai thí điểm vé điện tử trên 25 tuyến buýt; đoàn phương tiện xe buýt xanh, sạch, thân thiện với môi trường, bước đầu đã được triển khai. Đến nay, đã có 348 xe buýt sử dụng năng lượng sạch, chất lượng đoàn xe được nâng cao, chủng loại xe hoạt động đa dạng, phù hợp với điều kiện hạ tầng khu vực.

Với việc xuất hiện nhiều ứng dụng tiện ích, người dân dễ dàng tra cứu thông tin hệ thống mạng lưới phục vụ với nhiều ứng dụng "Tìm buýt, Busmap, Vinbus…" để phục vụ tra cứu thông tin cho hành khách. Việc lựa chọn đơn vị cung cấp dịch vụ được tuân thủ theo đúng quy định, hệ thống định mức đơn giá từng bước được điều chỉnh, liên tục cập nhật để hoàn thiện.

CHẤT LƯỢNG XE BUÝT ĐƯỢC NÂNG LÊN

Thời gian qua, việc đưa tuyến xe buýt điện trung bình và nhỏ vào hoạt động đã bổ sung các loại hình buýt điện xanh thân thiện với môi trường, tiếp tục nâng cao chất lượng đoàn phương tiện xe buýt, đáp ứng tốt nhu cầu đi lại của người dân.

Theo đánh giá, chất lượng đoàn xe buýt ngày càng được nâng cao, chủng loại xe hoạt động đa dạng, phù hợp với điều kiện hạ tầng khu vực, thông tin về mạng lưới phục vụ người dân được kịp thời. Công tác điều hành giao thông, hướng tuyến phù hợp, hạn chế ùn tắc. Bên cạnh đó, ngoài nâng cao chất lượng phương tiện, công tác đào tạo lái xe, ứng dụng công nghệ, kiểm tra kiểm soát, xử lý vi phạm… đã được tăng cường nhằm phục vụ tốt nhất nhu cầu đi lại của người dân.

HẠ TẦNG PHỤC VỤ XE BUÝT ĐƯỢC CẢI THIỆN

Hiện nay, hệ thống hạ tầng xe buýt trên địa bàn Thành phố có 4.405 điểm dừng, 350 nhà chờ, 5 điểm trung chuyển, 127 điểm đầu cuối và 12,9 km đường dành riêng cho xe buýt, trong đó 12,6 km làn đường dành riêng cho xe BRT và 0,3 km làn đường dành riêng cho xe buýt trên đường Yên Phụ.

Về làn đường ưu tiên cho xe buýt, ngoài 12,6 km làn đường dành riêng cho tuyến BRT, Hà Nội chỉ có 1,3 km đường dành riêng cho xe buýt trên đường Yên Phụ. Tuy nhiên, để thực hiện tổ chức làn ưu tiên dành riêng cho xe buýt ở Hà Nội tương đối khó khăn do đặc điểm mặt cắt ngang đường không đồng đều, các nút và hệ thống đèn tín hiệu chưa đồng bộ, đặc biệt là sự phân bố dân cư sinh sống và kinh doanh hai bên đường.

NHIỀU GIẢI PHÁP THU HÚT NGƯỜI DÂN ĐI XE BUÝT

Tại Quyết định số 2066/QĐ-UBND ngày 16/4/2025 của UBND TP Hà Nội phê duyệt "Đề án đánh giá tổng thể mạng lưới xe buýt làm cơ sở đề xuất các giải pháp nhằm điều chỉnh, nâng cao chất lượng dịch vụ và sản lượng vận tải hành khách công cộng trên địa bàn Thành phố", Hà Nội đưa ra nhiều giải pháp, trong đó cải tạo hạ tầng, chuyển đổi sang sử dụng xe buýt sử dụng điện và năng lượng xanh là một trong những nhóm giải pháp được đặc biệt



Mạng lưới xe buýt của TP Hà Nội đã phủ khắp các địa bàn, là phương tiện giao thông công cộng đi lại chủ đạo trong đô thị.

chú trọng.

Cụ thể, tập trung rà soát, hợp lý hóa lại toàn bộ điểm dừng xe buýt về khoảng cách, sự phù hợp về vị trí để khách hàng dễ dàng tiếp cận với mạng lưới tuyến và đảm bảo tính liên thông mạng (cự ly trung bình 500 m trong nội thành và 800 m ngoại thành). Thành phố dự kiến bổ sung khoảng 2.500 - 2.700 điểm dừng xe buýt (nâng tổng số điểm dừng xe buýt lên khoảng 6.500 điểm, tăng từ 65 đến 70% số lượng điểm dừng, đỗ so với hiện nay), bố trí lại điểm dừng xe buýt tiếp cận gần các khu dân cư phù hợp với cơ sở hạ tầng, tổ chức giao thông và kế hoạch phát triển mạng lưới tuyến xe buýt.

Tiếp đó, bố trí điểm dừng xe buýt theo hướng tích hợp tiếp cận gần các nhà ga đường sắt đô thị, các điểm trông giữ phương tiện cá nhân, kết nối với các loại hình vận tải công cộng khác như xe taxi, bãi xe đạp công cộng… để đa dạng hóa hình thức tiếp cận của người dân với phương tiện công cộng, đảm bảo cự ly trung chuyển giữa các loại hình dưới 300 m (thời gian đi bộ trung chuyển dưới 5 phút. Thành phố cũng bổ sung hoàn thiện thông tin, mã hóa các điểm dừng xe buýt phục vụ công tác quản lý và truy cập thông tin trên ứng dụng timbus.vn, đồng thời thiết kế và thi công dải tiếp cận và ô dừng của xe buýt tại điểm dừng theo đúng tiêu chuẩn, cải tạo điều kiện tiếp cận đi bộ cho hành khách (nâng cấp vỉa hè, sơn vạch cho người qua đường).❖



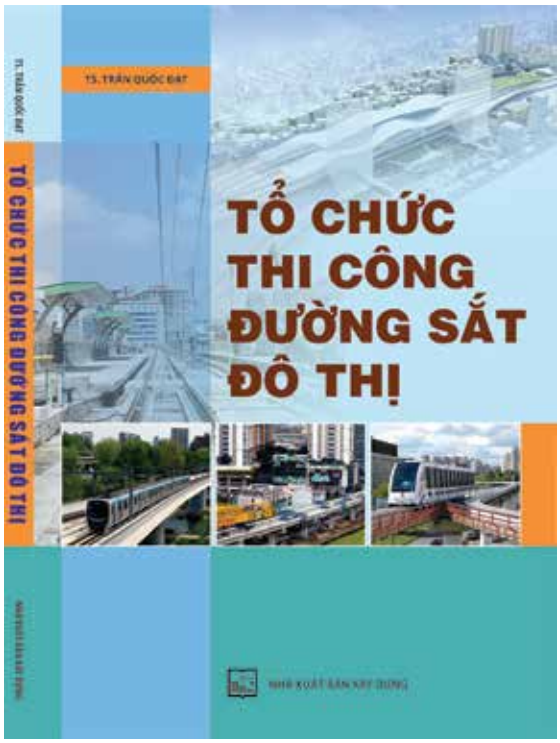
Hà Nội đang tập trung phát triển xe buýt điện, sử dụng năng lượng xanh.

TP HÀ NỘI TẬP TRUNG PHÁT TRIỂN MẠNG LƯỚI XE BUÝT

Giai đoạn 2025 - 2030 tập trung phát triển các tuyến xe buýt sử dụng điện, năng lượng xanh kết nối với các tuyến đường sắt đô thị phát triển theo tiến độ các tuyến đường sắt đô thị đưa vào khai thác vận hành, các khu đô thị mới, trung tâm hội chợ triển lãm quốc gia, bảo tàng.

Giai đoạn 2031 - 2035 phát triển theo hướng hỗn hợp phù hợp với phát triển hạ tầng giao thông đường bộ; giải pháp chuyển đổi phương tiện sử dụng điện, năng lượng xanh với mục tiêu: Tỷ lệ phương tiện xe buýt sử dụng điện, năng lượng xanh đến năm 2030 đạt khoảng 70 - 90%, đến năm 2035 đạt 100%.

"Tổ chức thi công đường sắt đô thị"



> AN NHIÊN

Thi công ngầm cho các công trình giao thông, các công trình phục vụ mục đích khác bằng công nghệ khiên đào (TBM) đã trở lên rất phổ biến và thành công ở nhiều nước trên thế giới.

Cuốn sách "Tổ chức thi công đường sắt đô thị" chỉ giới hạn trình bày về các biện pháp thi công tuyến đường sắt đô thị (hầm metro, kết cấu tầng trên), mà không giới thiệu biện pháp thi công các hạng mục khác của cả toàn bộ công trình đường sắt đô thị, như nhà ga, hệ thống điện, hệ thống thông tin liên lạc…

Hiện nay, việc thi công ngầm cho các công trình giao thông, các công trình phục vụ mục đích khác bằng công nghệ khiên đào (TBM) đã trở lên rất phổ biến và thành công ở các hệ thống metro ở Osaka (Nhật Bản), metro Thượng Hải (Trung Quốc) hay Singapore…

Khiên đào có thể được phân thành các loại sau: (1) Loại mở mặt toàn bộ (đào thủ công, đào thủ công kết hợp với cơ giới, đào cơ giới); (2) Loại mở mặt một phần (khiên trượt); (3) Loại che kín hoàn toàn (khiên trượt, khiên cân bằng áp lực đất, khiên bùn).

Tuy nhiên, kiểu đào thủ công, cơ giới hay bán cơ giới ít được áp dụng bởi tính phức tạp của địa hình, địa chất và đặc biệt là vấn đề an toàn và tiến độ; phương pháp khiên đào cân bằng áp lực đất và khiên bùn là lựa chọn tối ưu.

Trong đó, khiên đào kiểu cân bằng áp lực đất thích hợp với yêu cầu của nhiều loại địa tầng và nhiều loại môi trường, có thể sử dụng trong các loại địa tầng đất lẫn sỏi sạn, đất cát, đất cát bột, đất sét với độ chặt thấp, mềm, cứng hay xen lẫn nhau.

Khiên bùn hay còn gọi là khiên đào kiểu cân bằng dung dịch thích hợp với địa tầng đất bùn sét mềm yếu, địa tầng đất loại cát rời rác, tầng đất sỏi sạn, địa tầng đất cát lẫn sỏi cuội, sỏi cuội và các tầng đất cứng…

Đặc biệt, khiên bùn thích hợp với thi công đường hầm xuyên đáy biển, xuyên đáy sông phía trên đất có nhiều nước, đất có hàm lượng nước cao, ở điều kiện môi tường thi công khắc nghiệt của thành phố và có nước ngầm, địa tầng đất cát có áp lực nước cao, điều kiện thi công khó khăn.

Toàn bộ quá trình hoạt động của TBM được kiểm soát qua hệ thống kiểm soát tự động, bằng các thiết bị cảm biến gắn trên mặt khiên đào. Các cảm biến có tác dụng thu thập thông tin phía trước của mặt khiên đào như: áp lực đất, nước, các loại vật cản… mỗi cảm biến này đều được nối với phòng điều khiển phía sau máy TBM. Thông qua đó, người vận hành, điều khiển máy TBM có thể biết tình trạng máy và đồng thời có những cảnh báo nếu xảy ra hiện tượng bất thường.

Việc điều chỉnh hướng tuyến, độ dốc tuyến, số lượng vật liệu đào, áp lực gương đào, tốc độ khiên và xử lý các sự cố sẽ được đưa ra, do vậy, người điều khiển hoạt động của khiên là vô cùng quan trọng, nó bảo đảm cho sự hoạt động êm thuận của quá trình thi công.

Vật liệu đào được kiểm soát bởi một máy quét lazer 3D để kiểm soát khối lượng đất đào lấy ra từ guồng xoắn, sự kiểm soát này nhằm bảo đảm khối lượng đất đá được kiểm soát chặt chẽ, bất kể vấn đề nhỏ về sự cố nào cũng được phát hiện kịp thời tránh làm mất áp suất cho buồng công tác gây biến dạng môi trường xung quanh…

Cuốn sách có thể được sử dụng phục vụ giảng dạy ở bậc đại học cho chuyên ngành Đường sắt đô thị của các trường đại học có giảng dạy môn Xây dựng đường sắt; đồng thời cũng có thể làm tài liệu tham khảo hữu ích cho các kỹ sư xây dựng đường sắt đô thị hay các cán bộ quản lý về xây dựng đường sắt đô thị.

Sách được NXB Xây dựng phát hành dưới 2 hình thức bản in và bản điện tử (ebook) tại địa chỉ: https://nxbxaydung.com.vn/.

XI MĂNG CẨM PHẢ
CÔNG NGHỆ NHẬT BẢN



CÔNG TY CỔ PHẦN XI MĂNG CẨM PHẢ

ĐT: (+84-203) 3 721995
ĐT: (+84-203) 3 721996
FAX: (+84-203) 3 714605

ĐC: Km6, Quốc lộ 18A, P. Cẩm Thạch
TP. Cẩm Phả, Tỉnh Quảng Ninh

CHI NHÁNH PHÍA NAM

ĐT: (+84-254) 3 899 630
FAX: (+84-254) 3 899 629

ĐC: Khu công nghiệp Mỹ Xuân A, P. Mỹ Xuân,
Thành phố Phú Mỹ, Tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu

www.ximangcampha.vn

TRƯỜNG CAO ĐẲNG KỸ THUẬT CÔNG - NÔNG NGHIỆP QUẢNG BÌNH
QUANG BINH INDUSTRIAL - AGRICULTURAL TECHNICAL COLLEGE
QBIATC

Điện thoại: (0232) 3836140, Fax: (0232).3839022
Địa chỉ: Số 01 - Trần Nhật Duật - Đức Ninh - Đồng Hới - Quảng Bình



UBND TỈNH QUẢNG BÌNH
TRƯỜNG CAO ĐẲNG NGHỀ QUẢNG BÌNH

NGÀNH NGHỀ ĐÀO TẠO

TRÌNH ĐỘ CAO ĐẲNG
- Điện công nghiệp
- Điện tử công nghiệp
- Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí
- Công nghệ ô tô
- Hàn
- Kỹ thuật xây dựng
- Cắt gọt kim loại
- Kỹ thuật Chế biến món ăn
- Hướng dẫn du lịch
- May thời trang
- Quản trị kinh doanh vận tải đường bộ
- Quản trị nhà hàng và dịch vụ ăn uống





TRÌNH ĐỘ TRUNG CẤP
- Điện công nghiệp
- Điện tử công nghiệp
- Kỹ thuật máy lạnh và điều hòa không khí
- Công nghệ ô tô
- Hàn
- Kỹ thuật xây dựng
- Cắt gọt kim loại
- Kỹ thuật Chế biến món ăn
- Hướng dẫn du lịch
- May thời trang
- Công nghệ thông tin
- Vận hành máy thi công nền
- Quản trị kinh doanh vận tải đường bộ
- Quản lý và kinh doanh nhà hàng và dịch vụ ăn uống







TRÌNH ĐỘ SƠ CẤP VÀ DẠY NGHỀ THƯỜNG XUYÊN
- Lái xe ô tô hạng B, hạng C1
- Điện dân dụng
- Sửa chữa, bảo trì tủ lạnh và điều hòa nhiệt độ
- Lắp điện cho máy sản xuất nhỏ
- Điện tử dân dụng
- Sửa chữa Máy nông nghiệp
- Sửa chữa máy tàu thuyền
- Hàn điện
- Kỹ thuật xây dựng
- Máy công nghiệp
- Kỹ thuật Chế biến món ăn
- Hướng dẫn du lịch
- Nghiệp vụ lưu trú
- Nghiệp vụ lễ tân
- Nghiệp vụ nhà hàng
- Kỹ thuật pha chế đồ uống
- Vận hành các loại máy công trình
- Quản trị kinh doanh vận tải đường bộ
- Quản lý, kinh doanh nhà hàng và dịch vụ ăn uống





TRUNG TÂM SÁT HẠCH LÁI XE





Địa chỉ: Tổ dân phố 1 – Phường Bắc Lý – TP.Đồng Hới – Quảng Bình.
Điện thoại: 0232.3835383.

www.caodangnghequangbinh.edu.vn



CỤC HÀNG HẢI VÀ ĐƯỜNG THỦY VIỆT NAM

CẢNG VỤ HÀNG HẢI CẦN THƠ

Địa chỉ: 14/11 Lê Hồng Phong, P. Bình Thủy, Quận Bình Thủy, TP. Cần Thơ

Điện thoại: 0292.3841254



CÔNG TY CỔ PHẦN

CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG 2 HÀ NỘI

ĐỊA CHỈ: SỐ 125 NGUYỄN HUY TƯỞNG, PHƯỜNG THANH XUÂN TRUNG, QUẬN THANH XUÂN, THÀNH PHỐ HÀ NỘI

CÔNG TY CỔ PHẦN

KIỂM ĐỊNH CÔNG TRÌNH TRỌNG ĐIỂM THĂNG LONG











DỰ ÁN:

Cầu Quang Vinh 1, cầu Quang Vinh 2 và hệ thống giao thông kết nối phường Đồng Bẩm, phường Quang Vinh và xã Cao Ngạn, thành phố Thái Nguyên.

■Ngày nhận bài: 05/02/2024 ■Ngày sửa bài: 14/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/4/2025

Đánh giá tiềm năng tiết kiệm năng lượng của một số giải pháp chiếu sáng, thông gió và điều hòa không khí cho một tòa nhà văn phòng giả định được xây dựng tại 03 thành phố có điều kiện khí hậu khác nhau ở Việt Nam

Energy efficiency potential assessment of lighting, ventilation, air conditioning solutions of an office building assumed to be built in 03 typical cities in different climate zones of Vietnam

> THS NGUYỄN CÔNG THỊNH[1], PGS.TS NGUYỄN ĐỨC LƯỢNG[2,*], TS NGUYỄN HOÀNG HIỆP[3], THS VŨ VIỆT HÀ[2]
[1]Vụ Khoa học Công nghệ Môi trường và Vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng
[2]Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
[3]Nhóm nghiên cứu ReCAS, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Mục tiêu chính của nghiên cứu này là thực hiện mô phỏng, phân tích và đánh giá cường độ sử dụng năng lượng của một công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng ở 03 thành phố điển hình thuộc các vùng khí hậu khác nhau của Việt Nam: TP Hà Nội (thuộc vùng khí hậu Đồng bằng Bắc Bộ), TP Đà Nẵng (thuộc vùng khí hậu Nam Trung Bộ), TP.HCM (thuộc vùng khí hậu Đông Nam Bộ) theo các kịch bản (kịch bản cơ sở - KBCS và kịch bản tiết kiệm năng lượng - KBTKNL) với việc xem xét áp dụng một số giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với các hệ thống chiếu sáng, điều hòa không khí và thông gió. Đối với KBCS các giải pháp được xem xét bao gồm: (i) hệ thống chiếu sáng sử dụng đèn huỳnh quang truyền thống; (ii) hệ thống điều hòa không khí VRF có chỉ số hiệu quả máy lạnh (COP) giả thiết là 3,8; (iii) không sử dụng hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (ERV). Đối với KBTKNL, các giải pháp được xem xét bao gồm: (i) thay thế đèn huỳnh quang truyền thống bằng đèn LED tiết kiệm điện cho hệ thống chiếu sáng; (ii) hệ thống điều hòa không khí VRF có chỉ số COP giả thiết là 5,0; (iii) có sử dụng hệ thống ERV. Kết quả mô phỏng tiêu thụ năng lượng cho thấy khi áp dụng đồng thời tất cả các giải pháp tiết kiệm năng lượng bao gồm hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng bằng đèn LED, hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao (chỉ số COP = 5,0) và hệ thống ERV trong KBTKNL sẽ đem lại mức tiết kiệm năng lượng lớn nhất so với KBCS, lần lượt là 26,41%, 27,98%, và 28,70% tương ứng với ba địa điểm xây dựng là TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM. Kết quả cũng cho thấy việc áp dụng đồng thời các giải pháp hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao và hệ thống thông gió thu hồi năng lượng đối với tòa nhà văn phòng giả định trong nghiên cứu có tiềm năng tiết kiệm năng lượng tương đối tốt trong các tháng có nhiệt độ không khí ngoài trời cao tại các thành phố.

Từ khóa: Tòa nhà văn phòng; mô phỏng năng lượng; cường độ sử dụng năng lượng (EUI); hệ thống chiếu sáng; hệ thống thông gió và điều hòa không khí.

ABSTRACT

The main objective of this study is to simulate, analyze and evaluate the energy use intensity (EUI) of an office building assumed to be built in 03 typical cities in different climate zones of Vietnam: Ha Noi City (in the Northern Delta climate zone), Da Nang City (in the South Central Coast climate zone), and Ho Chi Minh City (in the Southeast climate zone) under different scenarios (baseline scenario and energy saving scenario) with the consideration of applying energy saving solutions for lighting, air conditioning and ventilation systems. For the baseline

scenario, the solutions considered including: (i) lighting system using traditional fluorescent lamps; (ii) using VRF air conditioning system with the assumed coefficient of performance (COP) of 3.8; (iii) no energy recovery ventilation (ERV) system used. For the energy saving scenario, the solutions considered including: (i) replacing traditional fluorescent lamps with energy-saving LED lamps for the lighting system; (ii) using VRF air-conditioning system with the assumed COP of 5.0; (iii) using ERV system. The simulation results for energy consumption showed that when simultaneously applying all energy-saving solutions including energy-saving LED lighting system, VRF air-conditioning system with COP of 5.0, and ERV system in energy saving scenario, it would have the largest energy savings compared to the baseline scenario, with 26,41%, 27,98%, and 28,70% respectively for the three construction sites of Ha Noi, Da Nang and Ho Chi Minh City. The results also indicated that the simultaneous application of highly energy-efficient VRF air conditioning system and ERV system for the office building in this study has a relatively good energy saving potential during the months with high ambient air temperatures in cities.

Key words: Office building; energy simulation; energy use intensity (EUI); lighting system; ventilation and air conditioning systems.

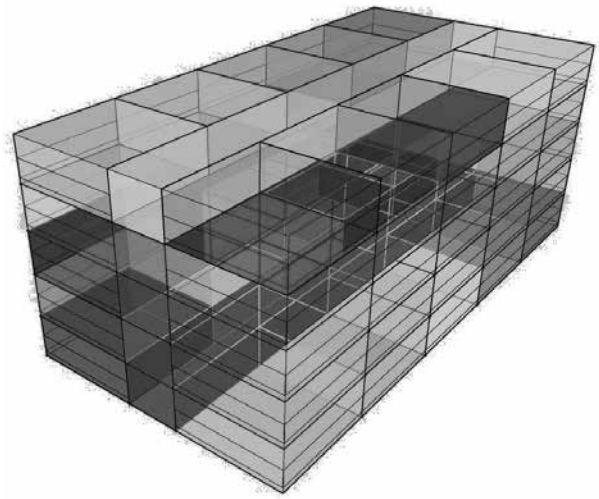
1. GIỚI THIỆU

Các tòa nhà văn phòng là một trong những đối tượng có mức tiêu thụ năng lượng lớn nhất trong lĩnh vực tòa nhà ở nhiều nước trên thế giới. Trong các công trình tòa nhà văn phòng, hoạt động vận hành các hệ thống kỹ thuật của tòa nhà (thông gió, điều hòa không khí, chiếu sáng…) chiếm đến hơn 40% mức tiêu thụ năng lượng trong công trình [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Trong những năm gần đây, các công trình tòa nhà văn phòng ngày càng được xây dựng nhiều hơn ở Việt Nam, do đó tiêu thụ năng lượng từ các công trình tòa nhà văn phòng có thể tiếp tục gia tăng trong những năm tới [7]. Vì vậy, cần có các nghiên cứu đánh giá mức tiêu thụ năng lượng của các tòa nhà văn phòng cũng như hiệu quả và tiềm năng ứng dụng của các giải pháp thiết kế chủ động đối với các hệ thống kỹ thuật của tòa nhà văn phòng trong việc thúc đẩy sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả của các công trình tòa nhà văn phòng. Mặt khác, tiêu thụ năng lượng của các tòa nhà văn phòng phụ thuộc vào điều kiện khí hậu của địa phương nơi tòa nhà được xây dựng. Xuất phát từ các vấn đề thực tiễn trên, mục tiêu chính của nghiên cứu này là thực hiện mô phỏng, phân tích và đánh giá cường độ sử dụng năng lượng của một công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng ở 03 thành phố điển hình thuộc các vùng khí hậu khác nhau của Việt Nam: TP Hà Nội (thuộc vùng khí hậu Đồng bằng Bắc Bộ), TP Đà Nẵng (thuộc vùng khí hậu Nam Trung Bộ), TP.HCM (thuộc vùng khí hậu Đông Nam Bộ) theo các kịch bản (kịch bản cơ sở và kịch bản tiết kiệm năng lượng) với việc xem xét áp dụng một số giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với các hệ thống chiếu sáng, điều hòa không khí và thông gió. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả không xem xét ảnh hưởng của các giải pháp kết cấu bao che đối với mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà văn phòng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô tả tòa nhà văn phòng được thực hiện mô phỏng năng lượng

Để thực hiện nội dung mô phỏng mức độ tiêu thụ năng lượng, một công trình tòa nhà văn phòng giả định được thiết lập với các thông số kỹ thuật cơ bản bao gồm 05 tầng với tổng diện tích sàn là 5000 m^2 (Hình 1). Nhằm đảm bảo đáp ứng các yêu cầu sử dụng năng lượng hiệu quả, các hệ thống kỹ thuật trong công trình tòa nhà văn phòng được giả định thiết kế theo các quy định của QCVN 09:2017/BXD - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả. Trong nghiên cứu này, hệ thống kết cấu chịu lực của tòa nhà văn phòng sử dụng khung bê tông cốt thép; lớp vỏ bao che của công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây bằng tường gạch nung truyền thống cùng lớp vữa trát trong và trát ngoài; hệ thống tường kính của tòa nhà có tỷ số diện tích cửa sổ kính và diện tích tường (WWR) giả thiết có giá trị 0,4. Mức tiêu thụ năng lượng của các thiết bị tải cắm trong công trình tòa nhà văn phòng được giả thiết là 12W/m^2. Do nghiên cứu này tập trung vào việc mô phỏng, phân tích và đánh giá mức độ tiêu thụ năng lượng của các hệ thống chiếu sáng, điều hòa không khí và thông gió theo các kịch bản khác nhau (mô tả chi tiết ở mục 2.3 bên dưới) nên các thông số đối với lớp vỏ bao che của tòa nhà văn phòng được giả thiết là giống nhau trong tất cả các kịch bản nghiên cứu.



Hình 1. Công trình tòa nhà văn phòng giả định được tạo bởi phần mềm Sketchup và OpenStudio sử dụng trong nghiên cứu này

Mặt khác, để xem xét ảnh hưởng của điều kiện khí hậu tại các vùng miền khác nhau của nước ta đối với các kết quả mô phỏng tiêu thụ năng lượng, nhóm nghiên cứu thực hiện mô phỏng tiêu thụ năng lượng cho công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 03 thành phố đại diện cho 03 vùng khí hậu đặc trưng của Việt Nam bao gồm có TP Hà Nội (thuộc vùng khí hậu Đồng bằng Bắc Bộ), TP Đà Nẵng (thuộc vùng khí hậu Nam Trung Bộ), TP.HCM (thuộc vùng khí hậu Đông Nam Bộ). Theo đó, các thông số điều kiện khí hậu của TP Hà Nội, TP Đà Nẵng, TP.HCM được thu thập và sử dụng làm dữ liệu đầu vào cho quá trình mô phỏng tiêu thụ năng lượng cho công trình tòa nhà văn phòng.

2.2. Phương pháp mô phỏng mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà văn phòng

Phương pháp mô phỏng mức độ tiêu thụ năng lượng của công trình tòa nhà văn phòng được thực hiện bởi phần mềm EnergyPlus (https://energyplus.net). Đây là một phần mềm được sử dụng rất phổ biến trong nhiều nghiên cứu để thực hiện mô phỏng, phân tích mức độ tiêu thụ năng lượng trong các công trình [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14] với mục đích đề xuất các giải pháp áp dụng cho các công trình

tiết kiệm năng lượng hay công trình xanh [15, 16]. EnergyPlus là phần mềm mã nguồn mở được viết bởi ngôn ngữ lập trình C++ do Bộ Năng lượng Hoa Kỳ phát triển chạy trên nền tảng hệ điều hành Windows (https://github.com/NREL/EnergyPlus). Phần mềm thực hiện các thuật toán và các công cụ mô phỏng mức độ tiêu thụ năng lượng cụ thể cùng với hỗ trợ nhiều định dạng dữ liệu đầu vào và kết quả đầu ra khác nhau, cho phép người sử dụng dễ dàng tiếp cận và vận hành trong nhiều theo các điều kiện giả định đến thực tế.

Để có thể thúc đẩy việc sử dụng rộng rãi phần mềm mô phỏng mức độ tiêu thụ năng lượng, các nhà phát triển phần mềm EnergyPlus đã phát triển thêm phần mềm OpenStudio được viết bởi nhiều ngôn ngữ lập trình đa dạng như Python, C# và Ruby (https://github.com/NREL/OpenStudio). Đây là phần mềm đóng vai trò trung gian cho phép người sử dụng có thể kết nối với phần mềm thiết kế kiến trúc Sketchup và EnergyPlus. Các tính năng nổi bật của phần mềm OpenStudio có thể kể đến như (a) cung cấp API cho phép kết nối, truy xuất dữ liệu và hiệu chỉnh mô hình dễ dàng; (b) cung cấp hệ thống thư viện đa dạng và kết nối chia sẻ giữa người dùng; (c) hỗ trợ nhiều định dạng bản vẽ thiết kế, trong đó có Sketchup.

Với nhiều tính năng hỗ trợ thuận tiện cho người sử dụng đã trình bày ở trên đây, nhóm nghiên cứu tiến hành thiết kế giả định không gian cho công trình tòa nhà văn phòng (hình 1) bằng phần mềm thiết kế kiến trúc 3D Sketchup (https://www.sketchup.com). Các thông số cơ bản của công trình bao gồm hệ thống tường kính, hệ thống tường bao che cùng với không gian kiến trúc và vùng nhiệt được thiết lập cho quá trình mô phỏng tiêu thụ năng lượng. Với các tính năng ưu việt này, nhóm nghiên cứu có thể tiến hành mô phỏng, phân tích và đánh giá mức độ tiêu thụ năng lượng của công trình tòa nhà văn phòng dưới các kịch bản khác nhau. Căn cứ vào kết quả mô phỏng, nhóm nghiên cứu sẽ xem xét và đề xuất các giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với các hệ thống chiếu sáng, điều hòa không khí và thông gió trong công trình tòa nhà văn phòng.

2.3. Các kịch bản mô phỏng năng lượng tòa nhà

Trong nghiên cứu này, các kịch bản mô phỏng tiêu thụ năng lượng đối với công trình tòa nhà văn phòng giả định bao gồm (a) kịch bản cơ sở và (b) kịch bản tiết kiệm năng lượng. Đối với kịch bản cơ sở, các giải pháp thiết kế ban đầu của hệ thống chiếu sáng, hệ thống điều hòa không khí và hệ thống thông gió của công trình tòa nhà văn phòng giả định được xem xét như sau: (i) hệ thống chiếu sáng sử dụng đèn huỳnh quang truyền thống; (ii) hệ thống điều hòa không khí VRF có chỉ số hiệu quả máy lạnh (COP) giả thiết là 3,8; (iii) không sử dụng hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (ERV). Đối với KBTKNL, các giải pháp thiết kế sử dụng năng lượng hiệu quả trong công trình tòa nhà văn phòng được xem xét bao gồm: (i) thay thế đèn huỳnh quang truyền thống bằng đèn LED tiết kiệm điện cho hệ thống chiếu sáng; (ii) hệ thống điều hòa không khí VRF có chỉ số COP giả thiết là 5,0; (iii) có sử dụng hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (Bảng 1). Các trường hợp được xem xét trong các kịch bản mô phỏng năng lượng được thể hiện ở Bảng 2. Cường độ sử dụng năng lượng (EUI, kWh/m^2) của tòa nhà văn phòng giả định tương ứng với các kịch bản sẽ được mô phỏng, phân tích để đánh giá hiệu quả và tiềm năng áp dụng của các giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với các hệ thống chiếu sáng, hệ thống điều hòa không khí và hệ thống thông gió của công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại TP Hà Nội, TP Đà Nẵng, TP.HCM.

Bảng 1. Giải pháp đối với các hệ thống chiếu sáng, điều hòa không khí, thông gió của tòa nhà văn phòng được xem xét trong các kịch bản mô phỏng năng lượng

	Kịch bản cơ sở (KBCS)	**Kịch bản tiết kiệm năng lượng (KBTKNL)**
Hệ thống chiếu sáng	Đèn huỳnh quang công suất 40W	Đèn LED tiết kiệm năng lượng công suất 20W
Hệ thống điều hòa không khí	VRF có chỉ số COP = 3,8	VRF có chỉ số COP = 5,0
Hệ thống thông gió	Không áp dụng hệ thống ERV	Có áp dụng hệ thống ERV

Bảng 2. Các trường hợp được xem xét trong các kịch bản mô phỏng năng lượng

Các kịch bản mô phỏng năng lượng		**Hệ thống chiếu sáng**		**Hệ thống điều hòa không khí**		**Hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (ERV)**
		Đèn huỳnh quang công suất 40W	**Đèn LED tiết kiệm năng lượng công suất 20W**	**VRF có chỉ số COP = 3,8**	**VRF có chỉ số COP = 5,0**	
KBCS		✓	X	✓	X	X
KBTKNL	KB1	X	✓	✓	X	X
	KB2	✓	X	✓	X	✓
	KB3	✓	X	X	✓	X
	KB4	X	✓	✓	X	✓
	KB5	X	✓	X	✓	X
	KB6	X	✓	X	✓	✓

Ghi chú: ✓ - Áp dụng; X - Không áp dụng.

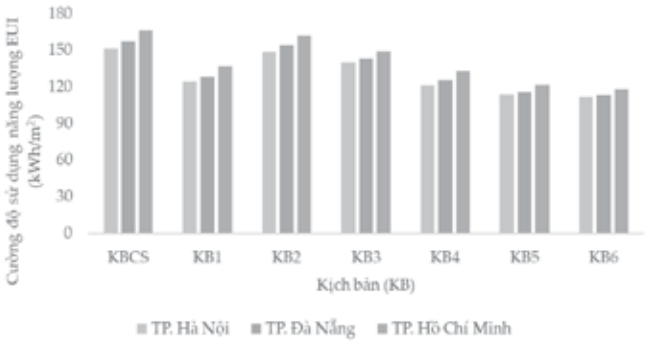
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả mô phỏng cường độ sử dụng năng lượng (EUI) của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng ở TP Hà Nội, TP Đà Nẵng, TP.HCM đối với các kịch bản (KBCS và KBTKNL: KB1-6) được thể hiện ở Hình 2. Đối với KBCS, giá trị EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng ở 03 thành phố dao động trong khoảng từ 151,49 đến 166,19 (kWh/m^2). Nhìn chung, EUI của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng ở TP.HCM có giá trị lớn nhất, tiếp đến là TP Đà Nẵng và TP Hà Nội trong tất cả các kịch bản mô phỏng năng lượng. Điều này có thể liên quan nhiều đến đặc điểm khí hậu của các địa phương và khoảng thời gian sử dụng điều hòa không khí trong năm. Trong số 03 địa phương, TP.HCM có đặc điểm khí hậu với hai mùa rõ rệt: mùa mưa và mùa khô, với nhiệt độ cao và nhiệt độ ổn định trong năm. Do đó khoảng thời gian sử dụng điều hòa không khí trong một năm là dài hơn và dẫn tới mức tiêu thụ năng lượng của tòa nhà lớn hơn so với TP Đà Nẵng và TP Hà Nội.

Trong kịch bản KB1, khi xem xét áp dụng giải pháp thay thế hệ thống chiếu sáng sử dụng đèn huỳnh quang thông thường bằng hệ thống chiếu sáng sử dụng đèn LED tiết kiệm năng lượng thì mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng so với KBCS lần lượt là

17,88%, 18,31% và 17,66% tương ứng với địa điểm xây dựng là TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM. Đối với kịch bản KB2, khi xem xét áp dụng hệ thống ERV thì mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM lần lượt là 2,18%, 2,11% và 2,53% so với KBCS (Hình 2).

Khi xem xét kịch bản KB3, trường hợp thay thế hệ thống điều hòa không khí VRF có chỉ số COP = 3,8 bằng hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao hơn (chỉ số COP = 5,0) thì mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng so với KBCS lần lượt là 7,65%, 9,12% và 10,21% tương ứng với địa điểm xây dựng là TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM (Hình 2).

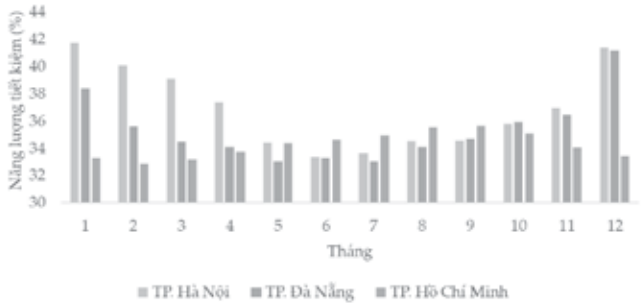


Hình 2. Kết quả mô phỏng cường độ sử dụng năng lượng của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại 03 thành phố đối với các kịch bản khác nhau

Như vậy, kết quả mô phỏng năng lượng đối với các kịch bản KB1, KB2, KB3 cho thấy đối với tòa nhà văn phòng giả định trong nghiên cứu này, việc áp dụng giải pháp sử dụng hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng bằng đèn LED đem lại mức tiết kiệm năng lượng cao nhất đối với cả ba địa điểm xây dựng là TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM so với trường hợp áp dụng riêng đối với hai giải pháp còn lại (hệ thống thông gió thu hồi năng lượng hoặc hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao) được xem xét trong nghiên cứu này.

Khi xem xét kết hợp đồng thời một số giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với tòa nhà văn phòng giả định trong nghiên cứu này, kết quả mô phỏng năng lượng cho thấy việc áp dụng đồng thời hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng bằng đèn LED và hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (ERV) trong kịch bản KB4 thì đem lại mức tiết kiệm năng lượng trên dưới 20% so với KBCS ở tất cả các địa điểm xây dựng. Tuy nhiên, mức tiết kiệm năng lượng của tòa nhà văn phòng sẽ tăng lên tương đối trong kịch bản KB5 khi áp dụng đồng thời hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng bằng đèn LED và hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao (chỉ số COP = 5,0), với mức tiết kiệm năng lượng lần lượt là 24,77%, 26,53% và 26,93% tương ứng với ba địa điểm xây dựng là TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM. Cuối cùng, khi áp dụng đồng thời tất cả các giải pháp tiết kiệm năng lượng bao gồm hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng bằng đèn LED, hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao (chỉ số COP = 5,0) và hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (ERV) trong kịch bản KB6 sẽ đem lại mức tiết kiệm năng lượng lớn nhất, với mức tiết kiệm năng lượng so với KBCS lần lượt là 26,41%, 27,98%, và 28,70% tương ứng với ba địa điểm xây dựng là TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM (Hình 2).

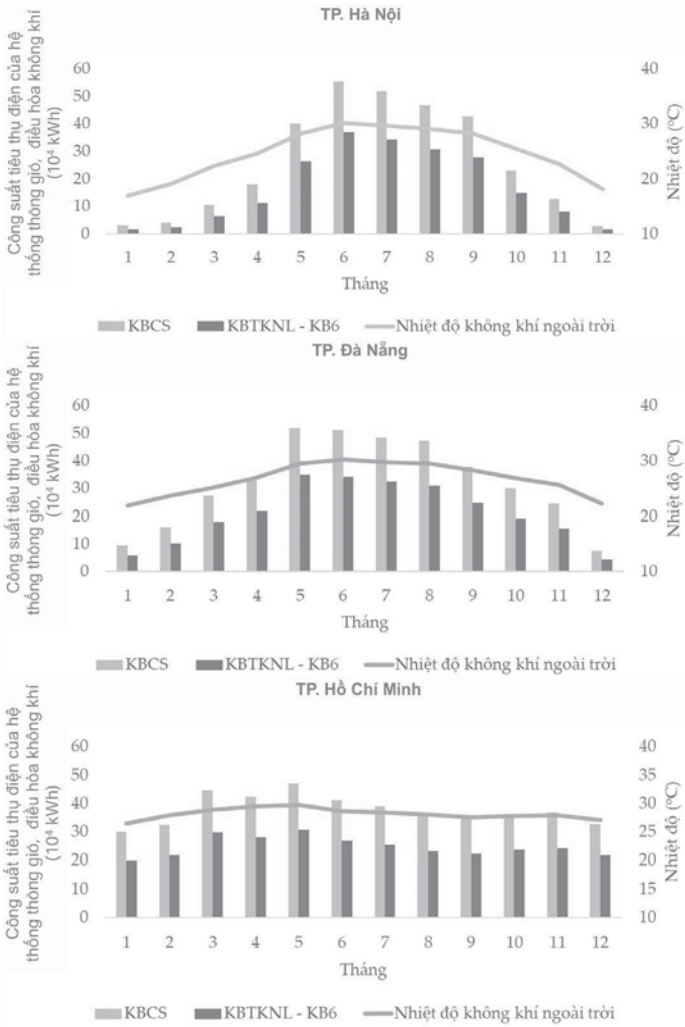
Hình 3 thể hiện kết quả đánh giá mức tiết kiệm năng lượng hàng tháng đối với hệ thống thông gió, điều hòa không khí của tòa nhà văn phòng trong kịch bản KB6 so với KBCS. Có thể nhận thấy mức tiết kiệm năng lượng đối với hệ thống thông gió, điều hòa không khí của tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại TP Hà Nội lớn nhất trong các tháng đầu năm (tháng 1-4) và cuối năm (tháng 11-12). Ngược lại, tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại TP.HCM có mức tiết kiệm năng lượng đối với hệ thống thông gió, điều hòa không khí nhỏ nhất trong các tháng đầu năm (tháng 1-4) và cuối năm (tháng 10-12). Xu hướng diễn biến mức tiết kiệm năng lượng hàng tháng đối với hệ thống thông gió, điều hòa không khí của tòa nhà văn phòng giả định xây dựng tại TP Đà Nẵng khá tương đồng với tại TP Hà Nội. Đối với TP Hà Nội, mức tiết kiệm năng lượng cao nhất (trên 40%) là vào tháng 1 và tháng 12. Tỷ lệ này giảm dần vào các tháng giữa năm và đạt mức thấp nhất vào khoảng tháng 6 và tháng 7. Xu hướng biến đổi này liên quan đến sự thay đổi về nhu cầu sử dụng năng lượng cho làm mát theo mùa và theo các tháng trong năm ở TP Hà Nội (các tháng 6 và 7 là các tháng cao điểm về nhu cầu sử điện cho các hệ thống điều hòa không khí). Khi xem xét trường hợp của TP.HCM, kết quả cho thấy mức tiết kiệm năng lượng hằng tháng đối với hệ thống thông gió, điều hòa không khí có sự biến động giữa các tháng trong năm nhỏ hơn so với trường hợp của TP Hà Nội và TP Đà Nẵng.



Hình 3. Mức tiết kiệm năng lượng hàng tháng đối với hệ thống thông gió, điều hòa không khí của tòa nhà văn phòng trong KB6 so với KBCS

Để đánh giá về mối liên hệ giữa yếu tố điều kiện khí hậu và nhu cầu sử dụng năng lượng cho làm mát theo các tháng trong năm, các giá trị trung bình tháng của các thông số nhiệt độ không khí ngoài trời, công suất tiêu thụ điện của hệ thống thông gió, điều hòa không khí theo các kịch bản KBCS và KB6 đối với tòa nhà văn phòng giả định được xây dựng tại 03 thành phố được thể hiện ở Hình 4. Kết quả cho thấy có sự tương đồng về xu hướng biến đổi theo tháng của các thông số nhiệt độ không khí ngoài trời, công suất tiêu thụ điện của hệ thống thông gió, điều hòa không khí trong cả hai kịch bản KBCS và KB6 tại tất cả các thành phố. Đối với TP Hà Nội và TP Đà Nẵng, nhiệt độ không khí ngoài trời trung bình tháng có giá trị cao trong các tháng 5-9, tương ứng với các giá trị lớn nhất của công suất tiêu thụ điện của hệ thống thông gió, điều hòa không khí trong các tháng này. Trong trường hợp của TP.HCM, trong các tháng 3-6, nhiệt độ không khí ngoài trời trung bình tháng có giá trị cao hơn các tháng còn lại và công suất tiêu thụ điện của hệ thống thông gió, điều hòa không khí trong các tháng này cũng lớn hơn. Nhìn chung, mức độ dao động của công suất tiêu thụ điện của hệ thống thông gió, điều hòa không khí theo các tháng trong năm tại TP.HCM là nhỏ hơn so với các trường hợp tương ứng tại TP Hà Nội và TP Đà Nẵng, do sự dao động của giá trị nhiệt độ không khí ngoài trời trung bình tháng tại TP.HCM là không quá lớn như tại TP Hà Nội và TP Đà Nẵng.

Khi so sánh giữa hai kịch bản KBCS và KB6, kết quả cho thấy công suất tiêu thụ điện của hệ thống thông gió, điều hòa không khí trong kịch bản KB6 thấp hơn đáng kể so với trong kịch bản KBCS, đặc biệt là các tháng có nhiệt độ không khí ngoài trời cao (tháng 5-9) ở TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và trong hầu hết các tháng ở TP.HCM. Kết quả này cho thấy tiềm năng tiết kiệm năng lượng trong các tháng có nhiệt độ không khí ngoài trời cao tại các thành phố khi áp dụng đồng thời các giải pháp hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao (chỉ số COP = 5,0) và hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (ERV).



Hình 4. Sự biến đổi theo tháng của các thông số nhiệt độ không khí ngoài trời, công suất tiêu thụ điện của hệ thống thông gió, điều hòa không khí theo các kịch bản KBCS và KB6

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã thực hiện mô phỏng, phân tích và đánh giá cường độ sử dụng năng lượng của một công trình tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng ở 03 thành phố điển hình thuộc các vùng khí hậu khác nhau của Việt Nam: TP Hà Nội (thuộc vùng khí hậu Đồng bằng Bắc Bộ), TP Đà Nẵng (thuộc vùng khí hậu Nam Trung Bộ), TP.HCM (thuộc vùng khí hậu Đông Nam Bộ) theo các kịch bản (kịch bản cơ sở và kịch bản tiết kiệm năng lượng) với việc xem xét áp dụng một số giải pháp tiết kiệm năng lượng đối với các hệ thống chiếu sáng, điều hòa không khí và thông gió. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc áp dụng giải pháp hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng bằng đèn LED thay cho hệ thống chiếu sáng sử dụng đèn huỳnh quang truyền thống có thể đem lại mức tiết kiệm năng lượng tương đối lớn so với trường hợp áp dụng riêng giải pháp hệ thống thông gió thu hồi năng lượng (ERV) hoặc hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao (COP = 5,0) đối với tòa nhà văn phòng được giả định xây dựng tại TP Hà Nội, TP Đà Nẵng và TP.HCM trong nghiên cứu này. Nghiên cứu cũng cho thấy mức tiêu thụ và tiết kiệm năng lượng của các hệ thống thông gió, điều hòa không khí của tòa nhà văn phòng giả định có mối liên quan chặt chẽ với sự biến đổi của nhiệt độ không khí ngoài trời theo các tháng trong năm tại 03 thành phố. Đặc biệt, việc áp dụng đồng thời các giải pháp hệ thống điều hòa không khí VRF có hiệu suất năng lượng cao và hệ thống thông gió thu hồi năng lượng có tiềm năng tiết kiệm năng lượng tương đối tốt trong các tháng có nhiệt độ không khí ngoài trời cao tại các thành phố. Các kết quả của nghiên cứu này có thể góp phần cung cấp thêm các cơ sở khoa học, tham khảo cho các nghiên cứu có liên quan cũng như hỗ trợ việc thực hiện các giải pháp đối với các hệ thống kỹ thuật của tòa nhà nhằm thúc đẩy việc sử dụng năng lượng tiết kiệm và hiệu quả cho các công trình tòa nhà văn phòng nói riêng và các loại hình tòa nhà khác nói chung ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Castell A., Solé C., An overview on design methodologies for liquid-solid PCM storage systems, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2015, 52, 289-307, https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.119

[2]. Chen Y., Guo M., Chen Z., Chen Z., Ji Y., Physical energy and data-driven models in building energy prediction: A review, Energy Report, 2022, 8, 2656-2671, https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.162

[3]. Garwood T.L., Hughes B.R., Oates M.R., O'Connor D., Hughes R., A review of energy simulation tools for the manufacturing sector, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2018, 81(1), 895-911, https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.063

[4]. Nematchoua M.K., Yvon A., Roy S.E.J., Ralijaona C.G., Mamiharijaona R., Razafinjaka J.N., Tefy R., A review on energy consumption in the residential and commercial buildings located in tropical regions of Indian Ocean: A case of Madagascar island, Journal of Energy Storage, 2019, 24, 100748, https://doi.org/10.1016/j.est.2019.04.022

[5]. Shen P., Wang H., Archetype building energy modeling approaches and applications: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2024, 199, 114478, https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114478

[6]. Soares N., Costa J.J., Gaspar A.R., Santos P., Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency, Energy and Buildings, 2013, 59, 82-103, https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.12.042

[7]. Thinh N.C., Luong N.D., Hiep N.H., Assessing energy saving potential of building envelope solutions for an office building assumed to be constructed in 03 cities with different climate conditions in Vietnam, Journal of Construction, 2024, 11, 104-108, https://vjol.info.vn/index.php/tcxd/article/view/104878

[8]. Andarini R., The Role of Building Thermal Simulation for Energy Efficient Building Design, Energy Procedia, 2014, 47, 217-226, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.01.217

[9]. Atam E., Current software barriers to advanced model-based control design for energy-efficient buildings, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 73, 1031-1040, https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.015

[10]. Brown N., Ubbelohde M.S., Loisos G., Philip S., Quick Design Analysis for Improving Building Energy Performance, Energy Procedia, 2014, 57, 1868-1877, https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.051

[11]. Chen Y., Li C., Modeling and optimization method for building energy performance in the design stage, Journal of Building Engineering, 2024, 87, 109019, https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109019

[12]. Heidarinejad M, Mattise N., Sharma K., Srebric J., Creating Geometry with Basic Shape Templates in OpenStudio, Procedia Engineering, 2017, 205, 1990-1995, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.068

[13]. Nowakowski P., Beauty and Utility in Architecture, Interior Design and in the New European Bauhaus Concepts, Buildings, 2024, 14(4), 870, https://doi.org/10.3390/buildings14040870

[14]. Petri I., Li H., Rezgui Y., Chunfeng Y., Yuce B., Jayan B., A modular optimisation model for reducing energy consumption in large scale building facilities, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014, 38, 990-1002, https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.044

[15]. Chen P.H., Nguyen T.C., Integrating BIM and Web Map Service (WMS) for Green Building Certification, Procedia Engineering, 2016, 164, 503-509, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.11.651

[16]. Liu Y., Pedrycz W., Deveci M., Chen Z.S., BIM-based building performance assessment of green buildings - A case study from China, Applied Energy, 2024, 373, 123977, https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.123977.

■Ngày nhận bài: 03/3/2025 ■Ngày sửa bài: 19/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Nghiên cứu đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14

Study on evaluating the fire resistance of simple reinforced concrete slabs based on the ACI 216.1M-14

> TS ĐÀO SỸ ĐÁN
Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: sydandao@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Vấn đề phòng cháy và chữa cháy là hết sức quan trọng trong các công trình xây dựng, để hạn chế đến mức thấp nhất thiệt hại do cháy gây ra. Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn theo Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc xác định khả năng chống cháy theo phương pháp phân tích tuy phức tạp hơn phương pháp tra bảng nhưng cho kết quả tính phù hợp hơn với yêu cầu chịu lực của kết cấu. Ngược lại, phương pháp tra bảng tuy đơn giản nhưng cho kết quả tính quá bảo thủ.

Từ khóa: Khả năng chống cháy, chống cháy bị động, tấm bê tông cốt thép, ACI 216.1M-14.

ABSTRACT

Fire prevention and firefighting are extremely important in construction projects to minimize damage caused by fire. The objective of this study is to evaluate the fire resistance of simple reinforced concrete slabs based on ACI 216.1M-14. The research results show that determining fire resistance through analytical methods, although more complex than the tabular approach, provides more suitable results for structural load-bearing requirements. On the other hand, the tabular method, while simpler, tends to yield overly conservative results.

Keywords: Fire resistance, passive fire protection, reinforced concrete slabs, ACI 216.1M-14.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cháy là sự đốt cháy nhiên liệu và lan rộng không kiểm soát được theo thời gian và không gian, gây nguy hiểm đến tính mạng con người và tài sản vật chất. Vì vậy, vấn đề phòng cháy và chữa cháy là hết sức quan trọng trong các công trình xây dựng, để hạn chế đến mức thấp nhất việc xảy ra các đám cháy, cũng như nhanh chóng kiểm soát hay dập tắt đám cháy nếu có, làm giảm thiểu thiệt hại đối với cả con người và tài sản.

Hệ thống phòng cháy, chữa cháy được chia thành hai loại là chủ động và bị động. Chống cháy chủ động là việc sử dụng các thiết bị như bình chữa cháy, hệ thống phun nước, để ngăn chặn và kiểm soát đám cháy. Chống cháy bị động là việc sử dụng vật liệu chống cháy và các giải pháp kết cấu để giảm thiểu tác hại của đám cháy và ngăn chặn sự lan rộng của đám cháy. Ứng xử của các kết cấu công trình trong điều kiện hỏa hoạn phụ thuộc vào nhiều yếu tố, như loại vật liệu kết cấu được sử dụng, kích thước, hình dạng và diện tích của công trình, điều kiện thông gió cũng như khả năng chống cháy của lớp vật liệu hoàn thiện mặt ngoài của kết cấu.

Tại Việt Nam, các nghiên cứu về khả năng chống cháy của kết cấu bê tông cốt thép còn khá ít, như các nghiên cứu của Thắng và Ninh - 2016 [1], Trung và cộng sự - 2019 [2], Thắng và Trung - 2019 [3], Bình và Hùng - 2022 [4] và Hằng - 2025 [5]. Hầu hết các nghiên cứu trong nước mới chỉ trình bày và phân tích khả năng chống cháy của kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn châu Âu EN 1992-1-2.

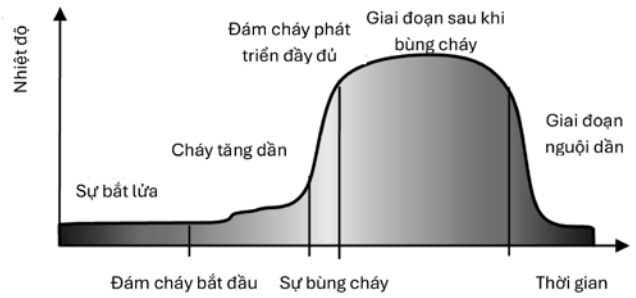
Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép giản đơn theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 216.1M-14 [6]. Bài báo hy vọng sẽ hữu ích cho các nhà nghiên cứu cũng như các kỹ sư quan tâm tới việc tính toán thiết kế chống cháy cho kết cấu bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ.

2. NGUYÊN TẮC CHUNG CỦA TIÊU CHUẨN ACI 216.1M-14

Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14 quy định việc xác định khả năng chống cháy cho kết cấu bê tông và bê tông cốt thép được thiết kế tuân theo Tiêu chuẩn ACI 318M-11 [7] tương ứng. Các cấu kiện tấm tường, sàn và mái phải đáp ứng quy định về chiều dày tối thiểu để đảm bảo khả năng chống cháy cho các tấm có mục đích như một vách ngăn lửa. Các kết cấu bê tông cốt thép phải đáp ứng quy định bổ sung về chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép cho mục đích duy trì khả năng chống cháy. Trong một số trường hợp, có sự phân biệt giữa bê tông thông thường được làm từ cốt liệu cacbonat và cốt liệu silic. Nếu không xác định được loại cốt liệu, giá trị tương ứng với loại cốt liệu yêu cầu độ dày cấu kiện hoặc lớp bảo vệ cốt thép lớn nhất sẽ được sử dụng khi đánh giá khả năng chống cháy.

2.1. Đường cong thời gian - nhiệt độ tiêu chuẩn của đám cháy

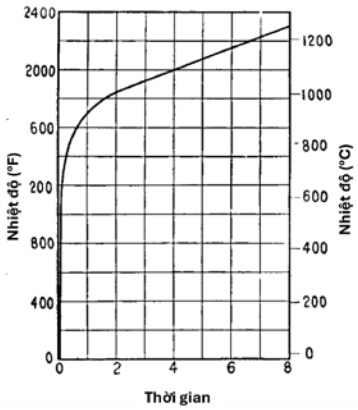
Hầu hết các đám cháy đều có thể được mô hình thông qua đường cong quan hệ giữa thời gian và nhiệt độ phát sinh của đám cháy. Vậy, một đám cháy thường phát sinh và phát triển như thế nào? Theo nghiên cứu của Lehner [8], mối quan hệ giữa nhiệt độ đám cháy và thời gian cháy được thể hiện như Hình 1 dưới đây.



Hình 1. Mô hình đám cháy thực tế

Tại thời điểm ban đầu, một đám cháy trong phòng thường có đặc điểm giống như một đám cháy ngoài trời, với nhiệt độ tương đối thấp và phạm vi cháy nhỏ. Ở giai đoạn này, các biện pháp chống cháy chủ động sẽ có hiệu quả tốt nhất. Nếu đám cháy không được phát hiện kịp thời ở giai đoạn này hoặc các biện pháp chống cháy chủ động không hiệu quả thì đám cháy sẽ tiếp tục phát triển, làm cho nhiệt độ trong phòng tăng dần lên do sự cháy của các vật liệu dễ cháy. Khi nhiệt độ đám cháy tăng lên khoảng 600^{0}C ở những khu vực cao hơn trong phòng như trần nhà thì một sự bùng cháy hoàn toàn sẽ xảy ra. Ở giai đoạn này, ngọn lửa bùng cháy dữ dội và đám cháy bước vào giai đoạn cháy hoàn toàn và nhanh chóng đạt tới nhiệt cao nhất của nó. Sau giai đoạn này, đám cháy bước sang giai đoạn nguội dần rồi tắt hẳn. Thông thường, khi nhiệt độ trong phòng giảm xuống khoảng 80% nhiệt độ cao nhất của giai đoạn cháy hoàn toàn thì đám cháy bước vào giai đoạn nguội dần bởi vì nguồn nguyên liệu cho đám cháy đã cạn dần. Thông thường, quá trình nguội dần của đám cháy xảy ra nhanh hơn so với quá trình hình thành và phát triển của đám cháy.

Quá trình hình thành và phát triển của mỗi đám cháy trong thực tế là khác nhau, nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như hình dạng, kích thước của phòng bị cháy; khối lượng và loại vật liệu cháy… Do vậy, nó là cần thiết phải định nghĩa một đám cháy tiêu chuẩn cho việc đánh giá khả năng chống cháy của các kết cấu xây dựng khác nhau. Tiêu chuẩn ASTM E119-12a [9] quy định đường cong thời gian - nhiệt độ tiêu chuẩn của đám cháy tiêu chuẩn, như được thể hiện ở Hình 2 dưới đây.



Hình 2. Đường cong thời gian - nhiệt độ của đám cháy tiêu chuẩn theo ASTM E119-12a [9]

2.2. Quy định về chiều dày tối thiểu của các tấm tường, sàn và mái

Các tấm tường, sàn và mái chịu lực hoặc không chịu lực được quy định có mức độ chống cháy từ 1 đến 4 giờ, phải có chiều dày tương đương (t_e) đáp ứng quy định của Bảng 1 dưới đây. Khả năng chống cháy của các tấm tường, sàn và mái có cấu tạo nhiều lớp khác nhau hoặc có thêm lớp vật liệu cách nhiệt sẽ được trình bày trong các nghiên cứu tiếp theo. Chiều dày tương đương của tấm tường và sàn đặc với bề mặt phẳng chính là chiều dày thực tế của chúng. Với các tấm tường và sàn bê tông lõi rỗng, các tấm tường, sàn và mái dạng bản cánh với chiều dày bản cánh giảm dần và các tấm mà bề mặt có gân hoặc lượn sóng thì chiều dày tương đương được quy định riêng trong ACI 216.1M-14.

Bảng 1. Khả năng chống cháy của tấm tường, sàn và mái một lớp đơn

Loại cấp phối	Chiều dày tương đương tối thiểu với các mức độ chống cháy khác nhau (mm)				
	1 giờ	1,5 giờ	2 giờ	3 giờ	4 giờ
Silic	90	110	125	155	175
Cacbonat	80	100	115	145	170
Trọng lượng nửa nhẹ	70	85	95	115	135
Trọng lượng nhẹ	65	80	90	110	130

2.3. Ảnh hưởng của vật liệu hoàn thiện đến khả năng chống cháy tấm bê tông cốt thép

Với các tấm tường hoặc sàn chỉ có vật liệu hoàn thiện trên một mặt hoặc có loại hoặc chiều dày khác nhau, hoặc cả hai khác nhau trên mỗi mặt của tấm thì cần giả sử mỗi mặt của tấm là tiếp xúc với lửa. Kết quả tính khả năng chống cháy của tấm bao gồm cả vật liệu hoàn thiện không lớn hơn giá trị nhỏ hơn của hai giá trị được tính toán, ngoại trừ trường hợp quy chuẩn thiết kế quy định rằng chỉ một mặt của tấm có tiếp xúc với lửa.

Khi vật liệu hoàn thiện được sử dụng cho mặt không tiếp xúc với lửa của tấm thì khả năng chống cháy của toàn bộ tấm được xác định như sau: Chiều dày của lớp vật liệu hoàn thiện được hiệu chỉnh bằng cách nhân chiều dày thực tế của nó với hệ số nhân được quy định trong Bảng 2. Chiều dày lớp vật liệu hoàn thiện hiệu chỉnh sẽ được thêm vào chiều dày thực tế hoặc chiều dày tương đương của tấm, rồi xác định khả năng chống cháy của tấm bê tông bao gồm ảnh hưởng của lớp vật liệu hoàn thiện từ Bảng 1.

Bảng 2. Hệ số nhân cho những lớp vật liệu hoàn thiện trên mặt không tiếp xúc với lửa của tấm bê tông

Loại vật liệu của tấm	Loại vật liệu hoàn thiện sử dụng cho tấm			
	Vữa hoặc đá mài xi măng - cát	Vữa thạch cao - cát	Vữa thạch cao - vecmimilit hoặc peclit	Tấm thạch cao
Bê tông silic, cacbonat, xỉ làm mát bằng không khí	1,00	1,25	1,75	3,00
Bê tông nửa nhẹ	0,75	1,00	1,50	2,25
Bê tông nhẹ, bê tông cách nhiệt	0,75	1,00	1,25	2,25

Khi lớp vật liệu hoàn thiện được sử dụng cho mặt tiếp xúc với lửa của tấm thì khả năng chống cháy của toàn bộ tấm được xác định như sau: Thời gian được gán cho lớp vật liệu hoàn thiện trong Bảng 3 sẽ được cộng vào khả năng chống cháy được xác định từ Bảng 1 hoặc cộng vào khả năng chống cháy được xác định cho tấm bê tông với lớp vật liệu hoàn thiện trên mặt không tiếp xúc với lửa.

Khi lớp vật liệu hoàn thiện sử dụng cho một tấm sàn bê tông đóng góp vào khả năng chống cháy thì một mình bê tông phải

cung cấp không ít hơn một nửa của khả năng chống cháy tổng cộng. Ngoài ra, sự đóng góp vào khả năng chống cháy của lớp vật liệu hoàn thiện trên mặt không tiếp xúc với lửa không được vượt quá một nửa sự đóng góp của một mình bê tông.

Bảng 3. Thời gian được gán cho các lớp vật liệu hoàn thiện trên mặt tiếp xúc với lửa của tấm bê tông

Mô tả lớp vật liệu hoàn thiện	Thời gian (phút)
Tấm thạch cao	
10 mm	10
13 mm	15
16 mm	20
Hai lớp 10 mm	25
Một lớp 10 mm và một lớp 13 mm	35
Hai lớp 13 mm	40
Tấm thạch cao kiểu "X"	
13 mm	25
16 mm	40
Vữa xi măng - cát sử dụng trực tiếp	
Vữa xi măng - cát trên lati kim loại	
20 mm	20
22 mm	25
25 mm	30
Vữa thạch cao - cát trên lati thạch cao 10 mm	
13 mm	35
16 mm	40
20 mm	50
Vữa thạch cao - cát trên lati kim loại	
20 mm	50
22 mm	60
25 mm	80

2.4. Yêu cầu về chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép

Lớp bê tông bảo vệ tối thiểu của cốt thép dọc mặt dưới (cốt thép chịu kéo trong nhịp giản đơn) cho các tấm tường, sàn và mái được quy định như dưới đây. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ không được nhỏ hơn yêu cầu của Tiêu chuẩn ACI 318M-11 tương ứng.

Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép thường chịu uốn dương (cốt thép mặt dưới) cho các kiểu khác nhau của tấm sàn và mái bê tông, có khả năng chống cháy từ 1 đến 4 giờ, phải tuân theo những giá trị được cho trong Bảng 4 dưới đây. Bảng này có thể áp dụng cho hệ thống sàn đúc tại chỗ, một hoặc hai phương, hoặc các sàn rỗng hoặc đặc đúc sẵn với mặt dưới phẳng.

Bảng 4. Chiều dày lớp bê tông bảo vệ tối thiểu trong các tấm sàn và mái bê tông cốt thép thường

Loại cấp phối	Lớp phủ tương ứng với khả năng chống cháy (mm)					
	Bị kiềm chế	Không bị kiềm chế				
	4 giờ hoặc ít hơn	1 giờ	1,5 giờ	2 giờ	3 giờ	4 giờ
Silic	20	20	20	25	30	40
Cacbonat	20	20	20	20	30	30
Nửa nhẹ	20	20	20	20	30	30
Nhẹ	20	20	20	20	30	30

2.5. Phương pháp phân tích xác định khả năng chống cháy của các tấm giản đơn

Khả năng chống cháy của tấm bê tông cốt thép, giản đơn, chịu uốn, được xác định theo công thức (1) dưới đây. Trong đó: M_n - Sức kháng uốn danh định của mặt cắt tấm xem xét ở nhiệt độ thông thường; $M_{n\theta}$ - Sức kháng uốn danh định của mặt cắt tấm xem xét ở nhiệt độ cao; M - Mô-men uốn do tải trọng khi có cháy xảy ra. Tổ hợp tải trọng để xác định mô-men uốn do tải trọng khai thác tác động lên tấm xem xét khi có cháy xảy ra được xác định theo quy định ASCE/SEI 7-10 [10], như công thức (2) dưới đây. Trong đó: D - Tĩnh tải; L - Hoạt tải; S - Tải trọng tuyết; A_k - Tải trọng phát sinh khi có cháy xảy ra. Với điều kiện môi trường ở Việt Nam và cấu kiện tấm giản đơn thì tổ hợp tải trọng này còn đơn giản như công thức (3). Khi có đám cháy xảy ra thì nhiệt độ trong bê tông và cốt thép sẽ tăng cao tùy thuộc vào loại vật liệu, kích thước, hình dạng, đặc biệt là chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép và thời gian kéo dài của đám cháy. Nhiệt độ tăng cao sẽ làm cho bê tông và cốt thép giảm cường độ và kết cấu có thể bị phá hoại khi đám cháy xảy ra trong một thời gian nào đó. Như vậy, có thể sử dụng công thức (1) để xác định khả năng chống cháy của các cấu kiện tấm giản đơn.

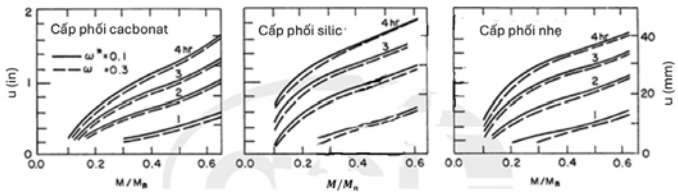
$$M_n \geq M_{n\theta} \geq M \quad (1)$$

$$(0{,}9 \text{ hoặc } 1{,}2)D + A_k + 0{,}5L + 0{,}2S \quad (2)$$

$$1{,}2D + 0{,}5L \quad (3)$$

$$\omega = A_s f_y / bd f'_c \quad (4)$$

Tuy nhiên, với các cấu kiện tấm giản đơn thì có thể sử dụng phương pháp đồ họa đơn giản như Hình 3 dưới đây để xác định khả năng chống cháy của chúng. Trong đó, u - Chiều dày lớp bê tông tính từ tâm cốt thép đến bề mặt tiếp xúc với lửa; chỉ số cốt thép dọc chịu kéo của tiết diện xem xét ω được xác định theo công thức (4). Trong công thức (4), A_s - Diện tích cốt thép dọc chịu kéo; f_y - Giới hạn chảy của cốt thép dọc chịu kéo; b - Bề rộng xem xét của tấm sàn, thường lấy bằng 1.000 mm; d - Chiều cao hữu hiệu chịu uốn của tiết diện hay khoảng cách từ trọng tâm cốt thép chịu kéo đến thớ bê tông chịu nén ngoài cùng; f'_c - Cường độ chịu nén quy định của bê tông.



Hình 3. Khả năng chống cháy của các tấm bê tông cốt thép tùy thuộc vào loại cấp phối, cường độ mô-men và u

3. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH KHẢ NĂNG CHỐNG CHÁY CỦA BẢN BÊ TÔNG CỐT THÉP GIẢN ĐƠN

Có nhiều phương pháp khác nhau được chấp nhận bởi Tiêu chuẩn ACI 216.1M-14 [6], như phương pháp tra bảng hoặc hình, phương pháp phân tích, phương pháp mô phỏng số, phương pháp thử nghiệm. Tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ trình bày nội dung của phương pháp tra bảng và phương pháp phân tích.

3.1. Phương pháp tra bảng

Phương pháp tra bảng hoặc hình được áp dụng cho các tấm bê tông cốt thép chịu tác động của đường gia nhiệt tiêu chuẩn theo ASTM E119-12a [9] với thời gian không quá 240 phút (4 giờ). Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Xác định chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép dọc chịu kéo của tấm sàn.

Bước 2: Xác định khả năng chống cháy của tấm theo chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép dọc chịu kéo, theo Bảng 4 ở trên.

Bước 3: Xác định khả năng chống cháy theo chiều dày tương đương của tấm và ảnh hưởng của lớp vật liệu hoàn thiện theo các Bảng 1, 2 và 3 ở trên.

Bước 4: Khả năng chống cháy là giá trị nhỏ hơn được xác định ở Bước 2 và 3.

3.2. Phương pháp phân tích

Phương pháp phân tích đơn giản được áp dụng cho các cấu kiện tấm bê tông cốt thép, nhịp giản đơn. Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Xác định mô-men uốn lớn nhất tác dụng lên tấm sàn do tổ hợp tải trọng khi có cháy xảy ra, theo công thức (3) ở trên.

Bước 2: Xác định sức kháng uốn danh định của tiết diện tấm sàn ở nhiệt độ thông thường theo Tiêu chuẩn ACI 318M-11 tương ứng.

Bước 3: Xác định chiều dày lớp bê tông tính từ tâm cốt thép chịu kéo đến bề mặt tiếp xúc với lửa và chỉ số cốt thép dọc chịu kéo theo công thức (4).

Bước 4: Tra Hình 3 để xác định khả năng chống cháy tương ứng với các trường hợp khác nhau.

Bước 5: Xác định khả năng chống cháy theo chiều dày tương đương đương của tấm và ảnh hưởng của lớp vật liệu hoàn thiện, theo các Bảng 1, 2 và 3 ở trên.

Bước 6: Khả năng chống cháy là giá trị nhỏ hơn được xác định ở Bước 4 và 5.

4. CÁC VÍ DỤ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

Trong phần này, việc xác định khả năng chống cháy tấm bê tông cốt thép, nhịp giản đơn sẽ được thực hiện bằng cả hai phương pháp là phương pháp tra bảng và phương pháp phân tích đơn giản (tra hình) để so sánh kết quả với với nhau.

4.1. Yêu cầu của bài toán

Xác định khả năng chống cháy cho một tấm sàn bê tông cốt thép, nhịp giản đơn, một phương, dài 3 m. Tấm được làm bằng bê tông cacbonat, có cường độ chịu nén quy định f'_c = 25 MPa, dày 150 mm. Cốt thép dọc chịu lực sử dụng loại D16 @ 200 mm, theo ASTM A615M cấp 420, bố trí thành một lớp ở vùng bê tông chịu kéo, cách đáy dầm 30 mm. Lớp vật liệu hoàn thiện sử dụng loại vữa xi măng-cát trực tiếp trên cả hai mặt của tấm và có chiều dày bằng 20 mm. Tấm chịu tác dụng của trọng lượng bản thân tấm và hoạt tải phân bố đều có trị số bằng 6 kN/m^2.

4.2. Phương pháp tra bảng

Bước 1: Chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép dọc chịu kéo của tấm là c_c = 22 mm.

Bước 2: Tra Bảng 4 ta xác định được khả năng chống cháy của tấm là R_1 = 2,2 giờ.

Bước 3: Tra Bảng 2, ta có chiều dày tương đương của tấm có tính đến lớp vật liệu hoàn thiện phía trên là 170 mm. Tra Bảng 1, ta xác định được khả năng chống cháy của tấm là 4 giờ. Xét thêm ảnh hưởng của lớp vật liệu hoàn thiện mặt dưới, ta tìm được khả năng chống cháy của tấm là R_2 = 4,33 giờ.

Bước 4: Vậy, khả năng chống cháy của tấm là R = R_1 = 2,2 giờ.

4.3. Phương pháp phân tích

Bước 1: Xác định tải trọng phân bố đều tác dụng lên 1 m bề rộng tấm do tổ hợp tải trọng khi có cháy.

$$w = 1{,}2(1.0{,}19.24) + 0{,}5.6 = 8{,}47\ kN/m$$

Xác định mô-men uốn lớn nhất tác dụng lên 1 m bề rộng tấm.

$$M = wL^2/8 = 8{,}47.3^2/8 = 9{,}53\ kNm$$

Bước 2: Xác định chiều cao khối ứng nén hình chữ nhật tương đương.

$$a = \frac{A_s f_y}{0{,}85 f'_c b} = \frac{995.420}{0{,}85.25.1000} = 19{,}6\ \text{mm}$$

Xác định sức kháng uốn danh định của tiết diện tấm sàn ở nhiệt độ thông thường

$$M_n = 0{,}85 f'_c ba(d - a/2) = 0{,}85.25.1000.19{,}6(120 - 19{,}6/2) = 45{,}9kN.m$$

Bước 3: Chiều dày lớp bê tông tính từ tâm chốt thép chịu kéo đến mặt tiếp xúc với lửa là u = 30 mm. Chỉ số cốt thép dọc chịu kéo là:

$$\omega = A_s f_y / bdf'_c = 995.420/(1000.120.25) = 0{,}14$$

Bước 4: Ta có u = 30 mm, ω = 0,14 và M/M_n = 9,53/45,9 = 0,21. Tra Hình 3 ta tìm được khả năng chống cháy là R_1 > 4,5 giờ.

Bước 5: Tương tự Phần 4.2, khả năng chống cháy của tấm theo chiều dày tương đương và tác dụng bổ sung của lớp vật liệu hoàn thiện là R_2 = 4,33 giờ.

Bước 6: Vậy, khả năng chống cháy của tấm là R = R_2 = 4,33 giờ.

Như vậy, ta thấy phương pháp phân tích cho kết quả sát với yêu cầu chịu lực hơn. Phương pháp tra bảng cho kết quả quá bảo thủ.

5. KẾT LUẬN

Cháy là sự đốt cháy nhiên liệu và lan rộng không kiểm soát được theo thời gian và không gian, gây nguy hiểm đến tính mạng con người và tài sản vật chất. Trong nghiên cứu này, khả năng chống cháy của tấm sàn bê tông cốt thép giản đơn đã được đánh giá theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ ACI 216.1M-14. Khả năng chống cháy của tấm cấu bê tông cốt thép phụ thuộc vào đường cong thời gian - nhiệt độ tiêu chuẩn, chiều dày của tấm, chiều dày lớp bê tông bảo vệ cốt thép và lớp vật liệu hoàn thiện ở cả hai mặt của tấm. Kết quả tính toán khả năng chống cháy cho thấy phương pháp phân tích tuy phức tạp hơn nhưng cho kết quả sát với yêu cầu chịu lực của kết cấu hơn. Ngược lại, phương pháp tra bảng đơn giản, nhanh chóng nhưng cho kết quả quá thiên về an toàn so với phương pháp phân tích.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. N.T. Thắng & N.T. Ninh (2016), Biểu đồ tương tác của cột bê tông cốt thép ở nhiệt độ cao theo tiêu chuẩn châu Âu EC2, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, tập 10, số 2, tr.55-61.

[2]. N.T. Trung, D.V. Hai & P.M. Phương (2019), Đánh giá khả năng chịu lửa của sàn bê tông cốt thép bằng các phương pháp đơn giản theo Tiêu chuẩn EN 1992-1-2, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, tập 13, số 2V, tr.41-52.

[3]. N.T.Thắng & N.T. Trung (2019), Khảo sát sự suy giảm khả năng kháng uốn khi cháy của dầm bê tông cốt thép theo tiêu chuẩn châu Âu, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, tập 13, số 4V, tr.22-34.

[4]. C.T. Bình & P.T. Hùng (2022), Tính toán khả năng chịu lực của kết cấu bê tông cốt thép sau cháy, Tạp chí Xây dựng, số 12, tr.107-112.

[5]. N.T.N. Hằng (2025), Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ cháy tới sức kháng của dầm bê tông dự ứng lực, Tạp chí cầu Cầu đường Việt Nam, số 1+2, tr.42-47.

[6]. ACI 216.1M-14 (2014), Code requirements for determining fire resistance of concrete and masonry construction assemblies, American Concrete Institute, USA.

[7]. ACI 318M-11 (2011), Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute, USA.

[8]. S. Lehner (2025), European fire classification of construction products, new test method "SBI" and introduction of the European classification system into German building regulations, Otto-Graf-Journal, vol.16, 151-166.

[9]. ASTM E119-12a (2012), Standard Test Methods for Fire Tests of Building Construction and Materials, ASTM, USA.

[10]. ASCE/SEI 7-10 (2010), Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE, USA.

■Ngày nhận bài: 18/02/2025 ■Ngày sửa bài: 05/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 27/3/2025

Khả năng sử dụng bùn thải và đá thải trong khai thác khoáng sản quặng đồng Sin Quyền kết hợp tro bay nhiệt điện để chế tạo bê tông đầm lăn làm móng đường giao thông

Potential utilization of waste sludge and waste rock from Sin Quyen copper ore mining combined with coal fly ash for producing roller-compacted concrete for road subbase construction

> PGS.TS HỒ ANH CƯƠNG[1], TS NGUYỄN TRỌNG DŨNG[2]
[1]Trường Đại học Giao thông vận tải; Email: hoanhcuong@utc.edu.vn
[2]Trường Đại học Mỏ - Địa chất; Email: nguyentrongdung@humg.edu.vn

TÓM TẮT

Hiện nay, Việt Nam hiện không đủ nguồn cung cát tự nhiên phục vụ nhu cầu xây dựng ở một số địa phương. Do đó, việc nghiên cứu sử dụng cát nhân tạo để thay thế cát tự nhiên là một trong những giải pháp hiệu quả không những về kinh tế, kỹ thuật mà còn cả về môi trường sinh thái. Trong nghiên cứu này đã sử dụng bùn thải, cát nhân tạo và đá dăm được gia công từ đá thải trong quá trình khai thác quặng đồng Sin Quyền (Lào Cai) kết hợp với tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang) để chế tạo bê tông đầm lăn (BTĐL) (RCC) trong phòng thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với tỷ lệ sử dụng tro bay nhiệt điện và bùn thải khai thác quặng đồng dao động từ 10% đến 30% theo thể tích của xi măng có thể chế tạo được BTĐL với độ cứng 20 - 40 giây, các giá trị trung bình ở tuổi 28 ngày như: Cường độ chịu kéo uốn từ 3,08 - 3,58 MPa, cường độ nén 24,5 - 28,5 MPa, độ mài mòn đạt 0,300 - 0,334 g/cm^2, mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh từ 38,5 - 41,5 GPa. Từ đó, bài báo đánh giá rằng BTĐL trong nghiên cứu có thể sử dụng được cho tầng móng của mặt đường giao thông cấp cao.

Từ khóa: Tro bay, bùn thải, đá thải, bê tông đầm lăn, độ cứng, cường độ chịu nén, độ mài mòn.

ABSTRACT

Currently, Vietnam is facing a shortage of natural sand supplies for construction purposes in several regions. Therefore, the research and development of alternative materials such as manufactured sand to replace natural sand is considered an effective solution not only in terms of economics and engineering but also in regard to environmental sustainability.

In this study, mining sludge, manufactured sand and crushed aggregate derived from waste rock produced during copper ore extraction at the Sin Quyen mine (Lao Cai province) were combined with coal fly ash from the Son Dong thermal power plant (Bac Giang province) to produce roller-compacted concrete (RCC) under laboratory conditions.

The research results indicate that with the replacement of Portland cement by 10% to 30% (by volume) of coal fly ash and mining sludge, the RCC mixtures exhibited a Vebe time of 20 - 40 seconds and, at 28 days of curing, achieved the following average mechanical properties: Flexural tensile strength ranging from 3.08 to 3.58 MPa, compressive strength from 24.5 to 28.5 MPa, abrasion loss between 0.300 and 0.334 g/cm^2 and static compressive modulus of elasticity between 38.5 and 41.5 GPa.

These findings suggest that the RCC developed in this study can be effectively used as a base layer material for high-grade pavement structures.

Keywords: Fly ash, mining sludge, waste rock, roller compacted concrete, hardness, compressive strength, abrasion.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Để phục vụ quá trình phát triển đất nước, đặc biệt là công nghệ chất bán dẫn trong giai đoạn hiện nay, công nghiệp khai thác khoáng sản, đất hiếm… đang đứng trước áp lực phát triển khai thác rất lớn. Tuy nhiên, sản phẩm phụ của quá trình khai thác khoáng sản là các loại bùn thải và đá thải phát sinh rất lớn. Nếu các loại bùn thải và đá thải không được tái sử dụng sẽ gây lãng phí rất lớn các nguồn tài nguyên. Bùn thải trong quá trình tuyển nổi quặng đồng là

hỗn hợp gồm nước, hạt khoáng mịn và hóa chất từ quá trình tuyển khoáng và có độ ẩm cao, dạng sệt, đã được xử lý trước khi thải ra môi trường [1]. Ngoài ra, đá thải là các loại đá không chứa khoáng sản có giá trị, bị đào thải trong quá trình khai thác và có kích thước lớn, chủ yếu là đá gốc, đôi khi chứa một số kim loại nặng [2]. Việc sử dụng bùn thải từ khai thác khoáng sản là một giải pháp cấp thiết nhằm giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường và tận dụng nguồn tài nguyên một cách hiệu quả. Lượng bùn thải khổng lồ phát sinh từ quá trình khai thác và chế biến khoáng sản nếu không được xử lý hợp lý có thể gây ô nhiễm nguồn nước, đất và không khí, ảnh hưởng nghiêm trọng đến hệ sinh thái và sức khỏe con người [1, 2]. Do đó, việc nghiên cứu và ứng dụng bùn thải vào các lĩnh vực như sản xuất vật liệu xây dựng, đặc biệt là các sản phẩm bê tông không chỉ giúp giảm tải áp lực xử lý chất thải mà còn mang lại lợi ích kinh tế, góp phần phát triển ngành công nghiệp khai thác xanh, bền vững.

Ngoài ra, nhu cầu cát tự nhiên dùng cho xây dựng ở nước ta rất lớn. Tỷ lệ khai thác cát đang vượt quá tỷ lệ bổ sung cát tự nhiên hàng năm, do vậy nguồn cát tự nhiên ngày càng khan hiếm, dự báo trong tương lai gần sẽ không đủ lượng cát dùng cho xây dựng, đặc biệt cho thi công đường giao thông. Việc sử dụng cát nhân tạo, cát nhân tạo từ đá thải mỏ thay thế cát tự nhiên đang trở thành một xu hướng tất yếu trong các công trình hạ tầng giao thông [3, 4]. Hơn nữa, vật liệu cát nhân tạo có ưu điểm nổi bật là mô-đun độ lớn cao, thành phần hạt đồng đều và hợp lý hơn cát tự nhiên. Với ưu điểm này, cát nhân tạo góp phần quan trọng tạo ra bộ khung chịu lực, giảm hàm lượng xi măng, rút ngắn thời gian thi công, tăng cường độ và độ bền cho BTĐL dùng làm lớp móng, mặt đường ô tô [5].

Những năm gần đây, quá trình áp dụng công nghệ BTĐL trong xây dựng hạ tầng giao thông nông thôn đã được các nhà khoa học trong và ngoài nước nhận định là có nhiều ưu việt hơn so với bê tông xi măng truyền thống như: Hàm lượng chất kết dính thấp, do đó đã giảm được chi phí và giảm được lượng nhiệt thủy hóa trong bê tông [6-8].

Phụ gia khoáng thường dùng trong BTĐL phổ biến nhất là các loại tro bay loại F của các nhà máy nhiệt điện [9, 10]. Nhưng, nguồn tro bay này hiện đang được dùng làm nguyên liệu chính của các nhà máy xi măng và các trạm trộn bê tông thương phẩm nên sản lượng tro bay nhiệt điện dần trở nên khan hiếm. Do đó, sử dụng phụ gia khoáng thay thế tro bay nhiệt điện cũng đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm. Trong bài báo này, bùn thải sinh ra trong quá trình khai thác mỏ đồng được thay thế xi măng với tỷ lệ 10 - 30% (tương đương với tỷ lệ thay thế xi măng của tro bay nhiệt điện) với mục đích, đánh giá khả năng sử dụng bùn thải như một dạng phụ gia khoáng để dùng thay cho tro bay nhiệt điện trong sản xuất BTĐL.

Quy định tạm thời về thiết kế mặt đường BTĐL trong xây dựng công trình giao thông (ban hành theo Quyết định số 4451/QĐ-BGTVT ngày 18/12/2015) yêu cầu với BTĐL dùng cho tầng móng của mặt đường cấp cao, có quy mô giao thông nặng và cực nặng, có cường độ chịu kéo uốn ≥2,4 MPa.

Vì vậy, mục đích của nghiên cứu này là đánh giá khả năng sử dụng tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang), bùn thải kết hợp với cát nhân tạo, đá dăm được gia công từ đá thải sinh ra trong quá trình khai thác quặng đồng Sin Quyền để chế tạo BTĐL và định hướng áp dụng cho tầng móng của mặt đường ô tô cấp cao.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

1) Xi măng được sử dụng là xi măng Portland PCB40 Hoàng Thạch (XM) có tỷ diện bề mặt 3.660 cm^2/g; khối lượng riêng 3,15 g/cm^3, cường độ nén ở tuổi 28 ngày là 49,5 MPa và thỏa mãn yêu cầu của Tiêu chuẩn TCVN 2682:2009.

2) Tro bay (Tr) được sử dụng là tro bay của Nhà máy Nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang) có khối lượng riêng 2,35 g/cm^3. Tro bay được thu trực tiếp tại kho lưu chứa của nhà máy. Đây là loại tro bay chưa qua xử lý, độ mịn tương đương như xi măng với 55% các hạt có kích thước khoảng 10 µm, các cỡ hạt có kích thước (40 - 30)µm chiếm khoảng 12%. Đặc biệt, lượng SiO_2 hoạt tính của tro bay khoảng 52,6%, tổng hàm lượng $SiO_2+Fe_2O_3+Al_2O_3$=65,8% và phù hợp theo quy định của TCVN 10302:2014. Lượng tro bay được sử dụng trong nghiên cứu này dao động từ 10 - 30% thể tích xi măng.

3) Bùn thải khai thác (BT) khoáng sản được sử dụng tại mỏ đồng Sin Quyền (Lào Cai). Đây là loại bùn thải được lưu trữ tại hồ chứa, sấy khô và sử dụng với mục đích thay thế một phần xi măng trong thành phần của bê tông. Bùn thải có khối lượng riêng khoảng 2,15 g/cm^3 và tỷ diện bề mặt khoảng 3.205 cm^2/g. Lượng bùn thải được sử dụng trong nghiên cứu này dao động từ 10 - 30% thể tích xi măng.

4) Cốt liệu nhỏ là cát nhân tạo (CTN) được gia công từ đá thải khai thác mỏ đồng Sin Quyền (Lào Cai). Đây là loại cốt liệu nhỏ có chất lượng tốt và thỏa mãn yêu cầu của TCVN 7570:2006. Đây là loại cát có thành phần hạt thô, mô-đun độ lớn M_k=3,25. Khối lượng riêng của cát nhân tạo là 2,62 g/cm^3.

5) Cốt liệu lớn sử dụng là loại đá dăm (ĐD) có D_{max}=20 mm được gia công từ đá thải khai thác mỏ đồng Sin Quyền (Lào Cai). Đá thải sau khi bóc từ mỏ được đập bằng búa đến các kích thước thích hợp, sàng qua bộ sàng cốt liệu lớn tiêu chuẩn để loại bỏ các thành phần hạt không hợp lý. Đá dăm trong nghiên cứu này có khối lượng riêng là 2,70 g/cm^3, khối lượng thể tích đầm chặt là 1,67 g/cm^3 và thỏa mãn yêu cầu của TCVN 7570:2006.

Hàm lượng cốt liệu là tổng các thành phần cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ: CL = ĐD + CNT.

6) Nước sạch (N) được sử dụng để làm nước nhào trộn và bảo dưỡng mẫu sau khi tạo hình, thỏa mãn yêu cầu của Tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Các tiêu chuẩn thí nghiệm

Trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp nghiên cứu lý thuyết kết hợp với kiểm chứng bằng thực nghiệm để điều chỉnh tính chất của hỗn hợp BTĐL thu được. Các tính chất của hỗn hợp bê tông và BTĐL được xác định theo các tiêu chuẩn sau:

- Lấy mẫu, đúc mẫu trên bàn rung và bảo dưỡng được thực hiện theo TCVN 3105:2022;
- Xác định độ cứng của hỗn hợp BTĐL được thực hiện theo TCVN 3107:2022;
- Độ mài mòn của BTĐL được thực hiện theo TCVN 3114:2022;
- Khối lượng thể tích của hỗn hợp BTĐL được thực hiện theo TCVN 3115:2022;
- Giá trị của mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh thực hiện theo yêu cầu của TCVN 5726:2022;
- Cường độ chịu nén của BTĐL được thực hiện theo TCVN 3118:2022.

2.2.2. Các yêu cầu đối với hỗn hợp bê tông và mẫu BTĐL sau khi đã cứng rắn

Các đặc tính yêu cầu của BTĐL như sau:

- Độ cứng của hỗn hợp BTĐL từ 20 giây đến 30 giây được xác định bằng bộ dụng cụ Vebe;
- Cường độ nén yêu cầu cần đạt được trên 25 MPa ở tuổi 28 ngày trên mẫu lập phương (150x150x150)mm;
- Theo nhiều nghiên cứu về BTĐL [7, 8], tỷ lệ thể tích cát nhân tạo trên tổng thể tích cốt liệu (V_{CNT}/V_{CL}) được lựa chọn V_{CNT}/V_{CL} = 0,40;
- Theo Tiêu chuẩn ACI 211.3R-02 [11], với cường độ nén yêu cầu cần đạt được ở tuổi 28 ngày 25 MPa thu được tỷ lệ theo thể tích của nước trên chất kết dính (V_N/V_{CKD}) được lựa chọn V_N/V_{CKD} =1,50 và tỷ số hồ/vữa sử dụng trong nghiên cứu này là 0,40;

- Hàm lượng tro bay nhiệt điện và bùn thải khai thác khoáng sản được lựa chọn bằng 10%, 20% và 30% thể tích của xi măng;
- Hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp BTĐL lựa chọn là 2% [8, 10].

2.2.3. Xác định cấp phối BTĐL

Trong nghiên cứu này đã khảo sát 3 cấp phối BTĐL có sử dụng tro bay nhiệt điện và 3 cấp phối BTĐL có sử dụng bùn thải khai thác khoáng sản. Thành phần cấp phối của các mẫu thí nghiệm được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Cấp phối của hỗn hợp BTĐL

Ký hiệu mẫu bê tông	Tỷ lệ vật liệu		Cấp phối cho 1 m^3 BTĐL (kg/m^3)							V_N/V_{CKD}
	V_{Tr}/V_{XM}	V_{BT}/V_{XM}	CKD	XM	Tr	BT	CNT	ĐD	N	
MixTr-01	10%	-	254	236	17,6	-	811	1.253	124	0,49
MixTr-02	20%	-	249	217	32,3	-	811	1.253	124	0,50
MixTr-03	30%	-	245	200	44,8	-	811	1.253	124	0,51
MixBT-01	-	10%	252	236	-	16,1	811	1.253	124	0,49
MixBT-02	-	20%	246	217	-	29,6	811	1.253	124	0,50
MixBT-03	-	30%	241	200	-	40,9	811	1.253	124	0,51

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Bảng 2. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của mẫu BTĐL

Ký hiệu mẫu bê tông	Độ cứng ĐC của hỗn hợp bê tông, (giây)		Độ mài mòn ở tuổi 28 ngày, (g/cm^2)		Mô-đun đàn hồi tĩnh ở tuổi 28 ngày, (GPa)		Cường độ kéo khi uốn ở tuổi 28 ngày, (MPa)	
	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
MixTr-01	30	2,5	0,334	0,03	41,5	3,0	3,58	1,2
MixTr-02	35	3,0	0,320	0,02	40,9	3,2	3,52	1,0
MixTr-03	40	2,5	0,315	0,03	40,5	35	3,31	1,1
MixBT-01	20	2,0	0,320	0,03	41,0	3,0	3,43	0,9
MixBT-02	28	2,5	0,316	0,02	39,8	3,5	3,25	1,1
MixBT-03	30	2,5	0,300	0,03	38,5	3,0	3,08	1,3

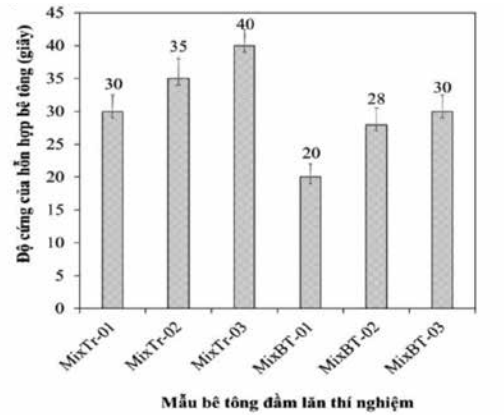
Bảng 3. Kết quả thí nghiệm cường độ nén theo thời gian bảo dưỡng

Ký hiệu mẫu bê tông	Cường độ nén của BTĐL (MPa) ở các tuổi							
	3 ngày		7 ngày		14 ngày		28 ngày	
	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
MixTr-01	10,2	1,5	16,8	2,0	24,8	2,5	28,5	3,4
MixTr-02	10,0	2,0	16,5	2,6	24,4	2,0	28,0	3,1
MixTr-03	9,5	1,5	15,6	2,8	23,1	2,5	26,5	3,6
MixBT-01	9,4	1,6	16,0	2,0	23,7	3,0	27,5	3,8
MixBT-02	8,8	1,6	15,1	2,0	22,4	3,2	26,0	3,5
MixBT-03	8,3	2,0	14,3	2,0	21,1	3,0	24,5	3,6

Từ kết quả thực nghiệm đã thu được trong Bảng 2 và Bảng 3 cho thấy:

- Khi sử dụng (10 - 30)% hàm lượng tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang), hoặc (10 - 30)% bùn thải kết hợp với hỗn hợp cát nhân tạo và đá dăm từ đá thải mỏ tuyển đồng Sin Quyền (Lào Cai), trong thành phần BTĐL đã thu được kết quả thí nghiệm rất phù hợp với mục tiêu thiết kế ban đầu đề ra. Tuy nhiên, ảnh hưởng của hàm lượng tro bay nhiệt điện Sơn Động và bùn thải của mỏ tuyển nổi quặng đồng Sin Quyền rất rõ rệt đến các tính chất của BTĐL cả ở trạng thái dẻo và trạng thái cứng rắn, cụ thể như sau:

- Hỗn hợp BTĐL sử dụng tro bay có độ cứng cao hơn so với hỗn hợp BTĐL sử dụng bùn thải khai thác quặng đồng. Các giá trị độ cứng trung bình đo được ngay sau khi nhào trộn dao động từ 30 giây, sau đó tăng nhanh lên đến 40 giây đối với hỗn hợp BTĐL sử dụng tro bay, nhưng giá trị độ cứng của hỗn hợp BTĐL sử dụng bùn thải chỉ dao động từ 20 giây đến 30 giây (Hình 1). Bên cạnh đó, các tính chất cơ học của sản phẩm BTĐL sử dụng tro bay cũng có nhiều tính chất tốt hơn so với BTĐL có sử dụng bùn thải khai thác quặng đồng.



Hình 1. Độ cứng của hỗn hợp BTĐL ngay sau khi nhào trộn

Điều này được giải thích do tro bay có hàm lượng SiO_2 là 52,6%

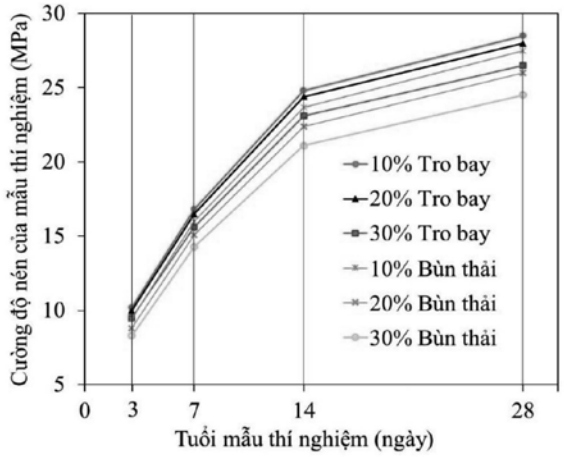
đã tham gia phản ứng puzzolanic với thành phần $Ca(OH)_2$ trong thành phần của xi măng để tạo thành khoáng Hidro-silicat-canxi ($mCaO.nSiO_2.pH_2O$) có tính chất kết dính và nâng cao tính chất cơ lý hóa của sản phẩm BTĐL. Chính quá trình này đã sử dụng nhiều hơn lượng nước nhào trộn, do đó độ cứng của hỗn hợp bê tông tăng lên. Bên cạnh đó, bùn thải khai thác khoáng sản có hàm lượng hoạt tính rất thấp, chúng có vai trò chủ yếu là chất độn mịn, không có hiệu ứng puzzolanic nhiều so với tro bay nhiệt điện.

Hiệu ứng này một phần được thể hiện do lượng tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang) lớn với lượng cần nước cao, hút nước và giảm lượng nước tạo thành tính công tác của hỗn hợp bê tông. Mặt khác, cát nhân tạo nghiền từ đá thải khai thác quặng đồng mỏ Sin Quyền có đặc điểm hạt nhiều góc cạnh, lượng cần nước thấm ướt bề mặt nhiều hơn cát tự nhiên. Đồng thời, các hạt cát không tròn nhẵn đã tăng nội ma sát giữa các hạt cốt liệu. Đó là những nguyên nhân chính làm tăng chỉ số độ cứng của hỗn hợp BTĐL.

- Trong điều kiện thí nghiệm đầm nén như nhau, các mẫu BTĐL sử dụng tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang), cát nhân tạo và đá dăm từ đá thải mỏ có độ mòn giảm dần, nhưng mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh tăng dần. Điều này có thể được biện giải một phần là do hiệu ứng lấp đầy của tro bay và đá dăm từ đá thải mỏ đã làm tăng mật độ của bộ khung cốt liệu tạo ra BTĐL có mô-đun đàn hồi cao, đạt khoảng trên 40 GPa và độ mài mòn giảm dần từ 0,334 g/cm^2 xuống 0,300 g/cm^2.

- Giá trị cường độ nén của mẫu BTĐL thí nghiệm bị ảnh hưởng đáng kể khi sử dụng (10 - 30)% tro bay nhiệt điện hoặc (10 - 30)% bùn thải khai thác quặng đồng vào trong thành phần BTĐL, cụ thể như sau:

+ Tốc độ rắn chắc của mẫu BTĐL khá nhanh, tại tuổi 7 ngày đã đạt được khoảng (70 - 75)% cường độ tuổi 28 ngày. Điều này được giải thích là do thành phần BTĐL có lượng nước nhỏ, lượng hồ chất kết dính thấp nên quá trình phát triển cường độ nhanh hơn so với bê tông xi măng thông thường (Hình 2).



Hình 2. Tốc độ phát triển cường độ nén của các mẫu thí nghiệm theo thời gian

+ Với lượng dùng tro bay tăng khoảng 30% hoặc lượng bùn thải tăng 30% thì cường độ nén trung bình của các mẫu BTĐL đã giảm khoảng 20%. Kết quả này có thể được giải thích bởi khi lượng tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang) tăng, đồng nghĩa với việc lượng xi măng giảm xuống. Mặc dù tro bay có hiệu ứng pozzolanic của tro bay và hiệu ứng điền đầy vi cấu trúc của bùn thải, tăng độ đặc chắc của hồ và vữa. Tuy nhiên, khi hàm lượng xi măng giảm một lượng đáng kể, từ 236 kg xuống chỉ còn 200 kg thì các khoáng thủy hóa Hidro-silicat-canxi (C-S-H) giảm mạnh, hiệu ứng pozzolanic và hiệu ứng điền đầy vi cấu trúc không thể cải thiện và bù đắp được sự thiếu hụt C-S-H. Do đó, cường độ nén của mẫu ở các tuổi nén khác nhau đã giảm dần.

Với kết quả thực nghiệm thu được, BTĐL với thành phần sử dụng bùn thải, đá thải khai thác quặng đồng của mỏ Sin Quyền kết hợp với tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang) đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành dùng cho tầng móng của mặt đường ô tô cấp cao.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trong phạm vi phòng thí nghiệm đã rút ra một số kết luận như sau:

- Trong giới hạn của nghiên cứu này, cấp phối BTĐL được thiết kế theo Tiêu chuẩn ACI 211.3R-02 với với tỷ lệ hàm lượng tro bay nhiệt điện hoặc bùn thải tuyển nổi quặng đồng của mỏ Sin Quyền dao động từ 10% đến 30% để thay thế hàm lượng xi măng. Hỗn hợp BTĐL có độ cứng thay đổi từ 20 giây lên 40 giây, độ mài mòn đạt 0,300 - 0,334 g/cm^2 và các giá trị trung bình ở tuổi 28 ngày như: Cường độ chịu kéo uốn từ 3,08 - 3,58 MPa, cường độ nén 24,5 - 28,5 MPa, độ mài mòn đạt 0,300 - 0,334 g/cm^2, mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh từ 38,5 - 41,5 GPa.

- Tro bay Nhà máy Nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang) với độ mịn tương tự như xi măng và bùn thải tuyển nổi có thể sử dụng như thành phần chất kết dính trong chế tạo BTĐL.

- Cát nhân tạo và đá dăm được gia công cơ học từ đá thải khai thác quặng đồng của mỏ Sin Quyền sử dụng thay thế hoàn toàn cốt liệu tự nhiên trong hỗn hợp BTĐL, thỏa mãn các yêu cầu kỹ thuật trong TCVN 7570:2006.

- Tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang) có phản ứng puzzolanic và có hiệu ứng điền đầy nên đã làm tăng độ cứng và các tính chất cơ học của BTĐL sử dụng bùn thải quặng đồng. Bên cạnh đó, cát nhân tạo và đá dăm gia công từ đá thải mỏ đồng Sin Quyền có hiệu quả lấp đầy đã làm tăng mật độ của bộ khung cốt liệu tạo ra sản phẩm BTĐL có cường độ và mô-đun đàn hồi cao nhưng độ mài mòn giảm.

- Với các kết quả đó có thể cho thấy, BTĐL với thành phần tro bay nhiệt điện Sơn Động (Bắc Giang), bùn thải, cát nhân tạo và đá dăm từ đá thải mỏ đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành dùng cho tầng móng của mặt đường ô tô cấp cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nhữ Thị Kim Dung (2012), Nghiên cứu mẫu công nghệ chế biến hợp lý quặng đồng vùng Tả Phời - Lào Cai, Trung tâm Khoa học Công nghệ chế biến và Sử dụng khoáng sản, Hội Tuyển khoáng Việt Nam.

[2]. Hoàng Hùng Thắng và cộng sự (2023), Nghiên cứu sử dụng đá thải phát sinh trong quá trình khai thác mỏ than tại Quảng Ninh trong sản xuất gạch không nung, Đề tài NCKH cấp tỉnh Quảng Ninh, mã số: 14/2021/HĐ-KHCN, Cơ quan chủ trì: Trường Đại học Công nghiệp Quảng Ninh.

[3]. Hoàng Quốc Gia, Trịnh Khắc Kiên (2019), Thực trạng khai thác sử dụng cát tự nhiên tại Việt Nam và nghiên cứu tính chất cát biển tại một số vùng biển Việt Nam, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, tập 66, tr.151-156.

[4]. Lê Viết Dũng, Tống Tôn Kiên, Đỗ Trọng Thành, Nguyễn Bá Lâm (2021), Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng cát nhân tạo nguồn gốc đá vôi cho cột bê tông cốt thép chịu nén, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng - Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, , số 3V (2021), tr.93-103.

[5]. Bạch Đình Thiên (2020), Cốt liệu nhân tạo dùng trong công tác bê tông và san lấp công trình, Tạp chí Xây dựng, số 11.

[6]. Mai Sỹ Hùng (2024), Ứng dụng BTĐL làm đê biển, Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Bộ Xây dựng, tập 14, số 02, tr.158-162.

[7]. Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Ngọc Lâm và nnk (2022), Bê tông đầm lăn trong xây dựng các công trình giao thông, NXB. Xây dựng.

[8]. Vũ Ngọc Trụ, Nguyễn Tuấn Đạt, Võ Nhật Luân, Tăng Văn Lâm (2024), Nghiên cứu đánh giá khả năng sử dụng cát biển chế tạo bê tông đầm lăn làm lớp mặt đường giao thông nông thôn, Tạp chí KHCN Xây dựng, tập 2, tr.40-49.

[9]. Vũ Hải Nam (2012), Nghiên cứu sử dụng tro tuyển Phả Lại hàm lượng cao trong bê tông khối lớn thông thường dùng cho đập trọng lực, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật.

[10]. Hoàng Minh Đức, Nguyễn Kim Thịnh (2015), Sử dụng tro bay có lượng mất khi nung lớn trong chế tạo bê tông đầm lăn cho đường, Tạp chí KHCN Xây dựng, số 02.

[11]. ACI 211.3R-02, Guide for selecting Proportion for No-Slump Concrete, ACI commutee 211, 26p.

■Ngày nhận bài: 25/02/2025 ■Ngày sửa bài: 11/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2025

Nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ sạch bề mặt thép đến khả năng bám dính của vật liệu cốt sợi cường độ cao (FRP) trong sửa chữa gia cường kết cấu thép

An experimental study the effect of rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and steel substrates on adhesive bonding of fibre reinforced polymer composite material

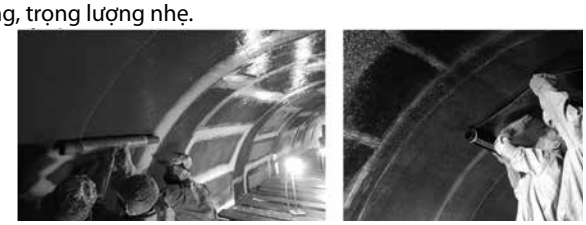
> THS LÊ THANH TÂM*, THS VŨ NGỌC TRINH
Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: lethanhtam8689@utc.edu.vn

TÓM TẮT
Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm ảnh hưởng của độ sạch bề mặt thép đến khả năng bám dính (cường độ kéo nhổ) của vật liệu cốt sợi cường độ cao (FRP) và thép trong sửa chữa gia cường kết cấu. Cấp độ sạch bề mặt đánh giá theo Tiêu chuẩn ISO 8501-1 và thực nghiệm theo Tiêu chuẩn ASTM D4541-02. Kết quả thực nghiệm làm cơ sở cho việc tính toán thiết kế, nghiệm thu thi công sửa chữa gia cường kết cấu thép.
Từ khóa: Bám dính, bề mặt thép, cấp độ sạch, kết cấu thép, vật liệu cốt sợi cường độ cao, FRP.

ABSTRACT
This paper present result of an experimental study the effect ot rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and steel substrates on adhensive bonding of fibre reinforced polymer composite material. The rust grades The expremental made by standard ISO 8501-1 and ASTTM 4541-02. This results basis for design, acceptance of construction, repair and reinforcement of steel structures.
Keywords: Adhesion bonding, steel subtrates, rust grades, steel structure, fibre reinforced polymer, FRP.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, kết cấu thép được sử dụng rộng rãi và phổ biến trong nhiều ngành khác nhau như: Xây dựng, giao thông, thủy lợi, kiến trúc… Theo thời gian làm việc, kết cấu thép chịu nhiều tải trọng khác nhau (tải trọng tĩnh, tải trọng động, tác động của môi trường nhiệt độ, độ ẩm…). Các tác động này gây ra các hư hỏng dẫn đến làm suy giảm khả năng chịu lực cho kết cấu. Do đó, để kết cấu vẫn làm việc đảm bảo yêu cầu kỹ thuật cần có sự tính toán, thi công sửa chữa kịp thời và hợp lý. Hiện nay, có nhiều phương pháp sửa chữa gia cường kết cấu thép. Mỗi phương pháp có ưu điểm riêng. Bằng sự phát triển của khoa học công nghệ, nhiều loại vật liệu mới ra đời, trong đó phải kể đến là vật liệu composite cốt sợi cường độ cao (Fiber Reinford Polymer - FRP). Vật liệu này có nhiều ưu điểm về mặt kỹ thuật: Cường độ chịu kéo, mô-đun đàn hồi cao, dễ dàng thi công, trọng lượng nhẹ.



Hình 1. Thi công dán sợi trong đường ống áp lực ở nhà máy thủy điện

Hiện nhiều dự án đã áp dụng vật liệu composite cốt sợi cường độ cao FRP vào trong sửa chữa gia cường kết cấu thép: Sửa chữa gia cường đường ống thép áp lực tại một số thủy điện A Lưới (Huế), thủy điện Xê ka man (Lào).

Việc ứng dụng vật liệu FRP vào sửa chữa các kết cấu thường áp dụng khi: Kết cấu bị lỗi từ khâu thiết kế; kết cấu bị lỗi trong quá trình thi công; thay đổi công năng của kết cấu và đặc biệt các kết cấu bị xuống cấp trong quá trình khai thác theo thời gian hoặc do quá tải…

Hiệu quả của giải pháp áp dụng vật liệu FRP trong sửa chữa tăng cường phụ thuộc vào nhiều yếu tố như: Độ tin cậy của các phương pháp tính toán thiết kế, chất lượng của vật liệu FRP đầu vào, chất lượng của vật liệu kết cấu hiện hữu, chất lượng của quá trình thi công… Như vậy, nếu các yếu tố khác đã đảm bảo thì chất lượng của kết cấu sau sửa chữa phụ thuộc lớn vào chất lượng trong quá trình thi công. Chất lượng của quá trình thi công lại phụ thuộc vào nhiều yếu tố cũng như điều kiện thực tế như: Quá trình kiểm soát các bước thi công, điều kiện khí hậu khi thi công, điều kiện của bề mặt khi thi công như độ ẩm, độ sạch, độ nhám…

Chất lượng của quá trình thi công được phản ánh qua chất lượng liên kết (độ bám dính) của kết cấu hiện hữu với vật liệu sửa chữa FRP. Nếu không xét đến đặc tính của vật liệu đầu vào thì độ

bám dính của vật tấm vật liệu gia cường FRP với bề mặt kết cấu hiện hữu phụ thuộc vào các yếu tố trong quá trình thi công, một trong các yếu tố đó là độ sạch bề mặt của kết cấu trước khi thi công dán tấm sợi FRP. Với đặc điểm các kết cấu sửa chữa thường là các công trình đã đưa vào sử dụng thì bề mặt kết cấu sau thời gian sử dụng đã bị bụi bẩn, phong hóa hoặc han gỉ (với bề mặt kết cấu thép). Việc thi công làm sạch chuẩn bị bề mặt trước khi thi công dán vật liệu FRP ảnh hưởng trực tiếp tới độ bám dính của hai vật liệu với nhau. Với các độ sạch khác nhau có thể dẫn đến chất lượng liên kết dính bám khác nhau.

Hiện nay, trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu khả năng dính bám của vật liệu FRP và bề mặt kết cấu (bê tông, thép) với nhiều vật liệu FRP của các hãng khác nhau [1-5]. Tại Việt Nam, hiện nay chưa có nghiên cứu cụ thể nào về sự dính bám của vật liệu FRP và bề mặt kết cấu thép trong sửa chữa gia cường.

Trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của độ sạch bề mặt thép đến khả năng bám dính (pull-off strength) của vật liệu cốt sợi cường độ cao (FRP) và bề mặt thép trong sửa chữa gia cường kết cấu thép. Nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Sức bền vật liệu, Khoa Công trình, Trường Đại học GTVT.

2. MÔ HÌNH THỰC NGHIỆM

2.1. Mẫu thí nghiệm và vật liệu chế tạo

Vật liệu thí nghiệm là thép Q460. Vật liệu gia cường là sợi cường độ cao Tyfo SCH51A, keo nền Tyfo WS, keo dán Tyfo S do hãng Fyfe sản xuất [6].

Thông số kỹ thuật của vật liệu thí nghiệm được thể hiện ở Hình 2:

Mác thép	Phẩm cấp	Giới hạn chảy (MPa) ≥ Chiều dày hoặc đường kính (mm)				Độ bền kéo σb (MPa)	Độ giãn dài δ (%)	Mô đun đàn hồi (Gpa)
		≤ 16	> 16 ~ 35	35 ~ 50	50 ~ 100			
Q460	D	460	440	420	400	520 ~ 720	17	200-210

Hình 2. Thông số kỹ thuật của thép QC460

COMPOSITE GROSS LAMINATE PROPERTIES			
PROPERTY	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE	DESIGN VALUE*
Ultimate tensile strength in primary fiber direction, psi	D3039	83,400 psi (575 MPa) (4.17 kip/in. width)	66,720 psi (460 MPa) (3.3 kip/in. width)
Elongation at break	D3039	2.2%	1.76%
Tensile Modulus, psi	D3039	3.79 x 10^6 psi (26.1 GPa)	3.03 x 10^6 psi (20.9 GPa)
Ultimate tensile strength 90 degrees to primary fiber, psi	D3039	3,750 psi (25.8 MPa)	3,000 psi (20.7 MPa)
Nominal Laminate Thickness		0.05 in. (1.3mm)	0.05 in. (1.3mm)

a) - Thông số cơ tính của sợi SEH51A đã tẩm keo TyfoS

TYPICAL DRY FIBER PROPERTIES	
Tensile Strength	470,000 psi (3.24 GPa)
Tensile Modulus	10.5 x 10^6 psi (72.4 GPa)
Ultimate Elongation	4.5%
Density	0.092 lbs./in.^{3} (2.55 g/cm^3)
Minimum weight per sq. yd.	27 oz. (915 g/m^2)

b) - Thông số sợi SEH51A ở dạng khô

Hình 3. Thông số cơ tính của vật liệu sợi thủy tinh SEH51A do hãng Fyfe sản xuất

EPOXY MATERIAL PROPERTIES		
Curing Schedule 72 hours post cure at 140° F (60° C).		
PROPERTY	ASTM METHOD	TYPICAL TEST VALUE*
Tensile Strength†, psi	D638 Type 1	10,500 psi (72.4 MPa)
Tensile Modulus, psi	D638 Type 1	461,000 psi (3.18 GPa)
Elongation Percent	D638 Type 1	5.0%
Flexural Strength, psi	D790	17,500 psi (123.4 MPa)
Flexural Modulus, psi	D790	452,000 psi (3.12 GPa)
T_g	D4065	180°F (82°C)

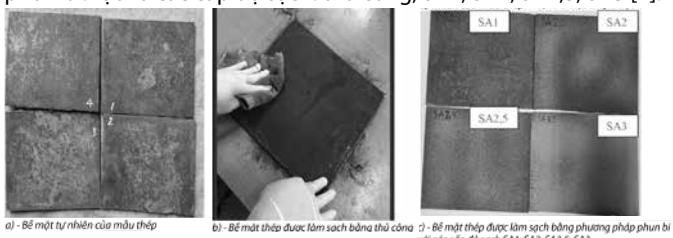
EPOXY COMPONENT PROPERTIES	
Color	Component A is white Component B is clear
Viscosity	Component A at 77° F (25° C) is 7,000-10,000 cps Component B at 77° F (25° C) is 11 cps
Pot Life	3 to 6 hours at 68° F (20° C).
Viscosity of Mixed Product	Thick paste consistency

Hình 4. Thông số cơ tính của keo nền Tyfo WS do hãng Fyfe sản xuất

- Độ sạch bề mặt thép được thực nghiệm theo tiêu của ISO 8501-1 [7] của Anh. Thí nghiệm kéo nhổ thực nghiệm theo Tiêu chuẩn ASTM D4541-02 [8].

- Mẫu thí nghiệm thép Q460: 5 mẫu có kích thước (200x300x10)mm có cấp độ gỉ B [7].

- Phương pháp làm sạch bề mặt thép: Thủ công (bằng tay) và phun bi. Tạo ra các cấp độ sạch: thủ công; SA1; SA2; SA2,5; SA3 [7].



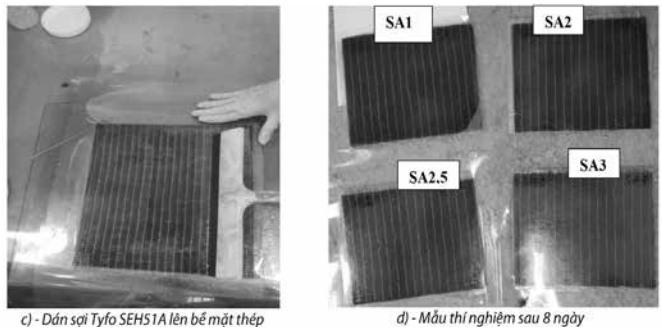
a) - Bề mặt tự nhiên của mẫu thép | b) - Bề mặt thép được làm sạch bằng thủ công | c) - Bề mặt thép được làm sạch bằng phương pháp phun bi với các cấp độ sạch SA1; SA2; SA2,5; SA3

Hình 5. Bề mặt mẫu thép với các cấp độ sạch thí nghiệm

Tiến hành thi công dán sợi Tyfo SEH51A lên bề mặt thép bằng keo nền Tyfo WS và keo dán Tyfo S.



a) - Pha trộn keo theo tỷ lệ của nhà sản xuất | b) - Tẩm keo nền Tyfo WS lên bề mặt thép

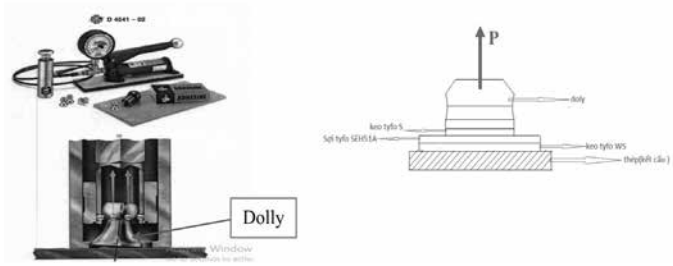


c) - Dán sợi Tyfo SEH51A lên bề mặt thép | d) - Mẫu thí nghiệm sau 8 ngày

Hình 6. Chế tạo mẫu thử nghiệm

2.2. Sơ đồ thí nghiệm

Theo Tiêu chuẩn D4541-02, nhóm nghiên cứu lựa chọn sơ đồ thí nghiệm được thể hiện trong Hình 7. Dầu được bơm (bằng tay) vào trong kích thủy lực và thông qua lưu lượng dầu có thể đo được lực kéo. Tiến hành thí nghiệm kéo đến đĩa nhôm (Dolly) hoặc vật liệu FRP tách ra hoàn toàn khỏi mẫu thử.



Hình 7. Sơ đồ thí nghiệm kéo nhổ

Máy thí nghiệm: Máy kéo nhổ chuyên dụng Elcometer.

Lực kéo P được xác định trên đồng hồ đo của máy. Giá trị

cường độ kéo nhổ xác định theo [9]:

Trong đó:

$$\sigma_{keonho} = \frac{4P}{\pi d^2}$$

- σ_{keonho} - Ứng suất kéo nhổ trung bình lớn nhất được áp dụng trong quá trình thử nghiệm (MPa);

- P - Lực thực tế tác dụng lên bề mặt thử nghiệm (đo được);

- d - Đường kính bề mặt thử (inch hoặc mm).

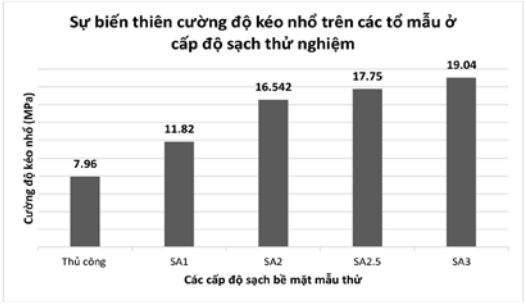
3. PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

3.1. Kết quả thực nghiệm

Bảng kết quả thí nghiệm như sau:

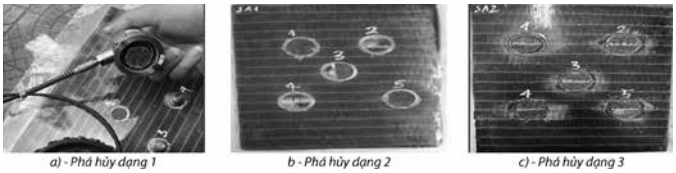
Bảng 1. Giá trị cường độ kéo nhổ của các tổ mẫu ở các cấp độ sạch thử nghiệm

Mẫu số	Kích thước mẫu		Cường độ kéo nhổ (MPa)				
	Đường kính (mm)	Diện tích (mm^2)	Thủ công	SA1	SA2	SA2,5	SA3
1	20	314,16	7,93	12,64	15,64	17,80	18,90
2	20	314,16	5,95	12,65	19,34	16,28	18,77
3	20	314,16	9,73	12,65	15,70	17,37	19,60
4	20	314,16	8,46	11,37	16,36	19,00	17,77
5	20	314,16	7,73	9,79	15,67	18,30	20,16
Trung bình			**7,96**	**11,82**	**16,54**	**17,75**	**19,04**



Hình 8. Biến thiên cường độ kéo nhổ ở các ổ mẫu với các cấp độ sạch thử nghiệm

Dạng phá hủy bề mặt:



a) - Phá hủy dạng 1 b - Phá hủy dạng 2 c) - Phá hủy dạng 3

Hình 9. Các dạng phá hủy

Qua Hình 9, xuất hiện 3 dạng phá hủy:

- Dạng 1: Lớp sợi FRP bị tách ra khỏi bề mặt thép (Hình 9a).

- Dạng 2: Lớp sợi FRP bị xé (Hình 9b).

- Dạng 3: Lớp sợi FRP vẫn bám dính với bề mặt thép. Dolly bị tách ra khỏi tấm sợi FRP (hình 9c).

3.2. Phân tích, đánh giá kết quả

Thông qua kết quả thực nghiệm, nhóm nghiên cứu rút ra một số nhận xét sau:

- Dựa vào biểu đồ thể hiện cường độ kéo nhổ ở mỗi cấp độ sạch khác nhau (Hình 8). Có thể thấy ở cấp độ sạch càng cao thì cho ra giá trị cường độ kéo nhổ càng lớn, tức là khả năng bám dính càng cao.

- Với bề mặt làm sạch bằng phương pháp thủ công thì cường độ kéo nhổ trung bình thấp hơn so với làm sạch bằng phương pháp phun bi.

- Cường độ kéo nhổ trung bình ở cấp độ sạch SA1 là 11,82 MPa cao hơn 67,34% so với làm sạch bằng thủ công là 7,96 MPa. Cường độ kéo nhổ trung bình ở cấp độ sạch SA2 là 16,54 MPa cao hơn 71,45% so với SA1 là 11,82 MPa và 48,12% so với thủ công là 7,96 MPa. Cường độ kéo nhổ trung bình ở cấp độ sạch SA2.5 là 17,75 MPa cao hơn 93,2% so với SA2 là 16,54 MPa, 66,59% so với SA1 là 11,82 MPa và 44,85% so với thủ công là 7,96 MPa. Cường độ kéo nhổ trung bình ở cấp độ sạch SA3 là 19,04 MPa cao hơn 93,22% so với SA2.5 là 17,75 MPa, 86,88% so với SA2 là 16,542 MPa, 62% so với SA1 là 11,82 MPa; 41,81% so với thủ công là 7,96 MPa.

4. KẾT LUẬN

- Qua kết quả nghiên cứu có thể thấy rằng, cấp độ sạch và phương pháp làm sạch ảnh trực tiếp tới khả năng bám dính của vật liệu FRP với bề mặt kết cấu thép.

- Với phương pháp làm sạch bằng thủ công, mặc dù bề mặt được làm sạch cẩn thận tại phòng thí nghiệm với cấp độ sạch lớn nhất nhưng giá trị cường độ kéo nhổ lớn nhất của tất cả các mẫu chỉ đạt 9,73 MPa < 9,79 MPa là giá trị cường độ kéo nhổ nhỏ nhất ứng với cấp độ sạch SA1 (cấp độ sạch thấp nhất của phương pháp làm sạch bằng phun bi).

- Trong cùng một phương pháp làm sạch bề mặt thì cấp độ sạch càng cao thì khả năng dính bám của tấm vật liệu FRP lên bề mặt thép càng tốt. Cụ thể, với phương pháp này thì cường độ kéo nhổ trung bình của các mẫu với cấp độ sạch cao nhất SA3 là 19,4 MPa, cao hơn 64% cường độ kéo nhổ trung bình của các mẫu với cấp độ sạch thấp nhất SA1 là 11,82MPa.

- Do điều kiện và phạm vi nghiên các số liệu của kết quả nghiên cứu chỉ có giá trị với vật liệu FRP (keo tyfo WS, keo tyfo S, sợi SEH 51A…) của hãng Fyfe.

- Vì lớp vật liệu liên kết giữa kết cấu thép sửa chữa và tấm FRP là keo EPOXY, do vậy có thể nghiên cứu thêm khả năng bám dính của lớp vật liệu FRP với kết cấu thép ở các mức nhiệt độ khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. G.Sebastiani, S.Pfeifer, L.Rober, J.Katoh, Z.Yamaguchi, S.Takada (2019), Bonding Strength of FRP-Metal Hybrids, Technologies for Lightweight Structures 3(1), pp.1-8.

[2]. Cicek Ozes and Nurhan Neser (2015), Exprimental Study on Steel to FRP Bonded Lap Joint in Marine Applications, Advances in Materials Science and Engineering.

[3]. Pramanik, A. et al. (2017), Joining of carbon fibre reinforced polymer (CFRP) composites and aluminum alloys - A review, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 101, pp.1-29. doi: 10.1016/j.compositesa.2017.06.007.

[4]. Monden, A. et al. (2014), Evaluation of surface modified CFRP-Metal hybrid laminates, In: Proceedings of the Euro Hybrid Materials and Structures, pp.32-40

[5].Schimanski,K.etal.(2013), Failurebehaviorofdiffusionbondedtransitionstructures for integral FRP Aluminum compounds, Procedia Materials Science, 2, pp.189-196, doi: 10.1016/j.mspro.2013.02.023

[6]. Chỉ dẫn kỹ thuật vật liệu FRP của hãng Fyfe.

[7]. Standard ISO 8501-1:1988, Preparation of substrates before application of paint and ralated products.

[8]. ASTM D4541-02, Standard Test Method for Pull-off Strength of Coating Using Portable Adhesion Testers.

[9]. Vũ Đình Lai, Nguyễn Xuân Lựu, Bùi Đình Nghi (1999), Sức bền vật liệu, NXB. Giao thông vận tải, Hà Nội.

■Ngày nhận bài: 14/3/2025 ■Ngày sửa bài: 01/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2025

Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố đến cường độ nén của đất gia cố xi măng trộn sâu trong phòng thí nghiệm

Study on the influence of selected factors on the compressive strength of cement deep mixing soil by laboratory experiments

> TS NGÔ THỊ THANH HƯƠNG
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: huongntt@utt.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm trong phòng thí nghiệm nhằm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ nước/xi măng (N/X), loại xi măng (Fico PCB40 - loại II và Insee PCB40 - loại II) và hàm lượng xi măng (200, 220, 250 kg/m^3) đến cường độ nén của đất xi măng trộn sâu (Cement Deep Mixing - CDM). Các mẫu đất được thí nghiệm gồm 3 loại đất á cát, bùn sét và sét. Thí nghiệm nén nở hông được tiến hành ở tuổi 14 ngày và 28 ngày. Kết quả cho thấy, cường độ nén có xu hướng tăng khi hàm lượng xi măng tăng và phát triển nhanh trong giai đoạn đầu. Ở tuổi 14 ngày, cường độ nén đạt trung bình 75 - 85% so với tuổi 28 ngày. Kết quả của thí nghiệm là cơ sở để lựa chọn các loại thông số hợp lý tối ưu trong thi công công nghệ trộn sâu xi măng tại dự án, đảm bảo chất lượng và hiệu quả gia cố nền đất.

Từ khóa: Đất, xi măng, loại, tỷ lệ, cường độ nén.

ABSTRACT

This paper presents the results of laboratory experimental research to evaluate the effects of the water/cement ratio (W/C of 1.0 and 2.0), cement type (Fico PCB40 - Type II and Insee PCB40 - Type II) and cement content (200, 220, 250 kg/m^3) on the compressive strength of cement deep mixing (CDM) soil. The tested soil samples belong to three types: Silty sand, clayey silt and clay. The experiments were conducted at 14-day and 28-day curing ages. The results indicate that compressive strength tends to increase with higher cement content and develops rapidly in the early stages. At 14 days, the compressive strength reached approximately 75 - 85% of the 28-day strength. These findings serve as a basis for selecting optimal mix parameters for deep cement mixing construction in the project, ensuring foundation stabilization quality and efficiency.

Keywords: Soil, cement, type, ratio, compressive strength.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ đất xi măng trộn sâu (Cement Deep Mixing - CDM) được ứng dụng rộng rãi trong quá trình xử lý nền móng và nền đất yếu của các công trình giao thông, thủy lợi, sân bay, cảng biển… [1]. Công nghệ đất xi măng trộn sâu (CDM) được thi công bằng phương pháp khoan sâu. Sử dụng máy khoan và các thiết bị chuyên dụng (cần khoan, mũi khoan...) khoan vào đất theo đường kính và chiều sâu lỗ khoan thiết kế. Trong quá trình khoan đất không được đưa ra khỏi đất khoan mà tiến hành phá cấu trúc đứt gãy, xới tơi bằng cánh trộn, đồng thời trộn với chất kết dính (xi măng hoặc vôi, vôi bay...). Phương pháp này có nhiều ưu điểm: Phạm vi áp dụng rộng, thích hợp mọi loại đất từ bùn sét đến sỏi cuội; có thể xử lý lớp đất yếu một cách cục bộ, không ảnh hưởng đến lớp đất tốt; thi công được trong nước; mặt bằng thi công nhỏ, ít chấn động, ít tiếng ồn, hạn chế tối đa ảnh hưởng đến các công trình lân cận; rất sạch sẽ và giảm thiểu vấn đề ô nhiễm môi trường; thiết bị nhỏ gọn, có thể thi công trong không gian có chiều cao hạn chế; đặc biệt là thi công nhanh, thời gian đất đạt yêu cầu kỹ thuật xử lý ngắn, đẩy nhanh được tiến độ cải tạo đất nền [2]. Hiện nay, phổ biến ở Việt Nam, hai công nghệ thi công đất xi măng là công nghệ trộn khô và trộn ướt. Do các đặc điểm về khí hậu (nóng ẩm quanh năm), địa chất, nguồn nước và kinh nghiệm thực tiễn cho thấy tại miền Nam Việt Nam, công nghệ thi công bằng phương pháp trộn ướt rất phổ biến [3].

Mặt khác, cường độ nén của đất xi măng trộn sâu chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, trong đó tỷ lệ nước/xi măng (N/X), loại xi măng và hàm lượng xi măng hay loại đất là các yếu tố quan trọng quyết định chất lượng của CDM [4-5]. Việc nghiên cứu và đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố này là cần thiết để tối ưu hóa thông số thiết kế và đảm bảo hiệu quả thi công. Bài báo trình bày về kết quả của phương pháp trộn ướt trong phòng thí nghiệm. Mục tiêu của thí nghiệm trộn ướt trong phòng thí nghiệm là xác định loại xi măng

được sử dụng, tỷ lệ nước/xi măng và hàm lượng sử dụng, cho từng loại đất cụ thể trong khu vực xây dựng sau khi cải tạo nền đất để đạt được cường độ thiết kế.

2. QUÁ TRÌNH THÍ NGHIỆM TRONG PHÒNG

2.1. Vật liệu

2.1.1 Mẫu đất

Tổng cộng có 3 loại mẫu đất thuộc các loại đất á cát, bùn sét và sét được lấy tại các vị trí lỗ khoan trong khu vực thi công bằng phương pháp trộn sâu xi măng CDM). Sử dụng máy khoan với phương pháp khoan, không đưa đất ra bên ngoài. Lỗ khoan có đường kính 110 mm. Mẫu đất được lấy từ các độ sâu sau lỗ khoan BH01: PD1: 2,0 - 2,5 m, PD2: 7,5 - 8,0 m và PD3: 11,5 - 12,0 m. Mô tả sơ đồ các mẫu đất như sau:

Bảng 1. Tính chất cơ lý của đất

Đặc tính của đất	Ký hiệu	Đơn vị	PD1	PD2	PD3
			Á cát	Bùn sét	Sét
Độ ẩm	W	%	33,6	69,6	50,3
Dung trọng ướt	γ_w	kN/m^3	1,9	15,5	1,71
Hệ số rỗng	e_o		0,866	1,938	1,34
Tỷ trọng hạt	Δ		2,65	2,69	2,67
Độ ẩm giới hạn chảy	W_{nh}	%	28,7	74	58,5
Độ ẩm giới hạn dẻo	W_d	%	22,2	27	27,2
Giới hạn dẻo	PL	%	6,5	47	31,3
Chỉ số sệt	LI		1,25	0,093	0,42
Thí nghiệm nén ba trục (UU)	C	kN/m^2	0,05	15	0,134
	φ	Độ	2^{0}14	2	1^{0}31
Độ bền cắt không thoát nước	C_u	kN/m^2	0,95	-	0,299
Sức kháng mũi xuyên	q_c	kN/m^2	9^{0}05	-	10^{0}54
Áp lực tiền cố kết	u	kG/cm^2	0,66	-	0,85
Hệ số thấm	k	cm/s	1,87	4,58x10^{-5}	0,06

2.1.2. Xi măng

Sử dụng xi măng Portland PCB40 - loại II phù hợp với QCVN 16:2019/BXD và ISO 4316:2007 cho công nghệ CDM. Xi măng đã được thí nghiệm và thỏa mãn các yêu cầu trong TCVN 6016:2011. Tính chất của hai loại xi măng, Fico PCB40 và Insee PCB40 được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Các yêu cầu kỹ thuật của xi măng

Thông số	Đơn vị	Tiêu chuẩn thí nghiệm	Giá trị yêu cầu	Fico PCB40 - Loại II	Insee PCB40 - Loại II
1. Cường độ nén					
- 3 ngày	MPa	TCVN6016:2011	≥16	23	24
- 28 ngày	MPa		≥40	42	44
2. Độ cứng của xi măng, xác định bằng phương pháp bề mặt riêng	cm^2/g	TCVN4030:2003	≥3.300	3.500	3.700
3. Thời gian đông kết của xi măng					
- Bắt đầu	Phút	TCVN6017:2015	≥45	120	130
- Kết thúc	Giờ		≤10	4	4
4. Độ ổn định có thể được phân tích, xác định bằng phương pháp Le Chatelier	mm	TCVN6017:2015	≤10	1,4	1,4
5. Hàm lượng oxyt (MgO)	%	TCVN141:2008	≤6	3	3
6. Hàm lượng sunfua trioxit (SO_3)	%	TCVN141:2008	≤3,5	2,0	2,2
7. Lượng mất khi nung (MKN)	%	TCVN141:2008	≤3	1,5	1,6

2.1.3. Nước

Sử dụng nước ngọt, không chứa chất độc hại gây ảnh hưởng xấu đến chất của CDM. Nước sử dụng cho CDM phải đáp ứng các yêu cầu của TCVN 4506:2012 như sau: Nước không có chứa dầu mỡ. Độ pH không nhỏ hơn 4 và không lớn hơn 12,5 (TCVN 6492:2011). Hàm lượng muối hòa tan không lớn hơn 5 g/lít (TCVN 4560:1988), hàm lượng SO_4^{2-} không nhỏ hơn 3 g/lít (TCVN 6200:1996).

2.2. Thực hiện thí nghiệm

2.2.1. Chuẩn bị đất

Đất được lấy tại hiện trường sau đó đem về phòng thí nghiệm hong khô. Nếu đất có các loại tạp chất như vỏ sò lớn, dăm gỗ, sỏi đá có kích thước lớn cần phải sử dụng sàng 4,75 mm để loại bỏ chúng.

2.2.2. Chuẩn bị mẫu đất - xi măng

Tỷ lệ xi măng được sử dụng để gia cố cho một mét khối đất là 200, 220, 250 kg/m^3 và tỷ lệ Nước/Xi măng được sử dụng trong thí nghiệm là 1 và 1,2. Trộn đất và xi măng thật đều trước khi thêm nước để đảm bảo xi măng phân bố đồng đều trong toàn bộ mẫu. Chia mẫu đất đã trộn xi măng ra thành 5 khay và phun vào các lượng nước khác nhau. Sau đó, bọc kín nilon ủ mẫu khoảng 1 - 2 giờ để xi măng có thể phản ứng với nước và đất.

2.2.3. Đúc mẫu và bảo dưỡng



Hình 1. Bảo dưỡng mẫu thí nghiệm

Hỗn hợp đất - xi măng sau khi trộn đều sẽ được đổ vào khuôn trụ tiêu chuẩn (D50 x H100 mm). Quét nhẹ một lớp dầu chống dính vào mặt trong của khuôn. Tiến hành đầm chặt hỗn hợp theo từng lớp. Các mẫu sau khi đúc (vẫn còn trong khuôn) sẽ được bảo dưỡng trong tủ ổn định nhiệt độ và độ ẩm, nhiệt độ yêu cầu là 23 ± 3^{0}C và độ ẩm không nhỏ hơn 95%. Sau đó, mẫu được bọc lại bằng nilon và tiếp tục được bảo dưỡng trong thùng bảo dưỡng trong suốt thời gian quy định [6, 7]. Tổng số mẫu đúc là 216 mẫu, bao gồm 108 mẫu nén ở tuổi 14 ngày và 108 mẫu nén ở tuổi 28 ngày.

2.2.4. Thí nghiệm nén nở hông

Thí nghiệm được tiến hành ngay sau khi lấy mẫu ra khỏi tủ bảo dưỡng để tránh thay đổi độ ẩm và nhiệt độ. Các mẫu sẽ được thực hiện thí nghiệm nén ở tuổi 14 ngày và 28 ngày [8].

Cường độ nén của mẫu đất xi măng được tính theo công thức:

$q_u = P / A$

Trong đó:

qu - Cường độ nén nở hông của mẫu đất xi măng ở tuổi thí nghiệm, (kPa);

P - Lực nén (N);

A - Diện tích mặt cắt ngang của mẫu (m^2).

Một tổ mẫu thí nghiệm nhóm bao gồm 3 mẫu. Khi tính toán kết quả của một mẫu vượt quá ±15% giá trị trung bình của nhóm,

chỉ lấy giá trị của 2 mẫu còn lại để tính toán. Nếu không đủ 2 mẫu, phải tiến hành thí nghiệm lại. Cường độ nén yêu cầu theo thiết kế cần lớn hơn 650 kPa.

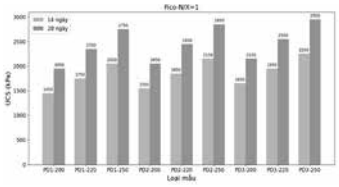
3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Kết quả thí nghiệm được thể hiện trên các Hình 2, Hình 3, Hình 4, Hình 5, Hình 6, Hình 7, từ đó có thể rút ra một số nhận xét sau:

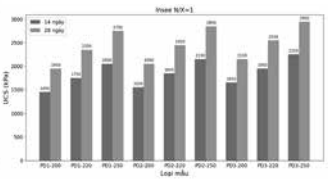
3.1. Ảnh hưởng của loại xi măng

- Tại tỷ lệ N/X = 1,0:

Nhìn chung, không có sự khác biệt quá lớn về cường độ nén giữa hai loại xi măng ở cùng hàm lượng và tuổi thí nghiệm.



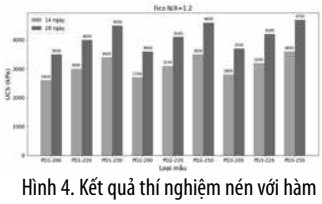
Hình 2. Kết quả thí nghiệm nén với hàm lượng xi măng Fico (N/X=1,0)



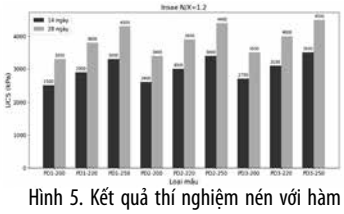
Hình 3. Kết quả thí nghiệm nén với hàm lượng xi măng Insee (N/X=1,0)

- Tại tỷ lệ N/X = 1,2:

Sự khác biệt giữa hai loại xi măng trở nên rõ ràng hơn, đặc biệt ở tuổi 28 ngày. Đối với cả ba loại đất (PD1, PD2, PD3), xi măng Insee thường cho cường độ nén cao hơn đáng kể so với xi măng Fico ở cùng hàm lượng và tuổi thí nghiệm. Sự khác biệt này đặc biệt lớn ở hàm lượng 250 kg/m^3.



Hình 4. Kết quả thí nghiệm nén với hàm lượng xi măng Fico (N/X=1,2)



Hình 5. Kết quả thí nghiệm nén với hàm lượng xi măng Insee (N/X=1,2)

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng xi măng

Đối với cả hai loại xi măng (Fico và Insee) và cả hai tỷ lệ N/X (1,0 và 1,2), cường độ nén nở hông (qu) đều có xu hướng tăng rõ rệt khi hàm lượng xi măng tăng từ 200 kg/m^3 lên 220 kg/m^3 và sau đó lên 250 kg/m^3. Điều này là phù hợp với lý thuyết, vì xi măng đóng vai trò là chất kết dính, hàm lượng xi măng càng cao thì khả năng liên kết giữa các hạt đất càng mạnh, dẫn đến cường độ nén cao hơn.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ nước/xi măng (N/X)

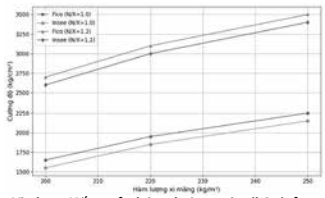
Khi so sánh kết quả giữa tỷ lệ N/X = 1,0 và N/X = 1,2 cho cùng một loại xi măng và cùng một hàm lượng xi măng, có thể thấy rằng tỷ lệ N/X thấp hơn (1,0) thường cho cường độ nén cao hơn so với tỷ lệ N/X cao hơn (1.2). Điều này có thể là do khi tỷ lệ N/X thấp hơn, lượng nước tự do trong hỗn hợp ít hơn, dẫn đến cấu trúc vữa xi măng đặc chắc hơn sau khi đóng rắn, từ đó tăng cường độ. Tuy nhiên, sự khác biệt này có thể không quá lớn trong một số trường hợp cụ thể.

3.4. Ảnh hưởng của loại đất

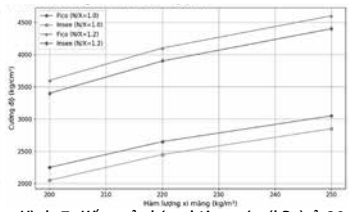
Tại tỷ lệ N/X = 1,0: Nhìn chung, đất cát (PD1) và sét pha cát (PD3) có xu hướng đạt cường độ nén cao hơn so với bùn sét (PD2) ở cùng hàm lượng xi măng và tuổi thí nghiệm. Điều này có thể do thành phần hạt và khả năng phản ứng của các loại đất khác nhau với xi măng.

Tại tỷ lệ N/X = 1,2: Xu hướng tương tự vẫn được quan sát, với bùn sét (PD2) thường cho cường độ nén thấp nhất trong ba loại đất.

Hình 6 và 7 thể hiện kết quả thí nghiệm nén theo 14 ngày tuổi và 28 ngày tuổi.



Hình 6. Kết quả thí nghiệm nén (kPa) ở 14 ngày tuổi



Hình 7. Kết quả thí nghiệm nén (kPa) ở 28 ngày tuổi

Từ Hình 6 và Hình 7 cho thấy, đối với tất cả các trường hợp, cường độ nén ở tuổi 28 ngày đều cao hơn đáng kể so với cường độ nén ở tuổi 14 ngày, cho thấy quá trình thủy hóa và đóng rắn của xi măng vẫn tiếp tục diễn ra sau 14 ngày. Cường độ nén phát triển nhanh chóng trong giai đoạn đầu, ở tuổi 14 ngày đạt trung bình từ 75% đến 85% so với cường độ nén ở tuổi 28 ngày. Tỷ lệ tăng cường độ từ 14 ngày đến 28 ngày có thể khác nhau tùy thuộc vào loại đất, loại xi măng và tỷ lệ N/X. Cường độ nén tăng đáng kể từ 14 ngày đến 28 ngày cho thấy tầm quan trọng của công việc bảo dưỡng đủ thời gian để xi măng phát huy khả năng hình thành cường độ. Các kết quả thí nghiệm cũng cho thấy các loại hợp lý được nghiên cứu đều đạt và vượt qua yêu cầu cường độ thiết kế sau 28 ngày.

Xi măng Insee có xu hướng cho cường độ cao hơn trong nhiều trường hợp. Việc lựa chọn hỗn hợp đất-xi măng với tỉ lệ và hàm lượng cụ thể sẽ cần cân nhắc bổ sung các yếu tố về kinh tế và điều kiện thi công.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu, một số kết luận sau được rút ra:

- Nhìn chung, cường độ nén tăng khi hàm lượng xi măng tăng. Cường độ nén phát triển nhanh chóng trong giai đoạn đầu, ở tuổi 14 ngày đạt trung bình từ 75% đến 85% so với cường độ nén ở tuổi 28 ngày.

- Với hàm lượng xi măng 200, 220 và 250 kg/m^3 sử dụng hai loại xi măng Fico và Insee với tỷ lệ N/X lần như là 1,0 và 1,2, kết quả thí nghiệm cường độ nén ở tuổi 28 ngày đều đạt yêu cầu thiết kế (≥ 650 kPa), giá trị cao nhất đạt được là 3.195 kPa (với xi măng Insee, hàm lượng 250 kg/m^3, tỷ lệ N/X 1,2).

- Với hàm lượng xi măng 200, 220, 250 kg/m^3 đều làm tăng cường độ nén của nền đất sau gia cố và đạt yêu cầu kỹ thuật của dự án. Tuy nhiên, việc lựa chọn hàm lượng và loại xi măng cho giai đoạn thi công sẽ cần được quyết định dựa trên yếu tố kinh tế, thiết bị và khả năng kiểm soát chất lượng thi công tại hiện trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Phi, H. T., Doan, C. B., Pham, M. N., & Trinh, N. A. (2018), Cement Deep Mixing For Soft Soil Improvement In Vietnam, Булатовские чтения, 6, 23-30.

[2]. Taki, O. (2003), Strength properties of soil cement produced by deep mixing, In Grouting and Ground Treatment, pp. 646-657.

[3]. Báo cáo kỹ thuật của dự án Nhà máy điện Nhơn Trạch 3 và Nhơn Trạch 4.

[4]. P. H. H. Giang, T. T. Nhật, H. V. Minh, & P. A Du (2022), Đánh giá cường độ chịu nén của cọc xi măng đất được chế tạo trong phòng thí nghiệm và hiện trường, Tạp chí Vật liệu và Xây dựng, Bộ Xây dựng, 12(04), 5 tr.

[5]. Phạm Kiên (2017), Thiết kế tỉ lệ xi măng hợp lý để gia cố đất sét pha làm kết cấu áo đường giao thông nông thôn tại tỉnh Kon Tum, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng, tr.122-127.

[6]. ASTM D1632-07, Standard Practice for Making and Curing Soil-Cement Compression and Flexure Test Specimens in the Laboratory.

[7]. TCVN 9403:2012 về Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng.

[8]. ASTM D2166, Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 24/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Vai trò của phát triển năng lực và đánh giá thành tích trong việc tăng cường động lực làm việc cho lao động lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt Việt Nam

The role of competence development and performance evaluation in enhancing work motivation among employees in Vietnam's railway transportation business sector

> THS NGUYỄN HỒNG VÂN[1], PGS.TS NGUYỄN THỊ HỒNG HẠNH[2]
[1]Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải; Email: vannh@utt.edu.vn
[2]Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Nghiên cứu này phân tích vai trò của phát triển năng lực và đánh giá thành tích trong mối quan hệ giữa các yếu tố tác động (Điều kiện làm việc, Đặc điểm công việc, ứng dụng công nghệ trong vận tải đường sắt, Tiền lương, phúc lợi và tiền thưởng, chính sách của doanh nghiệp kinh doanh vận tải đường sắt, hỗ trợ từ cấp trên) và động lực làm việc của lao động trong lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt Việt Nam. Dữ liệu khảo sát lao động: Khối phục vụ và trực tiếp sản xuất - tiếp xúc trực tiếp với khách hàng (hành khách và chủ hàng) và khối quản lý - hành chính. Kết quả cho thấy phát triển năng lực và đánh giá thành tích có vai trò trung gian có ý nghĩa, giúp chuyển hóa tác động của các yếu tố độc lập thành động lực làm việc tích cực. Mô hình SEM cho thấy sự phù hợp cao với dữ liệu thực nghiệm (Chi-square/df = 1,267, GFI = 0,875, CFI = 0,944, TLI = 0,955, RMSEA = 0,026, PCLOSE = 1,000).

Từ khóa: Phát triển năng lực, đánh giá thành tích, động lực làm việc, vận tải đường sắt, người lao động.

ABSTRACT

This study analyzes the role of competency development and performance evaluation in the relationship between influencing factors (working conditions, job characteristics, technological application in railway transportation, salary, benefits and rewards, corporate policies in the railway transportation business, and support from superiors) and work motivation of employees in Vietnam's railway transportation business sector. Survey data were collected from two labor groups: the service and direct production group, which directly interacts with customers (passengers and cargo owners), and the management-administrative group. The results show that competency development and performance evaluation play a significant mediating role, transforming the impact of independent factors into positive work motivation. The SEM model demonstrates a high fit with empirical data (Chi-square/df = 1.267, GFI = 0.875, CFI = 0.944, TLI = 0.955, RMSEA = 0.026, PCLOSE = 1.000).

Keywords: Competency development, performance evaluation, work motivation, railway transportation, employees.

1. BỐI CẢNH VÀ MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này được thực hiện trong giai đoạn 2024 - 2025, nhằm đánh giá tác động của các yếu tố quản lý đến động lực làm việc của người lao động trong lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt Việt Nam. Trong bối cảnh hội nhập và cạnh tranh gia tăng, việc nâng cao động lực làm việc trở thành thách thức lớn đối với các doanh nghiệp trong ngành.

Động lực làm việc không chỉ chịu ảnh hưởng từ tiền lương (TL), phúc lợi và tiền thưởng (PLT), điều kiện làm việc (DK) mà còn từ phát triển năng lực (PNL) và đánh giá thành tích (DG). Hai yếu tố này đóng vai trò trung gian quan trọng, giúp chuyển hóa chính sách quản trị thành động lực nội tại, thúc đẩy sự cống hiến và hiệu suất làm việc.

Nghiên cứu xây dựng và kiểm định mô hình tác động của các yếu tố quản lý, bao gồm điều kiện làm việc (DK), đặc điểm công việc (DD), ứng dụng công nghệ (UDCN), tiền lương (TL), phúc lợi và tiền thưởng (PLT), chính sách doanh nghiệp (CS) và hỗ trợ từ cấp trên (HTCT) đến động lực làm việc (DLLV) thông qua hai biến trung gian là phát triển năng lực (PNL) và đánh giá thành tích (DG). Kết quả cho thấy, phát triển năng lực và đánh giá thành tích không chỉ đóng vai

trò điều tiết mà còn góp phần quan trọng trong việc nâng cao hiệu suất và sự gắn bó của người lao động.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Để tổng hợp các khái niệm và lý thuyết liên quan, bảng dưới đây trình bày tóm tắt các yếu tố chính và lý thuyết nền tảng được sử dụng trong nghiên cứu:

Bảng 1. Tóm tắt các yếu tố tác động đến động lực làm việc và lý thuyết nền tảng

Động lực làm việc (DDLV)	Trạng thái tâm lý thúc đẩy người lao động đạt được mục tiêu cá nhân và tổ chức [1]	Vroom (1964), Ryan & Deci (2000)
Phát triển năng lực (PTNL)	Nâng cao kỹ năng, kiến thức và thái độ để đáp ứng yêu cầu công việc hiện tại và tương lai [2]	McClelland (1973), Boyatzis (1982)
Đánh giá thành tích (DG)	Đo lường và phản hồi về hiệu quả công việc, tạo động lực khi công bằng và minh bạch [3]	Adams (1965), Murphy & Cleveland (1995)
Điều kiện làm việc (DK)	Môi trường làm việc, cơ sở vật chất, an toàn lao động, ảnh hưởng đến sự hài lòng và hiệu suất [4]	Herzberg et al. (1959)
Đặc điểm công việc (DD)	Độ thử thách, tính phức tạp và ý nghĩa công việc tạo động lực mạnh mẽ hơn [5]	Hackman & Oldham (1980)
Ứng dụng công nghệ (UDCN)	Tối ưu hóa quy trình làm việc, tăng năng suất, tạo động lực tích cực qua tính hữu ích và dễ sử dụng [6]	Davis (1989)
Tiền lương (TL)	Các yếu tố vật chất đảm bảo nhu cầu cơ bản, giúp người lao động tập trung nâng cao năng suất [7]	Maslow (1943)
Phúc lợi và tiền thưởng (PLT)	Các yếu tố vật chất đảm bảo nhu cầu cơ bản, giúp người lao động tập trung nâng cao năng suất	Maslow (1943)

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu này sử dụng phương pháp định lượng nhằm đánh giá tác động của các yếu tố quản lý đến động lực làm việc của người lao động trong lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt Việt Nam, đồng thời kiểm định vai trò trung gian của phát triển năng lực và đánh giá thành tích. Phương pháp định lượng được lựa chọn vì tính khách quan, khả năng đo lường chính xác mối quan hệ giữa các biến và khả năng khái quát hóa kết quả cho toàn bộ doanh nghiệp kinh doanh vận tải đường sắt.

Đối tượng nghiên cứu là người lao động đang làm việc tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt (TRARAVICO) - doanh nghiệp chủ lực trong lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt Việt Nam. Dữ liệu được thu thập thông qua khảo sát 490 người lao động, chia thành hai nhóm chính:

- Nhóm 1: Khối phục vụ và trực tiếp sản xuất - tiếp xúc trực tiếp với khách hàng (365 người), bao gồm: Nhân viên khách vận, nhân viên hóa vận, tiếp viên trên tàu.

- Nhóm 2: Khối quản lý - hành chính (125 người), bao gồm: Nhân viên trực thuộc cơ quan Công ty và nhân viên khối gián tiếp tại cơ quan các chi nhánh trực thuộc Công ty.

Việc phân chia hai nhóm đối tượng giúp đánh giá sự khác biệt trong nhận thức và động lực làm việc giữa các nhóm lao động có tính chất công việc khác nhau, đồng thời kiểm định sự ảnh hưởng của các biến độc lập đến động lực làm việc của từng nhóm.

Dữ liệu được thu thập bằng bảng câu hỏi khảo sát được thiết kế dựa trên các thang đo đã được kiểm định trong các nghiên cứu trước đó. Các câu hỏi đo lường các biến nghiên cứu, bao gồm:

- Các biến độc lập: Điều kiện làm việc, đặc điểm công việc, ứng dụng công nghệ, tiền lương, phúc lợi và tiền thưởng, chính sách doanh nghiệp và hỗ trợ từ cấp trên.

- Biến trung gian: Phát triển năng lực và đánh giá thành tích.

- Biến phụ thuộc: Động lực làm việc.

Các thang đo được sử dụng trong nghiên cứu này là thang đo Likert 7 điểm, với mức điểm từ 1 (Hoàn toàn không đồng ý) đến 7 (Hoàn toàn đồng ý). Các thang đo đã được kiểm định qua phân tích độ tin cậy Cronbach's Alpha và phân tích nhân tố khám phá

Các giả thuyết nghiên cứu được kiểm định bao gồm:

H1: *Điều kiện làm việc (DK) có tác động cùng chiều đến phát triển năng lực (PNL).*

H2: *Đặc điểm công việc (DD) có tác động cùng chiều đến phát triển năng lực (PNL).*

H3: *Ứng dụng công nghệ (UDCN) có tác động cùng chiều đến phát triển năng lực (PNL).*

H4: *Tiền lương (TL) có tác động cùng chiều đến đánh giá thành tích (DG).*

H5: *Phúc lợi và tiền thưởng (PLT) có tác động cùng chiều đến đánh giá thành tích (DG).*

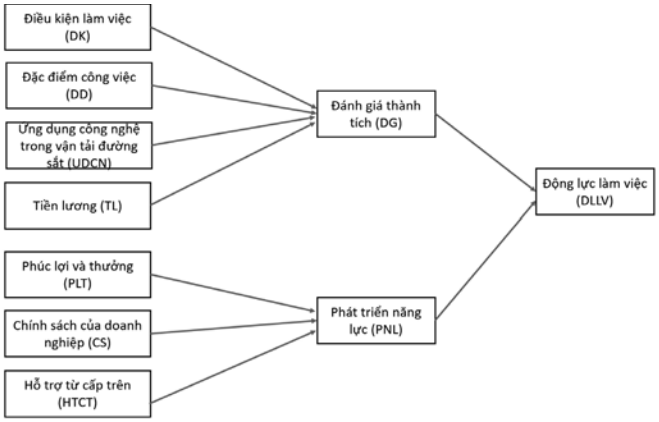
H6: *Chính sách doanh nghiệp (CS) có tác động cùng chiều đến đánh giá thành tích (DG).*

H7: *Hỗ trợ từ cấp trên (HTCT) có tác động cùng chiều đến đánh giá thành tích (DG).*

H8: *Phát triển năng lực (PNL) có tác động cùng chiều đến động lực làm việc (DLLV).*

H9: *Đánh giá thành tích (DG) có tác động cùng chiều đến động lực làm việc (DLLV).*

Từ cơ sở lý thuyết và tổng quan các nghiên cứu trước, nghiên cứu này đề xuất mô hình đánh giá tác động của các yếu tố quản lý đến động lực làm việc của người lao động trong ngành vận tải đường sắt Việt Nam. Mô hình nghiên cứu sẽ được minh họa cụ thể qua sơ đồ khái quát trong phần tiếp theo.



(Nguồn: Tổng hợp nghiên cứu của tác giả năm 2025)

Hình 1. Mô hình nghiên cứu đề xuất

3. PHÂN TÍCH VAI TRÒ TRUNG GIAN CỦA PHÁT TRIỂN NĂNG LỰC (PNL) VÀ ĐÁNH GIÁ THÀNH TÍCH (DG)

Phân tích vai trò trung gian của phát triển năng lực (PNL) và đánh giá thành tích (DG) đã làm rõ cơ chế tác động của các yếu tố quản lý đến động lực làm việc của người lao động ngành vận tải đường sắt. Kết quả cho thấy, việc tập trung vào phát triển năng lực và đánh giá thành tích công bằng là chiến lược hiệu quả giúp tối ưu hóa động lực làm việc trong bối cảnh ngành vận tải đường sắt Việt Nam.

3.1. Thống kê mô tả các biến quan sát

Từ dữ liệu khảo sát của tác giả trên 490 lao động tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt, thống kê mô tả các biến quan sát cung cấp tổng quan về các biến nghiên cứu, bao gồm số lượng quan sát (N), giá trị nhỏ nhất (Min), giá trị lớn nhất (Max) và giá trị trung bình (Mean) cho kết quả:

- Các biến liên quan đến tiền lương (TL) và phúc lợi, tiền thưởng (PLT) có mức trung bình cao nhất (TL1 = 5,71 và PLT5 = 5,73), cho thấy người lao động đánh giá tích cực về chính sách tiền lương và phúc lợi của doanh nghiệp.

- Đánh giá thành tích (DG1) cũng nhận được phản hồi tích cực (Mean = 5,67), cho thấy hệ thống đánh giá công bằng và phù hợp đã tạo động lực cho người lao động.

- Phát triển năng lực (PNL1) và động lực làm việc (DLLV1) có giá trị trung bình lần lượt là 5,06 và 5,32, cho thấy người lao động đánh giá tích cực về khả năng phát triển kỹ năng và động lực trong công việc.

3.2. Kết quả kiểm định độ tin cậy (Cronbach's Alpha) và EFA

Bảng 2. Kết quả kiểm định Cronbach's Alpha

Biến	Hệ số Cronbach's Alpha	Kết luận
TL(TL1,TL2,TL3,TL4,TL5)	0.861	Đạt yêu cầu
PLT(PLT1,PLT2,PLT3,PLT4,PLT5)	0.852	Đạt yêu cầu
CS(CS1,CS2,CS3,CS4,CS5,CS6)	0.812	Loại biến CS5 do Corrected Item-Total Correlation = 0.175 (nhỏ hơn 0.3).
HTCT (HTCT1, HTCT2, HTCT3, HTCT4, HTCT5, HTCT6)	0.836	Đạt yêu cầu
DK(DK1,DK2,DK3,DK4,DK5,DK6)	0.873	Đạt yêu cầu
DD(DD1,DD2,DD3,DD4,DD5,DD6)	0.822	Đạt yêu cầu
UDCN(UDCN1,UDCN2,UDCN3,UDCN4,UDCN5)	0.860	Đạt yêu cầu
DG(DG1,DG2,DG3,DG4,DG5,DG6)	0.884	Đạt yêu cầu
PNL(PNL1,PNL2,PNL3,PNL4)	0.855	Đạt yêu cầu
DLLV(DLLV1,DLLV2,DLLV3,DLLV4,DLLV5,DLLV6)	0.919	Đạt yêu cầu

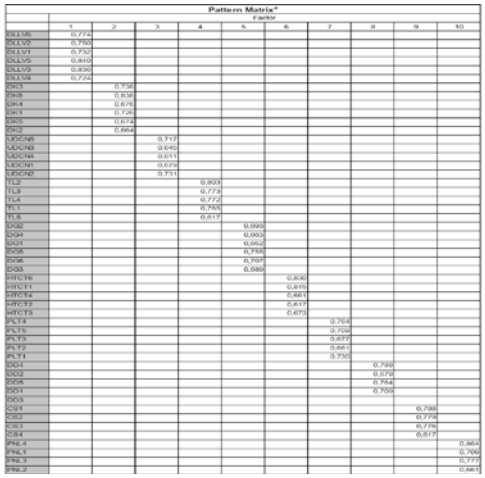
(Nguồn: Tổng hợp từ phân tích dữ liệu khảo sát của tác giả trên 490 lao động tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt Việt Nam (2025))

Kết quả kiểm định Cronbach's Alpha cho thấy tất cả các thang đo đều đạt giá trị Alpha lớn hơn 0,8, đảm bảo độ tin cậy cho các biến quan sát.

Tiền lương (TL) và phúc lợi, tiền thưởng (PLT) có Alpha lần lượt là 0,861 và 0,852, cho thấy các biến quan sát đo lường tốt khái niệm này.

Đánh giá thành tích (DG) và phát triển năng lực (PNL) cũng có Alpha cao (0,884 và 0,855), đảm bảo độ tin cậy cho việc đánh giá các biến trung gian.

Chính sách doanh nghiệp (CS) có hệ số Alpha 0,812, tuy nhiên biến CS5 bị loại do hệ số tương quan biến-tổng nhỏ hơn 0,3.

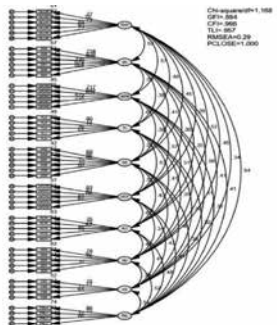


(Nguồn: Tổng hợp từ phân tích dữ liệu khảo sát của tác giả trên 490 lao động tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt (2025))

Hình 2. Ma trận xoay Pattern Matrix

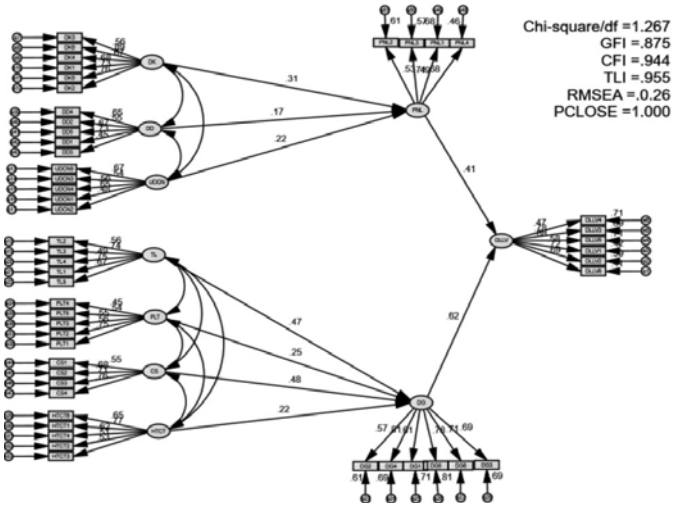
Chỉ số KMO đạt 0,91 và kiểm định Bartlett có Sig. < 0,001, cho thấy dữ liệu phù hợp để phân tích nhân tố khám phá (EFA). Ma trận xoay Pattern Matrix trình bày kết quả phân tích nhân tố khám phá (EFA) cho thấy các biến quan sát trong các nhóm như động lực làm việc (DLLV), điều kiện làm việc (DK), ứng dụng công nghệ (UDCN), tiền lương (TL), đánh giá thành tích (DG), hỗ trợ từ cấp trên (HTCT), phúc lợi và tiền thưởng (PLT), đặc điểm công việc (DD), chính sách doanh nghiệp (CS) và phát triển năng lực (PNL) đều có hệ số tải nhân tố cao, dao động từ 0,6 đến 0,8, phân nhóm rõ ràng và không có hiện tượng tải chéo chứng tỏ tính nhất quán và độ phù hợp cao của các thang đo. Điều này cho thấy các nhóm biến này đo lường tốt các nhân tố tương ứng và có sự phân biệt rõ ràng trong cấu trúc nhân tố, đảm bảo độ tin cậy và tính hợp lý của mô hình nghiên cứu [8].

3.3. Mô hình CFA và SEM



(Nguồn: Tổng hợp từ phân tích dữ liệu khảo sát của tác giả trên 490 lao động tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt (2025))

Hình 3. Mô hình CFA



(Nguồn: Tổng hợp từ phân tích dữ liệu khảo sát của tác giả trên 490 lao động tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt (2025))

Hình 4. Mô hình SEM

Cả mô hình CFA (Confirmatory Factor Analysis) và SEM (Structural Equation Modeling) đều cho thấy độ phù hợp cao với dữ liệu thực nghiệm và hỗ trợ mạnh mẽ cho các giả thuyết nghiên cứu, cụ thể:

Mô hình CFA đã được kiểm định để đảm bảo các biến quan sát đo lường chính xác các yếu tố tiềm ẩn. Các chỉ số độ phù hợp của mô hình CFA đều đạt ngưỡng lý tưởng, cụ thể:

Chi-square/df = 1,267 (≤ 3,0, đạt tiêu chuẩn); GFI = 0,875 (≥ 0,85, chấp nhận được); CFI = 0,944 (≥ 0,90, rất tốt); TLI = 0,955 (≥ 0,90, tốt); RMSEA = 0,026 (≤ 0,08, phù hợp cao); PCLOSE = 1,000 (chứng tỏ mô hình phù hợp hoàn toàn với dữ liệu).

Mô hình SEM được sử dụng để kiểm định mối quan hệ giữa các yếu tố quản lý, các biến trung gian và động lực làm việc của người lao động. Các chỉ số độ phù hợp của mô hình SEM đều vượt qua ngưỡng chấp nhận, cho thấy mô hình đạt độ phù hợp rất cao với dữ liệu: Chi-square/df = 1,267 (≤ 3,0, rất tốt); GFI = 0,875 (≥ 0,85, chấp nhận được); CFI = 0,944 (≥ 0,90, rất phù hợp); TLI = 0,955 (≥ 0,90, phù hợp cao); RMSEA = 0,026 (≤ 0,08, phù hợp tốt); PCLOSE = 1,000 (đạt mức hoàn hảo, không có sự khác biệt giữa mô hình giả thuyết và dữ liệu thực tế).

Cả hai mô hình CFA và SEM đều cho thấy sự phù hợp với dữ liệu khảo sát, chứng minh rằng các thang đo và mô hình nghiên cứu có tính chính xác và độ tin cậy cao. Các chỉ số độ phù hợp này khẳng định rằng mô hình lý thuyết và dữ liệu thực nghiệm tương thích tốt với nhau, đồng thời cung cấp những bằng chứng mạnh mẽ hỗ trợ cho các giả thuyết nghiên cứu trong bài. Mô hình SEM đã xác nhận vai trò trung gian quan trọng của PNL và DG trong việc chuyển hóa tác động của các yếu tố quản lý thành động lực làm việc, đồng thời cho thấy sự phù hợp cao giữa mô hình lý thuyết và dữ liệu thực nghiệm [9].

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã phân tích tác động của các yếu tố quản lý đến động lực làm việc của người lao động trong Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt Việt Nam, đồng thời làm rõ vai trò trung gian của phát triển năng lực và đánh giá thành tích trong mối quan hệ này. Kết quả cho thấy điều kiện làm việc, đặc điểm công việc và ứng dụng công nghệ tác động trực tiếp đến động lực làm việc, trong khi tiền lương, phúc lợi, chính sách doanh nghiệp và hỗ trợ từ cấp trên tạo động lực mạnh mẽ hơn khi kết hợp với hệ thống đánh giá thành tích công bằng và minh bạch.

Phát triển năng lực và đánh giá thành tích đóng vai trò bổ trợ và điều tiết tác động của các yếu tố quản lý, giúp gia tăng hiệu quả tác động đến động lực làm việc. Tuy nhiên, vai trò trung gian này không chuyển hóa hoàn toàn tác động của các yếu tố quản lý mà chỉ củng cố và khuếch đại những tác động đó.

Nghiên cứu cũng đề xuất một số hàm ý quản trị quan trọng cho các doanh nghiệp trong ngành vận tải đường sắt, bao gồm: (1) Đầu tư vào phát triển năng lực để nâng cao kỹ năng và khả năng thích ứng của người lao động; (2) Thiết lập hệ thống đánh giá thành tích công bằng và minh bạch để tạo động lực tích cực; (3) Cải thiện điều kiện làm việc để đảm bảo môi trường an toàn và thuận lợi; (4) Tăng cường chính sách phúc lợi và hỗ trợ từ cấp trên để duy trì sự gắn bó lâu dài của người lao động.

Tóm lại, kết quả nghiên cứu khẳng định rằng, phát triển năng lực và đánh giá thành tích không chỉ đóng vai trò trung gian điều chỉnh tác động của các yếu tố quản lý mà còn tối ưu hóa hiệu quả công việc và tạo động lực bền vững cho người lao động trong lĩnh vực kinh doanh vận tải đường sắt tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ryan, R.M. and Deci, E.L. (2017), Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development and wellness. New York: Guilford Press.

[2]. Dr Mostafa Ravand (2014), HUMAN RESOURCE PROFESSIONALISM: A panacea for public organizations. S.L.: Authorhouse.

[3]. Riccucci, N. (2006), Public Personnel Management, Longman Publishing Group.

[4]. Saint, F. (1346), Using a Two-Factor Framework to Optimize Online Students' Satisfaction While Minimizing Their Dissatisfaction, Proquest Llc. 789 East Eisenhower Parkway, P.O. Box, Ann Arbor, Mi 6. Tel: 800-521-; http://Www.Proquest.com/En-Us/Products/Dissertations/Individuals.Shtml-00-00.

[5]. Smith, K.G. and Hitt, M.A. (2015), Great minds in management: the process of theory development, Oxford; New York: Oxford University Press.

[6]. Davis, F.D. (1989), The Technology Acceptance Model, Springer Nature.

[7]. Abraham Harold Maslow and Borgeaud, E. (2013), A theory of human motivation, Psychological Review. Paris: Eyrolles, DI, Cop.

[8]. Lars Eldén (2007), Matrix methods in data mining and pattern recognition, Philadelphia, Pa: Society For Industrial and Applied Mathematics.

[9]. Niels Blunch (2012), Introduction to Structural Equation Modelling Using SPSS and Amos, SAGE.

■Ngày nhận bài: 18/3/2025 ■Ngày sửa bài: 02/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/4/2025

Đánh giá sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng công trình nhà ở dân dụng

Evaluates foam concrete for application in backfilling foundation in civil construction

> TS NGUYỄN ĐĂNG HANH
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hanhnd@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá ứng dụng bê tông bọt trong công tác san lấp hố móng công trình xây dựng dân dụng, giải quyết vấn nạn thiếu hụt của các nguồn vật liệu tự nhiên (cát, đất). Bài báo đã phân tích các yếu tố kỹ thuật, môi trường, tính khả thi kỹ thuật của giải pháp. Một số thí nghiệm đã được thực hiện nhằm đánh giá thực tiễn, trong đó có cường độ cơ học, khối lượng riêng thể tích khô. Kết quả thực nghiệm cho thấy bê tông bọt thi công trên công trình thực tế sẽ có giảm sút về cường độ cơ học nhưng vẫn đảm bảo được mức cường độ cơ học tối thiểu của vật liệu san lấp. Kết quả thực nghiệm cho thấy tính khả thi và giá trị thực tiễn của nghiên cứu.

Từ khóa: Bê tông bọt, san lấp hố móng, cường độ cơ học, đánh giá khả thi.

ABSTRACT

The article evaluates foam concrete for application in backfilling foundation pits in civil construction, addressing the shortage of natural materials (sand, soil). It analyzes technical and environmental factors as well as the technical feasibility of this solution. Several field experiments were conducted to assess practical performance, including mechanical strength and dry bulk density. The experimental results indicate that foam concrete, when applied in real construction projects, experiences a reduction in mechanical strength but still meets the minimum strength requirements for backfill materials. These findings demonstrate the feasibility and practical value of the research.

Keywords: Foam concrete, backfilling foundation pits, compressive strength, feasibility assessment.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm qua, quá trình đô thị hóa nhanh chóng đã kéo theo số lượng các công trình xây dựng dân dụng tăng lên một cách chóng mặt. Theo số liệu thống kê, năm 2022, tại Hà Nội, khoảng 14.200 giấy phép xây dựng công trình dân dụng được cấp phép, tương đương 3.300.00 m^2 sàn xây dựng. Trong khi đó, năm 2023, tại TP.HCM có khoảng 21.700 giấy phép xây dựng được cấp với tổng diện tích sàn là 5.410.000 m^2 sàn xây dựng. Ở nhiều công trình xây dựng dân dụng, đặc biệt là công trình xây dựng nhà ở riêng lẻ thì việc sử dụng cát tự nhiên để san lấp hố móng rất phổ biến. Hiện nay, ngành Xây dựng tiêu thụ lượng cát lớn nhất, chiếm 60% lượng cát khai thác. Trong khi đó, cát là một nguồn tài nguyên thiên nhiên không tái tạo và đang ở tình trạng cạn kiệt và thậm chí là cạn kiệt quá mức [1].

Cộng với việc khai thác đặc biệt là sử dụng bừa bãi, nguồn tài nguyên cát sẽ sớm cạn kiệt và nguy cơ nước ta nhập khẩu cát xây dựng là điều đã được dự báo. Nếu tiếp tục giữ thói quen khai thác và dùng cát như hiện nay thì không lâu nữa chúng ta sẽ thiếu cát trầm trọng và nếu điều đó xảy ra thì nó sẽ gây nhiều hệ quả to lớn cho quá trình phát triển kinh tế - xã hội của đất nước. Một cách đơn giản, khai thác cát không kiểm soát dẫn đến xói mòn bờ sông, ảnh hưởng đến hệ sinh thái thủy sinh và đe dọa đến sinh kế của người dân sống ven sông.

Bê tông bọt (foam concrete) là một loại bê tông nhẹ có chứa nhiều lỗ khí trong cấu tạo. Những lỗ khí này được tạo ra bằng cách thêm chất tạo bọt vào hỗn hợp vữa bê tông, tạo ra một vật liệu có khối lượng riêng nhỏ hơn và có tính cách âm, cách nhiệt tốt hơn so với bê tông truyền thống [2, 3, 4, 5]. Bê tông bọt có khối lượng riêng khô dao động từ 300 đến 1.600 kg/m^3, nhẹ hơn nhiều so với bê tông truyền thống. Bê tông bọt thường có độ chảy cao, sử dụng hàm lượng xi măng và cốt liệu thấp. Đồng thời, nhờ trong cấu tạo có nhiều lỗ rỗng khí nên bê tông bọt có khả năng cách âm cách nhiệt tốt hơn. Chính đặc điểm này nên bê tông bọt được sử dụng nhiều cho các ứng dụng khác nhau như làm khối xây nhẹ, tấm cách nhiệt tường và sàn và lấp đầy khoảng trống. Trong bài báo này, bê tông bọt được nghiên cứu về mặt kỹ thuật và công nghệ để sử dụng làm vật liệu san lấp hố móng cho công trình xây dựng nhà ở riêng lẻ.

2. SỰ PHÙ HỢP VỀ MẶT KỸ THUẬT VÀ MÔI TRƯỜNG CỦA GIẢI PHÁP BÊ TÔNG BỌT LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP HỐ MÓNG

2.1. Đánh giá về tổ chức thi công

Tính linh hoạt trong vận chuyển: Bê tông bọt có thể được bơm trực tiếp từ máy trộn thông qua đường ống vào hố móng mà không cần xe chở bê tông lớn tiếp cận trực tiếp công trình. Bê tông bọt có thể trộn tại một vị trí thuận lợi và dẫn hỗn hợp vào khu vực cần thi công thông qua hệ thống bơm chuyên dụng.

- Dễ dàng san phẳng và tự lấp đầy hố móng: Nhờ vào đặc tính chảy lỏng, bê tông bọt có thể tự lấp đầy không gian mà không cần tác động cơ học quá nhiều. Điều này giúp san lấp các hố móng có hình dạng phức tạp một cách dễ dàng.

- Giảm tiếng ồn và bụi bẩn: Thi công bằng bê tông bọt tạo ra ít bụi hơn so với cát đầm hoặc đất san lấp; không cần sử dụng máy đầm rung, giảm tiếng ồn và tác động đến các công trình lân cận.

- Bê tông bọt mất nước nhanh, dẫn đến nguy cơ rạn nứt bề mặt, quá trình ninh kết diễn ra quá nhanh, làm giảm chất lượng liên kết trong cấu trúc vật liệu. Chính vì vậy, trong quá trình thi công cần bổ sung biện pháp bảo dưỡng như che phủ bạt và tưới nước giữ ẩm.

2.2. Đánh giá về cường độ cơ học

Cường độ chịu nén của bê tông bọt dao động từ 1 MPa đến 15 MPa, tùy theo ứng dụng của bê tông bọt. Sự thay đổi cường độ phụ thuộc vào khối lượng riêng khô của bê tông bọt (300 - 1.600 kg/m^3). Tuy nhiên, với các ứng dụng làm vật liệu lấp đầy và đa số các ứng dụng thì cường độ 1 MPa hoàn toàn đảm bảo được yêu cầu bởi cát đầm chặt thông thường có cường độ nén tối đa khoảng 0,2 MPa. Điều này cho thấy bê tông bọt có thể đảm bảo khả năng chịu tải tương đương hoặc vượt trội so với cát.

2.3. Đánh giá về sự phù hợp với việc thi công hệ thống hạ tầng ngầm công trình

Với đặc tính nhẹ, khi làm vật liệu san lấp hố móng thì bê tông bọt sẽ giảm áp lực lên hệ thống điện ngầm, cáp quang, nước…, giảm nguy cơ nứt gãy và hư hỏng các hệ thống này. Đồng thời, với khả năng chảy và lấp đầy thì bê tông bọt cũng tạo nên một giá đỡ cho hệ thống đường ống, tránh việc các đường ống nằm ngang đặt trên hệ thống nền cát dễ biến dạng và dẫn đến có thể gây chuyển vị ống và gây vỡ ống.

2.4. Đánh giá về độ bền và tính ổn định công trình

Bê tông bọt là một vật liệu liền khối (monolith), chính vì vậy, ngược với cát thì bê tông bọt giảm nguy cơ bị chảy trôi cuốn trôi khi có xuất hiện dòng chảy trong hố móng. Thực tế, với cát lấp, khi có một dòng chảy nước ngầm, dòng chảy ngầm từ cống thoát nước hoặc có một dòng chảy từ nước sinh hoạt gia đình thì hoàn toàn có thể cuốn trôi cát và để lại lỗ rỗng trong móng. Đồng thời, nhiều công trình xây dựng bị hiện tượng chuột và các sinh vật ngầm đục khoét hố móng bằng cát dễ dàng và tạo ra các lỗ hổng ở phía trong, từ đó tiềm ẩn nguy cơ mất ổn định công trình cũng như là không đảm bảo vệ sinh phòng bệnh.

2.5. Đánh giá về khả năng chống nồm và khả năng cách nhiệt cho công trình

Khi làm vật liệu san lấp hố móng, bê tông bọt, nhờ cấu trúc có nhiều lỗ khí nhỏ trong cấu tạo trở thành một lớp cách nhiệt, từ đó tránh hiện tượng chênh lệch nhiệt độ trên bề mặt nền nhà với môi trường xung quanh, giảm tình trạng tụ nước trên bề mặt nền và giảm thiểu nguy cơ nồm ẩm. Cũng nhờ vai trò là lớp cách nhiệt, bê tông bọt sẽ trở thành một lá chắn để ngăn chặn sự trao đổi nhiệt (ra và vào) giữa trong nhà và nền nhà để giữ cho nhiệt độ trong nhà được ổn định. Nhờ đặc tính cách nhiệt và cách âm tốt, bê tông bọt góp phần giảm tiêu thụ năng lượng cho các hệ thống điều hòa không khí trong công trình xây dựng, qua đó gián tiếp giảm phát thải khí nhà kính trong suốt vòng đời của công trình.

2.6. Đánh giá về lợi ích môi trường

Tiết kiệm cát và đất: Bê tông bọt được tạo ra từ xi măng, nước và bọt khí, có thể thay thế một phần lớn khối lượng vật liệu cần thiết trong các phương pháp san lấp truyền thống sử dụng cát hoặc đất. Để san lấp hố móng trung bình sẽ cần khoảng 0,32m^3 cát/1 m^3 bê tông bọt. Vì vậy, việc giảm phụ thuộc vào cát san lấp giúp hạn chế khai thác quá mức tài nguyên cát tự nhiên, nguyên nhân chính gây ra xói lở bờ sông, mất ổn định dòng chảy, ảnh hưởng tiêu cực đến hệ sinh thái thủy sinh và đặc biệt là dẫn đến sập công trình cầu. Khai thác cát quá mức là một trong những nguyên nhân chính gây tổn hại đến hệ sinh thái sông ngòi, ảnh hưởng đến môi trường sống của động thực vật thủy sinh, là nguyên nhân của các vụ sập cầu. Sử dụng bê tông bọt giúp giảm đáng kể nhu cầu sử dụng cát, từ đó góp phần bảo vệ các hệ sinh thái này.

Bảo tồn nguồn tài nguyên thiên nhiên: Việc sử dụng bê tông bọt, đặc biệt khi có thể tận dụng các phế phẩm công nghiệp (tro bay, xỉ than, bột đá…) không chỉ giảm thiểu khai thác nguyên liệu mới mà còn hỗ trợ tái sử dụng nguồn tài nguyên thứ cấp, góp phần bảo vệ các nguồn tài nguyên không tái tạo.

Thi công bê tông bọt không yêu cầu sử dụng các thiết bị đầm nén cường độ cao, do đó giảm thiểu tiếng ồn và rung động trong quá trình xây dựng, hạn chế ảnh hưởng đến môi trường và cộng đồng xung quanh.

3. CHẾ TẠO BÊ TÔNG BỌT TẠI PHÒNG THÍ NGHIỆM VÀ TẠI HIỆN TRƯỜNG LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP HỐ MÓNG

3.1. Vật liệu sử dụng trong phòng thí nghiệm và tại hiện trường công trình

3.1.1. Vữa xi măng

Xi măng sử dụng trong nghiên cứu này là xi măng PCB30 The Vissai. Cát vàng sông Lô được sử dụng. Cát này có khối lượng riêng là là 2.600 kg/m^3. Mặc dù việc chế tạo bê tông bọt được khuyến cáo là sử dụng cát hạt mịn, tuy nhiên nhằm mục đích đồng nhất với vật liệu ở các trạm trộn nên cát vàng cũng được được lấy từ trạm trộn và sử dụng cho nghiên cứu trong phòng thí nghiệm. Phụ gia hóa dẻo MKS-1500 được sử dụng để đảm bảo tính công tác và giảm hàm lượng nước sử dụng trong hỗn hợp bê tông.

Vữa xi măng được chế tạo với công thức thể hiện trong Bảng 1. Thành phần cấp phối này dựa theo công thức vữa được cung cấp bởi trạm trộn bê tông (đơn vị cung cấp vữa cho công tác thử nghiệm hiện trường).

Bảng 1. Cấp phối vữa xi măng

Xi măng (kg/m^3) - X	Cát (kg/m^3)	Nước (kg/m^3) - N	Phụ gia (L/m3)	N/X	Khối lượng riêng (kg/m^3)	Cường độ nén vữa 28 ngày tuổi (MPa)
360	1.847	170	2,88	0,472	2.379	11,7

3.1.2. Chất tạo bọt

Chất tạo bọt được cung cấp bởi Công ty TNHH Thương mại và Đầu tư Thăng Tiến. Chất tạo bọt EABASSOC có nguồn gốc từ Vương quốc Anh, tỷ trọng 1,02 T/m^3, độ pH 6,7, màu vàng nâu, không mùi. Máy tạo bọt serie Foam Master I cũng được sử dụng để tạo bọt trước khi cho vào trộn cùng vữa xi măng.

3.2. Quy trình chế tạo mẫu tại phòng thí nghiệm

Trước tiên cho các vật liệu khô bao gồm xi măng và cát vào trộn trước trong thời gian khoảng 2 phút trong thùng trộn 20 lít, sau đó cho từ từ nước vào và trộn đều đến khi đạt được hỗn hợp đồng nhất. Cho bọt vào máy trộn và trộn đều với tốc độ vừa phải đến khi được hỗn hợp tương đối đồng đều trong vòng từ 4 đến 5 phút. Chú ý rằng, thời gian trộn không nên quá lâu và tốc độ trộn không được quá nhanh để hạn chế các bọt khí bị vỡ trong quá trình trộn. Sau khi trộn đều thì các mẫu được đổ vào khuôn lập phương (15×15×15)cm và chỉ cần rung nhẹ khuôn để bê tông tự đầm đều. Với cùng một công thức vữa bê tông ban đầu thì hàm lượng bọt khác nhau được bơm vào trong thùng trộn để đạt đến các khối lượng riêng khác nhau. Khối lượng riêng của bê tông ở trạng thái lỏng được hướng đến là 1.100 kg/m^3 (mẫu bê tông M1-PTN) và 750 kg/m^3 (mẫu bê tông M2-PTN), với mục tiêu khi khô thì bê tông bọt sẽ có khối lượng khoảng 900 - 1.000 kg/m^3 và từ 600 - 700 kg/m^3 (Bảng 2).

Bảng 2. Bê tông sản xuất trong phòng thí nghiệm

Tên mẫu	Khối lượng thể tích ướt (kg/m³)	Khối lượng thể tích khô hướng đến (kg/m³)
M1-PTN	1.100	900 - 1000
M2-PTN	750	600 - 700

3.3. Quy trình tổ chức thực nghiệm tại hiện trường và lấy mẫu

Trên công trường thi công xây dựng dân dụng, sau khi làm móng băng thì thay vì đổ cát, bê tông bọt được sản xuất để đổ xuống lấp hố móng thay vì cát. Bê tông bọt được sản xuất và chuẩn bị như sau:

Vữa xi măng theo công thức ở Bảng 1 được cung cấp với Công ty Bê tông Chèm MLS (Đông Anh, Hà Nội). Vữa xi măng được vận chuyển bằng xe bồn đến công trường. Trước móng công trình, bọt được chế tạo và bơm vào thùng xe bồn bê tông và quay đều. Với lượng bọt bơm vào thùng xe bồn khác nhau thì sẽ liên tục lấy mẫu bê tông ướt để kiểm tra khối lượng riêng thể tích khi ướt. Khối lượng thể tích khi ướt tương ứng với khoảng 1.500, 1.100, 750 kg/m³ thì bê tông được đúc trong khuôn lập phương (15×15×15)cm (gọi là bê tông M3-HT, M4-HT và M5-HT) (Hình 1). Riêng với bê tông có khối lượng thể tích khi ướt khoảng 1.100 kg/m³ thì được đổ chảy theo máng hở từ xe bồn xuống hố móng để san lấp hố móng (Hình 2, 3). Khi bê tông trong hố móng đủ 28 ngày tuổi thì tiến hành khoan rút lõi với đường kính 11 cm và thu được các mẫu bê tông lăng trụ (gọi là bê tông M6-HM). Trong quá trình đông cứng thì các mẫu bê tông đều được tưới dưỡng ẩm thường xuyên trên công trường.

Bảng 3. Bê tông sản xuất tại hiện trường công trình xây dựng

Tên mẫu	Khối lượng thể tích ướt (kg/m³)	Khối lượng thể tích khô hướng đến (kg/m³)	Cách lấy mẫu thí nghiệm
M3-HT	1.500	1.300 - 1.400	Chỉ đúc mẫu lập phương (15×15×15)cm mà không đổ xuống hố móng
M4-HT	1.100	900 - 1.000	Chỉ đúc mẫu lập phương (15×15×15)cm mà không đổ xuống hố móng
M5-HT	750	600 - 700	Chỉ đúc mẫu lập phương (15×15×15)cm mà không đổ xuống hố móng
M6-HM	1100	900 – 1000	Đổ bê tông xuống hố móng và khoan rút lõi lấy mẫu lăng trụ đường kính 11 cm khi bê tông đủ 28 ngày tuổi



Hình 1. Bọt và bê tông bọt ở trạng thái ướt



Hình 2. Xe bồn trút bê tông vào móng



Hình 3. Hố móng khi lấp bằng bê tông

3.4. Thí nghiệm xác định tính chất của bê tông bọt

Các đặc tính kỹ thuật của bê tông bọt đông cứng được thí nghiệm trong nghiên cứu này bao gồm: Khối lượng thể tích bê tông khô, cường độ chịu nén và độ rỗng mà nước có thể tiếp cận. Khối lượng của từng mẫu bê tông được cân ở trạng thái khô và trạng thái bão hòa nước sau khi ngâm liên tục trong nước ít nhất 72 giờ. Trên cơ sở kích thước mẫu bê tông và khối lượng có được sau khi cân thì xác định được khối lượng riêng của từng mẫu bê tông và độ rỗng của các mẫu bê tông. Cường độ chịu nén của các mẫu bê tông bọt được kiểm tra tại 28 ngày tuổi theo Tiêu chuẩn TCVN 9030:2017. Hình 4 minh họa thí các nghiệm thực hiện trên bê tông bọt. Tất cả các giá trị ghi trong báo cáo này được lấy giá trị trung bình từ ít nhất 3 mẫu thử.



Sấy mẫu trước ở 40°C đến khối lượng ổn định | Ngâm nước trong ít nhất 72 giờ | Nén mẫu bê tông

Hình 4. Thí nghiệm xác định tính chất của bê tông bọt

4. TÍNH CHẤT CỦA BÊ TÔNG BỌT LÀM VẬT LIỆU SAN LẤP HỐ MÓNG

4.1. Khối lượng riêng, độ rỗng và cường độ chịu nén

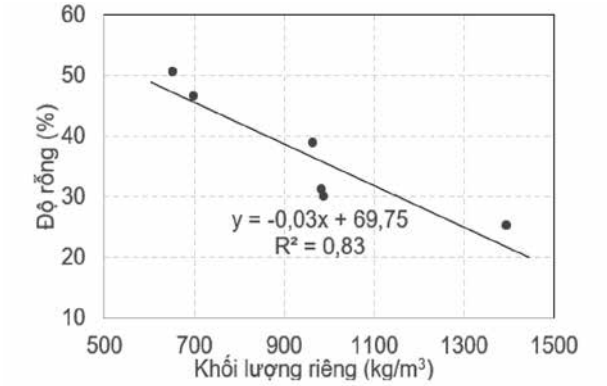
Khối lượng thể tích khô của bê tông khô được trình bày trong Bảng 4. Khối thể tích khô dao động từ 653,0 - 1.393,8 kg/m³. Như vậy, sau khi khô, khối lượng thể tích khô giảm trong khoảng từ 7 - 12,5% so với khối lượng thể tích ướt ban đầu. Sự giảm này là do trong cấu tạo của bê tông tồn tại các lỗ rỗng khí có chứa nước và

phần nước này bị bốc hơi dễ dàng khi sấy khô. Tương ứng với khối lượng riêng là độ rỗng, độ rỗng của bê tông tăng lên nhanh chóng khi khối lượng thể tích khô giảm. Quan hệ giữa khối lượng thể tích khô và độ rỗng được thể thể hiện trên Hình 5 và tương quan giữa hai đại lượng này có thể biểu diễn bằng phương trình hồi quy tuyến tính y = -0,03x + 69,75.

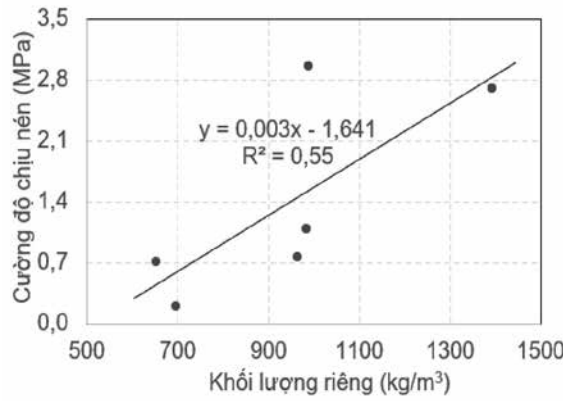
Cường độ chịu nén của bê tông bọt rất thấp, dao động từ 0,20 MPa đến 2,96 MPa (Bảng 4). Khi khối lượng thể tích khô của bê tông bọt giảm, cường độ chịu nén của chúng cũng giảm theo (Hình 6). Cường độ chịu nén của bê tông bọt có liên quan mật thiết đến khối lượng thể tích khô của nó, tuy nhiên cường độ chịu nén cũng chịu nhiều ảnh hưởng bởi sự đồng nhất của kết cấu vật liệu. Kết quả trong nghiên cứu này hoàn toàn tương đồng với các kết quả của các nghiên cứu trước [2, 3, 4], cả về mặt quan hệ giữa các đại lượng lẫn về mặt giá trị.

Bảng 4. Tính chất của bê tông

Tên mẫu	Khối lượng thể tích khô (kg/m³)	Độ rỗng (%)	Cường độ chịu nén (MPa)
M1-PTN	989,1	30,1	2,96
M2-PTN	653,0	50,7	0,71
M3-HT	1.393,8	25,3	2,70
M4-HT	983,0	31,3	1,09
M5-HT	697,6	46,6	0,20
M6-HM	963,5	38,9	0,76



Hình 5. Quan hệ khối lượng riêng - độ rỗng



Hình 6. Quan hệ khối lượng riêng - cường độ chịu nén

4.2. Phân tích về bê tông bọt được sử dụng để lấp hố móng

So sánh kết quả cường độ chịu nén của 6 loại bê tông ta nhận thấy rằng, cường độ cơ học của bê tông sản xuất trong phòng thí nghiệm có cường độ cao hơn khi cùng gam khối lượng riêng. So sánh M2-PTN và M5-HT thì bê tông đổ tại hiện trường có cường độ thấp hơn nhiều. Khi thi công trên công trường, vật liệu vữa gốc khó đảm bảo tính đồng nhất, khó kiểm soát liều lượng bọt được bơm vào, phụ thuộc tay nghề công nhân và dưới áp lực thời gian thi công nên đã ảnh hưởng lớn đến cường độ của bê tông.

So sánh bê tông M1-PTN, M4-HT và M6-HM thì ta nhận thấy rằng, mặc dù có cùng gam khối lượng riêng nhưng bê tông thu được từ khoan rút lõi hố móng (M6-HM) có cường độ cơ học thấp nhất. Ngoài các lý do đã kể ở trên thì bê tông trong hố móng còn chịu ảnh hưởng của điều kiện thủy lực hố móng, bị mất tính đồng nhất trong quá trình tuôn chảy trong máng vào hố móng và ảnh hưởng bởi điều kiện bảo dưỡng không thuận lợi. Chính vì vậy, cường độ của bê tông thu được từ hố móng là thấp. Bê tông M6-HM mặc dù khối lượng riêng đạt đến 963,5 kg/m³ nhưng cường độ cơ học chỉ tương đương với bê tông M2-PTN có khối lượng riêng chỉ là 653,0 kg/m³.

Mặc dù trong điều kiện thi công thực tế tại hiện trường, cường độ cơ học của bê tông bọt đạt giá trị rất thấp, tuy nhiên khi so sánh với tiêu chuẩn kỹ thuật của vật liệu đắp nền thì cường độ cơ học này vẫn lớn hơn giá trị 100 - 200 kPa là mức cường độ nén tối thiểu cho vật liệu đắp nền.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này phân tích tính khả thi của việc sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng công trình xây dựng dân dụng ở thành phố. Bê tông bọt thể hiện những ưu việt về mặt kỹ thuật và môi trường so với việc sử dụng các vật liệu san lấp truyền thống như cát. Bê tông bọt có khối lượng riêng nhỏ, có độ rỗng rất lớn và có cường độ cơ học rất thấp so với các vật liệu bê tông truyền thống.

Ngoài ra, trong điều kiện thi công thực tế thì bê tông bọt sẽ bị giảm cường độ cơ học, tuy nhiên vẫn đảm bảo được mức cường độ tối thiểu để làm vật liệu đắp nền. Đồng thời, để đảm bảo cường độ cơ học trong điều kiện thi công thực tế thì cần sử dụng bê tông bọt có khối lượng riêng khô lớn hơn 600 kg/m³.

Những nghiên cứu tiếp theo cần đi sâu đánh giá về chi phí của giải pháp sử dụng bê tông bọt làm vật liệu san lấp hố móng và cũng cần nghiên cứu đánh giá các công thức thành phần bê tông khác với hàm lượng cát thấp hơn để vừa đảm bảo hiệu quả kinh tế vừa đảm bảo khả năng ứng dụng đại trà trong giai đoạn sau đó.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Thanh Nga (2025), Bức thiết cần sử dụng vật liệu thay thế cát tự nhiên, Báo Xây Dựng - Báo điện tử của Bộ Xây dựng, http://www.baoxaydung.com.vn/news/vn/vat-lieu/buc-thiet-cansu-dung-vat-lieu-thay-the-cat-tu-nhien.html (truy cập ngày 01/02/2025).

[2]. Falliano D., Domenico D.D., Ricciardi G., Gugliandolo E. (2016), Experimental investigation on the compressive strength of foamed concrete: Effect of curing conditions, cement type, foaming agent and dry density, Construction and Building Materials, 165, pp.735-749.

[3]. Mai T.H., Trịnh T.H., Lưu Đ.T. (2022), Nghiên cứu sử dụng tro bay và xỉ lò cao nghiền mịn trong sản xuất bê tông bọt, Đại học Hồng Đức, Tạp chí Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, số 78.

[4]. Amran Y.H.M., Farzadnia N., Ali A.A.A. (2015), Properties and applications of foamed concrete: A review, Construction and Building Materials, 101, pp.990-1005.

[5]. Yajun L.Z.Z., Muhammad N.A., Bilal A., Kaffayatullah K., Siyab U.A., Fadi A. (2024), Foam concrete for lightweight construction applications: A comprehensive review of the research development and material characteristics, Reviews on Advanced Materials Science, 63: 20240022.

■Ngày nhận bài: 04/3/2025 ■Ngày sửa bài: 24/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Nghiên cứu tối ưu hóa công suất của bộ thu năng lượng áp điện kiểu xếp chồng tích hợp trên hệ thống treo ô tô

Research on power optimization of stacked piezoelectric energy harvesters integrated on automotive suspension systems

> THS TRẦN TUẤN ANH[1], TS NGUYỄN ANH NGỌC[2]
[1]Khoa Cơ Khí, Trường Đại học Thủy lợi
[2]Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông vận tải; Email: nguyenanhngocmxd@utc.edu.vn

TÓM TẮT
Gần đây, việc phát triển từ nghiên cứu cơ bản sang nghiên cứu ứng dụng đối với các hệ thu năng lượng dao động từ áp điện đã và đang trở thành một chủ đề thu hút. Ưu điểm chính của hệ này cấu trúc đơn giản, mật độ công suất đầu ra tương đối cao so với các cơ chế khác như điện từ và tĩnh điện, đồng thời có khả năng tương thích với các hệ thống điện tử công suất nhỏ như MEMS và có khả năng hoạt động trong dải tần số rộng. Khi tích hợp hệ thu năng lượng áp điện với hệ thống treo của phương tiện giao thông thì hệ thống tích hợp lúc này cần đảm bảo hai yêu cầu. Một là giữ nguyên các chức năng của hệ thống tích hợp như một hệ thống treo thông thường; hai là thu được năng lượng dao động và chuyển đổi thành năng lượng điện nhiều nhất có thể. Bài báo tập trung xây dựng mô hình tính toán, phân tích, tối ưu công suất điện của bộ thu năng lượng áp điện kiểu xếp chồng được tích hợp trên hệ treo, trên cơ sở mô hình xe 1/4 với kích động mặt đường điều hòa. Kết quả nghiên cứu nhằm phục vụ công việc tính toán, thiết kế kỹ thuật hệ thống treo tích hợp hệ thu năng lượng áp điện theo hai yêu cầu cơ bản nêu trên và có thể mở rộng cho các hệ có tính chất tương tự.
Từ khóa: Bộ thu năng lượng áp điện kiểu xếp chồng, hệ thống treo, kích động nền điều hòa.

ABSTRACT
Recently, the development from basic research to applied research for piezoelectric energy harvesting systems from piezoelectric oscillations has become an attractive topic. The main advantages of this system are simple structure, relatively high output power density compared to other mechanisms such as electromagnetic and electrostatic, compatibility with small power electronic systems such as MEMS and the ability to operate in a wide frequency range. When integrating the piezoelectric energy harvesting system with the vehicle suspension system, the integrated system must ensure the following two requirements. One is to maintain the functions of the integrated system as a conventional suspension system. The other is to collect vibration energy and convert it into electrical energy as much as possible. In this study, the topic focuses on building a model to calculate, analyze, and optimize the electrical capacity of the stacked piezoelectric energy harvesting system integrated into the suspension system, based on a 1/4 vehicle model with a harmonic road surface agitation. The research results aim to serve the calculation and technical design of the suspension system integrating the piezoelectric energy harvesting system according to the two basic requirements mentioned above and/or can be extended to systems with similar properties.
Keywords: Stacked piezoelectric energy harvesting system, suspension system, harmonic ground agitation.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong vài thập kỷ trở lại đây, vấn đề thu năng lượng từ các nguồn có sẵn trong môi trường xung quanh, chẳng hạn như rung động, nhiệt, ánh sáng, bức xạ, gió và nước biến thành năng lượng điện thay thế việc sử dụng nguồn điện từ lưới hoặc pin cho các thiết bị điện tử có công suất thấp dùng cho các cảm biến hay các thiết bị

đo dùng trong xe cộ, thiết bị công trình hay các bộ phận sinh học nhân tạo đã và đang nhận được quan tâm từ nhiều nhà nghiên cứu. Một trong những nguồn năng lượng hao phí có thể được khai thác dành cho nhiều ứng dụng khác nhau đó là rung động từ môi trường xung quanh.

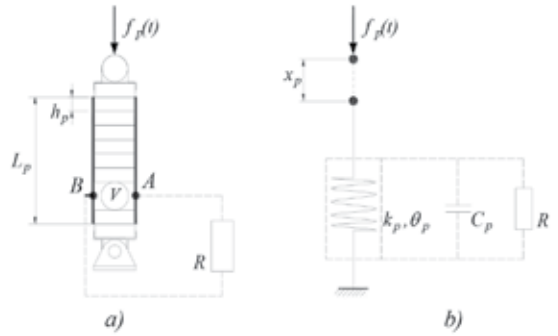
Năm 2018, Cơ quan Quản lý thông tin về năng lượng (EIA) cho biết, có khoảng 92% sản phẩm xăng dầu được tiêu thụ cho ngành GTVT, trong khi chỉ 10 - 20% được sử dụng để dẫn động cho xe di chuyển [1, 2]. Hệ thống treo (HTT) là một thành phần thiết yếu trong ô tô, với một trong những vai trò chính là làm hao tán năng lượng để giảm dao động của thân xe. Năng lượng hao tán này bị ảnh hưởng bởi các yếu tố khác nhau như mấp mô mặt đường, tốc độ xe cũng như khối lượng được treo, độ cứng của lò xo và hệ số cản [3]. Năng lượng hao tán ở HTT trước cao hơn khoảng 35% so với HTT sau do độ cứng lò xo và hệ số cản của HTT trước lớn hơn giá trị của HTT sau [4]. Việc tăng khối lượng của ô tô cũng như hệ số cản, hay giảm hệ số độ cứng sẽ dẫn tới tăng năng lượng hao tán [5]. Mấp mô mặt đường ảnh hưởng đến lượng năng lượng hao tán từ HTT [4, 5]. Theo Abdelkareem và cộng sự [6], ở tốc độ xe 20 - 50 km/h trên đường không mấp mô, giảm chấn loại thông thường có công suất hao tán trong khoảng 10 - 90 W. Khi có ít nhất một mấp mô công suất hao tán sẽ tăng lên từ 40 - 140 W với cùng tốc độ xe. Trên mặt đường có mấp mô nhỏ, Xiao [7] nhận định khoảng 200 W bị hao tán ở 4 giảm chấn đối với một ô tô chở khách thông thường ở tốc độ 13 m/s. Wei và Taghavifar [4] đã nghiên cứu khả năng thu năng lượng từ HTT thông qua các biên dạng mặt đường khác nhau. Ví dụ, với kích động điều hòa, công suất trung bình lớn nhất là 57,84 W được ghi nhận ở tốc độ ô tô là 13 km/h và 39 km/h. Trong trường hợp kích động ngẫu nhiên, các biên dạng mặt đường khác nhau, cụ thể là đường nhẵn, đường gồ ghề, đường cao tốc nhẵn và đường cấp phối được phân loại dựa trên hàm mật độ phổ công suất. Nghiên cứu này cho thấy, công suất hao tán đối với đường cấp phối được ghi lại là 2.000 W, trong khi ở đường cao tốc nhẵn, công suất hao tán vào khoảng 200 W. Sự khác biệt lớn này được giải thích là do vận tốc tương đối cao của HTT (2 m/s) đối với đường cấp phối so với đường nhẵn (0,75 m/s). Nghiên cứu của Zuo và Zhang [8] cho thấy công suất hao tán của HTT có thể nằm trong khoảng từ 46 đến 7.500 W. Những kết quả nghiên cứu nêu trên cho thấy năng lượng hao tán trong HTT là đáng kể đối với các thiết bị điện tử công suất thấp. Theo đó, việc thu năng lượng từ các dao động của HTT và chuyển đổi thành năng lượng điện là vấn đề nghiên cứu có tính mới và hấp dẫn.

2. MÔ HÌNH LIÊN KẾT CƠ - ĐIỆN CỦA BỘ THU NĂNG LƯỢNG KIỂU XẾP CHỒNG

Kết cấu của một PSEH thông dụng được mô tả ở Hình 1a, trong đó phần tử áp điện có n lớp, mỗi lớp có chiều dày h_p, tổng chiều dài là $L_p = nh_p$. PSEH chịu tác dụng của lực dọc trục $f_p(t)$, theo hiệu ứng áp điện thuận sẽ tạo ra điện áp V(t) trên điện trở ngoài R và điện tích q(t). Trong việc mô hình hóa PSEH, phần tử áp điện xếp chồng có thể đơn giản hóa là một thanh đàn hồi chịu nén, ảnh hưởng của cản là nhỏ có thể bỏ qua. Quan hệ giữa $f_p(t)$ và V(t) thể hiện liên kết cơ điện, có thể biểu diễn thông qua quan hệ ứng suất - nạp điện như sau:

$$T_3(t) = c_{33}S_3(t) - e_{33}E_3(t) \quad (1)$$

$$D_3(t) = e_{33}S_3(t) + \varepsilon_{33}E_3(t) \quad (2)$$



Hình 1. Mô hình hóa PSEH: a) - Kết cấu cơ khí; b) - Mô hình cơ điện [10]

Các phương trình (1) và (2) là các phương trình chủ đạo, trong đó $S_3(t)$ và $T_3(t)$ là biến dạng dọc trục và ứng suất pháp, $E_3(t)$ và $D_3(t)$ là cường độ điện trường và độ dịch chuyển điện tích, c_{33} là độ cứng, e_{33} là hằng số áp điện và ε_{33} là độ từ thẩm. Quan hệ giữa các đại lượng này với $f_p(t)$, V(t), L_p, khoảng cách tác dụng của điện trường L_e, diện tích mặt cắt ngang của phần tử áp điện A và diện tích bề mặt nằm trong điện trường A_e được mô tả bởi các phương trình:

$$f_p(t) = k_p x_p(t) + \theta_p V(t) \quad (3)$$

$$q(t) = \theta_p x_p(t) - C_p V(t) \quad (4)$$

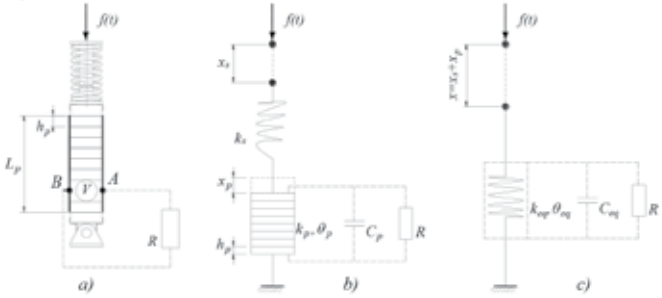
Trong đó:

$$k_p = \frac{c_{33}A}{nh_p}, \theta_p = \frac{e_{33}A}{h_p}, C_p = n\frac{\varepsilon_{33}A}{t_p} \quad (5)$$

Về mặt vật lý, k_p, θ_p, C_p tương ứng với độ cứng, hệ số liên kết cơ điện hiệu dụng và điện dung của PSEH. Nói cách khác, PSEH tương đương với một lò xo về mặt cơ học, tương đương với một tụ điện về mặt điện.

2.1. Mô hình PSEH lắp nối tiếp với phần tử đàn hồi

Hình 2a mô tả kết cấu cơ khí của PSEH lắp nối tiếp với phần tử đàn hồi là lò xo, chịu tác dụng của lực dọc trục f(t). Trong đó, PSEH có các thông số cơ bản như đã đề cập trong Mục 2.1, lò xo tuyến tính có độ cứng k_s. Biến dạng của các phần tử áp điện và lò xo lần lượt là x_p và x_s. Mô hình cơ điện của tổ hợp PSEH-lò xo nối tiếp này được thể hiện trên Hình 2b.



Hình 2. Mô hình của PSEH lắp nối tiếp với lò xo: a) - Kết cấu cơ khí; b) - Mô hình cơ điện; c) - Mô hình tương đương [10]

Về mặt cơ học, PSEH tương đương với một lò xo có độ cứng k_p, nên tổ hợp này tương đương với hai lò xo mắc nối tiếp. Do đó, lực dọc trong hai phần tử này bằng nhau và bằng lực tác dụng f(t).

$$f = f_p = f_s \quad (6)$$

Trong đó: f_p và f_s - Lần lượt là lực dọc trong các phần tử áp điện và lò xo. Tương tự, biến dạng tổng thể bằng tổng biến dạng của

chúng có thể được viết là:

$$f = k_{eq}x + \theta_{eq}V \quad (7)$$

$$q = \theta_{eq}x - C_{eq}V \quad (8)$$

Trong đó:

$$k_{eq} = \frac{k_s k_p}{k_s + k_p}, \theta_{eq} = \frac{k_s}{k_s + k_p}\theta_p, C_{eq} = C_p + \frac{\theta_p^2}{k_s + k_p} \quad (9)$$

So sánh (7), (8) với (3), (4) cho thấy chúng có dạng tương tự. Nghĩa là, tổ hợp PSEH-lò xo nối tiếp có thể được thay thế bằng một PSEH tương đương, có độ cứng, hệ số liên kết cơ điện hiệu dụng và điện dung tương đương là k_{eq}, θ_{eq} và C_{eq}. Các phương trình (7), (8) là các phương trình chủ đạo của PSEH tương đương, biểu diễn theo tọa độ của biến dạng tổng thể *x*.

2.2. Mô hình PSEH lắp nối tiếp với phần tử cản

Hình 3a mô tả kết cấu cơ khí của PSEH lắp nối tiếp với phần tử cản, chịu tác dụng của lực dọc trục f(t). Trong đó, PSEH có các thông số cơ bản như đã đề cập trong Mục 2.1, phần tử cản nhớt tuyến tính có hệ số cản c. Mô hình cơ điện của tổ hợp PSEH-cản nối tiếp này được thể hiện trên Hình 3b. Về mặt cơ học, PSEH tương đương với một lò xo có độ cứng k_p, nên tổ hợp này tương đương với một phần tử Maxwell với một nút liên kết ở giữa. Gọi x_1, x_2 và x_a là chuyển vị tuyệt đối tại hai đầu nút của phần tử Maxwell và chuyển vị tuyệt đối của nút liên kết, biến dạng của các phần tử áp điện và cản lần lượt là $x_a - x_1$ và $x_2 - x_a$. Lực dọc trong phần tử áp điện f_p bằng lực dọc trong phần tử cản f_d và bằng lực tác dụng f(t).

$$f = f_p = f_d \quad (10)$$

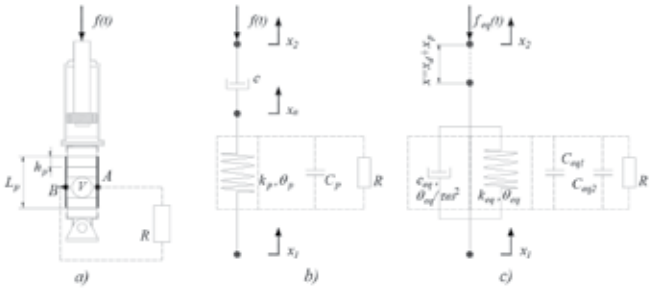
Trong đó:

$$f_p = k_p(x_a - x_1) + \theta_p V$$

$$f_d = c(\dot{x}_2 - \dot{x}_a) \quad (11)$$

Từ (10), (11) rút ra:

$$f = c(\dot{x}_2 - \dot{x}_a) = k_p(x_a - x_1) + \theta_p V \quad (12)$$



Hình 3. Mô hình của PSEH lắp nối tiếp với cản nhớt: a) - Kết cấu cơ khí; b) - Mô hình cơ điện; c) - Mô hình tương đương [10]

Để chuyển đổi mô hình Maxwell về mô hình tương đương không có nút liên kết ở giữa, xét trường hợp lực tác dụng có dạng:

$$f = F_0 e^{i\omega t} \quad (13)$$

Trong đó: F_o va ω - Biên độ và tần số của lực tác dụng. Theo đó, ta có các quan hệ sau:

$$\dot{x}_1 = i\omega x_1, \dot{x}_2 = i\omega x_2, \dot{V} = i\omega V \quad (14)$$

Thế vào (12) ta thu được phương trình:

$$f = k_{eq}(x_2 - x_1) + c_{eq}(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) + \theta_{eq}V + \frac{\theta_{eq}}{\tau^2\omega^2}\tau\dot{V} \quad (15)$$

$$q = \theta_{eq}(x_2 - x_1) + \frac{\theta_{eq}}{\tau^2\omega^2}\tau(\dot{x}_2 - \dot{x}_1) - C_{eq1}V + C_{eq2}\tau\dot{V} \quad (16)$$

Hình 3c, tổ hợp PSEH-cản nối tiếp có thể được thay thế bằng một mô hình tương đương, trong đó về mặt cơ gồm hai phần tử lò xo và cản lắp song song có độ cứng và hệ số cản tương đương là k_{eq} và C_{eq}. Về mặt điện gồm hai tụ điện lắp song song, một tụ nạp có điện tích tương ứng $C_{eq1}V$ và một tụ xả có điện tích tương ứng (C_{eq1} - C_p) τV . Các hệ số θ_{eq} và $\frac{\theta_{eq}}{\tau\omega^2}$ là các hệ số liên kết cơ điện hiệu dụng tương ứng với các phần tử lò xo và cản tương đương.

Thực chất, tỉ số τ của hệ số cản đối với độ cứng chính là hệ số thời gian nghỉ Maxwell (Maxwell relaxation time), tổ hợp lò xo k_{eq} và cản C_{eq} lắp song song còn được gọi là mô hình Kelvin-Voigt. Nói cách khác, tổ hợp PSEH-cản nối tiếp dựa trên mô hình cơ-điện Maxwell được thay thế bằng mô hình cơ-điện Kelvin-Voigt tương đương.

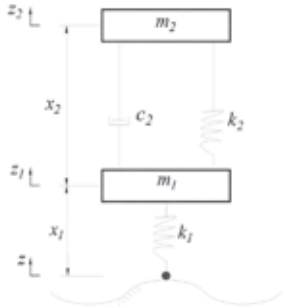
3. PHÂN TÍCH ĐÁP ỨNG CƠ ĐIỆN CỦA BỘ THU NĂNG LƯỢNG KIỂU XẾP CHỒNG ĐƯỢC TÍCH HỢP TRÊN HỆ TREO

3.1. Tỉ số cản tối ưu của hệ thống treo

Mô hình xe 1/4 hai bậc tự do (quarter car model - QCM) được thể hiện trong Hình 4. Phương trình chuyển động tương ứng là:

$$m_1\ddot{z}_1 - c_2\dot{z}_2 + c_2\dot{z}_1 - k_2z_2 + (k_1 + k_2)z_1 = k_1z \quad (17)$$

$$m_2\ddot{z}_2 + c_2(\dot{z}_2 - \dot{z}_1) + k_2(z_2 - z_1) = 0$$



Hình 4. Mô hình xe 1/4 - QCM

Trong đó: z_2 và z_1 - Dịch chuyển tuyệt đối từ vị trí cân bằng tĩnh so với hệ quy chiếu quán tính; m_1, k_1 - Lần lượt là khối lượng không được treo, độ cứng của lốp; m_2, k_2, c_2 - Lần lượt là khối lượng được treo, độ cứng của lò xo và hệ số cản của giảm chấn của HTT. Ảnh hưởng của lực cản lốp được bỏ qua vì hệ số cản c_1 nhỏ.

Giải phương trình (17) ta thu được các hệ số khuếch đại đáp ứng dịch chuyển của khối lượng được treo và khối lượng không được treo lần lượt là:

$$K_1 = \frac{\ddot{z}_{10}}{z_0} = \sqrt{\frac{(1-\lambda_2^2)^2 + 4\xi_2^2\lambda_2^2}{((1-\beta^2\lambda_2^2)(1-\lambda_2^2) - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2 + 4\xi_2^2\lambda_2^2(1-\beta^2\lambda_2^2 - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2}} \quad (18)$$

$$K_2 = \frac{\ddot{z}_{20}}{z_0} = \sqrt{\frac{\beta^4 + (2\xi_2\beta\lambda_1)^2}{((1-\lambda_1^2 + \mu\beta^2)(\beta^2 - \lambda_1^2) - \mu\beta^4)^2 + (2\xi_2\beta\lambda_1(1-\lambda_1^2 - \mu\lambda_1^2))^2}}$$

$$= \sqrt{\frac{1 + 4\xi_2^2\lambda_2^2}{((1-\beta^2\lambda_2^2)(1-\lambda_2^2) - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2 + 4\xi_2^2\lambda_2^2(1-\beta^2\lambda_2^2 - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2}}$$

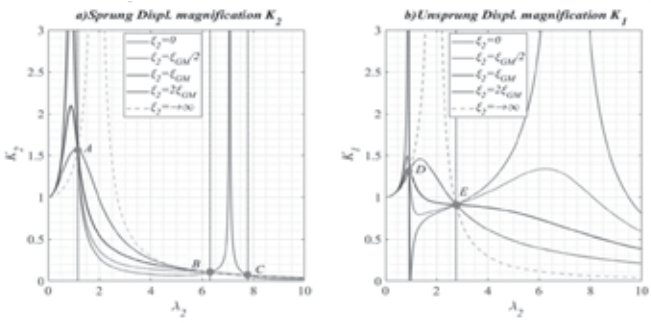
Đáp ứng tần số của dịch chuyển không thứ nguyên K_1 và K_2 nhân với tần số riêng ω_2^2 thu được đáp ứng tần số gia tốc không thứ nguyên a_1 và a_2 của các khối lượng được treo và không được treo. Ta có:

$$a_1 = \frac{\ddot{z}_{10}}{z_0\omega_2^2} = \lambda_2^2\sqrt{\frac{(1-\lambda_2^2)^2 + 4\xi_2^2\lambda_2^2}{((1-\beta^2\lambda_2^2)(1-\lambda_2^2) - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2 + 4\xi_2^2\lambda_2^2(1-\beta^2\lambda_2^2 - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2}}$$

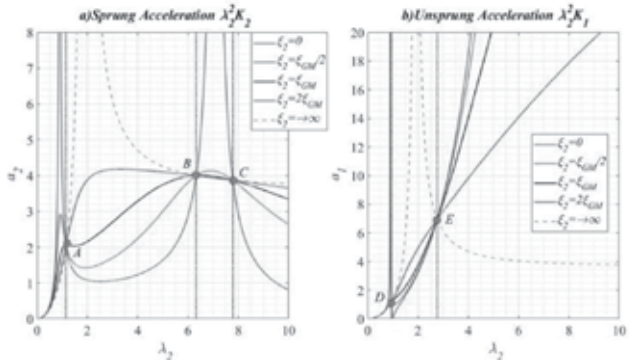
$$a_2 = \frac{\ddot{z}_{20}}{z_0\omega_2^2} = \lambda_2^2\sqrt{\frac{1 + 4\xi_2^2\lambda_2^2}{((1-\beta^2\lambda_2^2)(1-\lambda_2^2) - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2 + 4\xi_2^2\lambda_2^2(1-\beta^2\lambda_2^2 - \mu\beta^2\lambda_2^2)^2}} \quad (19)$$

Để phân tích cụ thể hơn, xét bộ thông số "golden car" của mô hình xe 1/4, với các thông số đặc trưng cho ô tô loại nhỏ: m_2 = 138 kg; m_1 = 38 kg; k_2 = 15,7 kN/m; k_2 = 135 kN/m. Có thể xấp xỉ K_1 = 4

K_2 và $m_2 = 10m_1$ [9]. Trong Hình 5, đáp ứng tần số của dịch chuyển không thứ nguyên K_1 và K_2 thể hiện trên Hình 5a và Hình 5b, còn đáp ứng tần số gia tốc không thứ nguyên a1 và a2 được thể hiện trên Hình 6a và Hình 6b. Có thể thấy các hàm $K_1(\lambda_2)$, $K_2(\lambda_2)$, $a_1(\lambda_2)$, $a_2(\lambda_2)$ đều có các điểm cố định không phụ thuộc vào ζ_2. Cụ thể là, tất cả các đường cong $K_{2,i}(\lambda_{2,i})$, $a_{1,i}(\lambda_{2,i})$ đều đi qua các điểm A, B và C, còn các đường cong $K_{2,i}(\lambda_{2,i})$, $a_{1,i}(\lambda_{2,i})$ đi qua các điểm D, E. Trong các khoảng tần số giữa 0 và A và giữa B và C, biên độ gia tốc của khối lượng được treo tăng khi tỉ số cản giảm, trong khi đó giữa A và B và từ C trở lên thì biên độ gia tốc của khối lượng được treo tăng lên khi tỉ số cản tăng.



Hình 5. Đáp ứng dịch chuyển theo tần số không thứ nguyên λ_2 với ζ_2 thay đổi: a) - $K_1(\lambda_2)$; b) – $K_2(\lambda_2)$



Hình 6. Đáp ứng gia tốc theo tần số không thứ nguyên λ_2 với ζ_2 thay đổi: a) - $a_1(\lambda_2)$; b) – $a_2(\lambda_2)$

3.2. Đáp ứng cơ điện của PSEH tích hợp trên hệ treo với kích động mặt đường điều hòa

Ta xem xét tích hợp PSEH lắp nối tiếp với lò xo của hệ thống treo để thu năng lượng từ dao động của xe, dựa trên mô hình xe 1/4 như mô tả trên Hình 7a (hệ này được viết tắt là QCM-PSEH). *Trong đó:* z_a - Dịch chuyển tuyệt đối của nút liên kết nằm giữa lò xo K_s của hệ thống treo và phần tử áp điện xếp chồng; z - Dịch chuyển của nền. Dịch chuyển tuyệt đối có thể đưa về dịch chuyển tương đối bằng cách đặt $x_1 = z_1 - z$, $x_2 = z_2 - z_1$, $x_p = z_2 - z_a$. Theo đó, hệ phương trình liên kết cơ-điện của QCM-PSEH như sau:

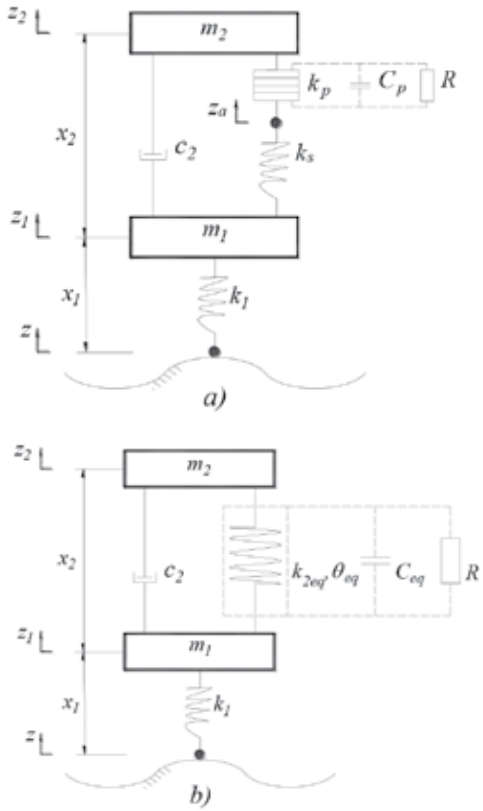
$$m_1\ddot{x}_1 + k_1x_1 - c\dot{x}_2 - k_s\left(x_2 - x_p\right) = -m_1\ddot{z} \tag{20}$$

$$m_2\ddot{x}_2 + c\dot{x}_2 + k_px_p + \theta_pV = -m_2(\ddot{x}_1 + \ddot{z}) \tag{21}$$

$$k_s\left(x_2 - x_p\right) = k_px_p + \theta_pV \tag{22}$$

$$C_p\dot{V} + \frac{V}{R} - \theta_p\dot{x}_p = 0 \tag{23}$$

Hệ phương trình liên kết cơ-điện (20)-(23) là hệ phương trình vi phân đại số có 4 ẩn x_1, x_2, x_3, V. Hệ phương trình này có thể được đơn giản hóa bằng cách sử dụng mô hình PSEH tương đương thay thế cho tổ hợp PSEH-lò xo nối tiếp, như thể hiện trong Hình 7b. Theo đó, áp dụng các công thức (7), (8), trong đó x được thay bằng x_2, k_{eq} được thay bằng k_{2eq}, hệ phương trình liên kết cơ-điện có thể biểu diễn như sau:



Hình 7. QCM-PSEH lắp nối tiếp lò xo hệ thống treo: a) - Mô hình cơ điện; b) - Mô hình tương đương

$$m_1\ddot{x}_1 + k_1x_1 - c_2\dot{x}_2 - k_{2eq}x_2 - \theta_{eq}V = -m_1\ddot{z} \tag{24}$$

$$m_2\ddot{x}_2 + c_2\dot{x}_2 + k_{2eq}x_2 + \theta_{eq}V = -m_2(\ddot{x}_1 + \ddot{z}) \tag{25}$$

$$C_{eq}\dot{V} + \frac{V}{R} - \theta_{eq}\dot{x}_2 = 0 \tag{26}$$

Rõ ràng, hệ phương trình liên kết cơ-điện (24)-(26) là hệ phương trình vi phân thường và chỉ còn 3 ẩn là x_1, x_2, V, giảm đi một ẩn khi so sánh với hệ phương trình (20)-(23). Nói cách khác, thay thế tương đương này đã giúp giảm bậc cho mô hình (Reduced order model).

Theo đó, các hệ số khuếch đại biên độ dao động không thứ nguyên và biên độ điện áp không thứ nguyên của HTT tối ưu với PSEH được xác định như sau:

$$\begin{aligned}\hat{K}_1 = \frac{A_1}{z_0} = \hat{\lambda}_2^2\Big[&\left(\alpha\hat{\lambda}_2^3 + (2\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2 - \alpha\hat{\beta}^3)(1+\mu)\right)^2 \\ &+\left(\hat{\beta}^2 - \hat{\lambda}_2^2 + \hat{\beta}^2(\kappa^2(1+\mu)+\mu) + 2\alpha\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2(1+\mu)\right)^2\Big]^{-1/2} \\ &\times\Big[\left(\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2) + \hat{\beta}^2(\hat{\lambda}_2^2 - \kappa^2 - 1) + \hat{\beta}^2\hat{\lambda}_2^2(\kappa^2(1+\mu)+\mu) + 2\alpha\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)\right)^2 \\ &+\left(-\alpha\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2) + (\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)(2\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2 - \alpha\hat{\beta}^3)\right)^2\Big]^{-1/2}\end{aligned} \tag{27}$$

$$\hat{K}_2 = \frac{A_2}{z_0} = \hat{\lambda}_2^2(1+\alpha^2)^{1/2} \times\left[\left(\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+\hat{\beta}^2(\hat{\lambda}_2^2-\kappa^2-1)+\hat{\beta}^2\hat{\lambda}_2^2(\kappa^2(1+\mu)+\mu)+2\alpha\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)\right)^2 +\left(-\alpha\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)(2\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2-\alpha\hat{\beta}^2)\right)^2\right]^{-1/2} \quad (28)$$

$$\frac{v_0}{z_0} = \left[\left(\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+\hat{\beta}^2(\hat{\lambda}_2^2-\kappa^2-1)+\hat{\beta}^2\hat{\lambda}_2^2(\kappa^2(1+\mu)+\mu)+2\alpha\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)\right)^2 +\left(-\alpha\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)(2\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2-\alpha\hat{\beta}^2)\right)^2\right]^{-1/2}\hat{\lambda}_2^2 \quad (29)$$

Đáp ứng tần số của dịch chuyển không thứ nguyên $\hat{K}_1$ và $\hat{K}_2$ nhân với tỉ số tần số bình phương $\hat{\lambda}_2^2$ thu được đáp ứng tần số gia tốc không thứ nguyên $\hat{a}_1$ và $\hat{a}_2$ của các khối lượng được treo và không được treo. Ta có:

$$\hat{a}_1 = \frac{\hat{\lambda}_2^2 A_1}{z_0} = \hat{\lambda}_2^2\left[\left(\alpha\hat{\lambda}_2^2+(2\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2-\alpha\hat{\beta}^2)(1+\mu)\right)^2 +\left(\hat{\beta}^2-\hat{\lambda}_2^2+\hat{\beta}^2(\kappa^2(1+\mu)+\mu)+2\alpha\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2(1+\mu)\right)^2\right]^{1/2} \times\left[\left(\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+\hat{\beta}^2(\hat{\lambda}_2^2-\kappa^2-1)+\hat{\beta}^2\hat{\lambda}_2^2(\kappa^2(1+\mu)+\mu)+2\alpha\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)\right)^2 +\left(-\alpha\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)(2\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2-\alpha\hat{\beta}^2)\right)^2\right]^{-1/2} \quad (30)$$

$$\hat{a}_2 = \frac{\hat{\lambda}_2^2 A_2}{z_0} = \hat{\lambda}_2^4(1+\alpha^2)^{1/2} \times\left[\left(\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+\hat{\beta}^2(\hat{\lambda}_2^2-\kappa^2-1)+\hat{\beta}^2\hat{\xi}_2^2(\kappa^2(1+\mu)+\mu)+2\alpha\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)\right)^2 +\left(-\alpha\hat{\lambda}_2^2(1-\hat{\lambda}_2^2)+(\hat{\lambda}_2^2(1+\mu)-1)(2\hat{\lambda}_2\hat{\beta}\hat{\xi}_2-\alpha\hat{\beta}^2)\right)^2\right]^{-1/2} \quad (31)$$

Có thể thấy, biểu thức trong căn thức của $\hat{K}$ trong (28) không có dạng $\frac{a\hat{\xi}_2+b}{c\hat{\xi}_2+d}$ như của k_2 trong phương trình (18), nên không có các điểm cố định độc lập với cản từ theo lý thuyết điểm cố định. Thay vào đó, ta xem xét việc phân tích xấp xỉ theo cách đơn giản hóa như sau:

Do hệ số liên kết cơ điện θ_{eq} của PSEH là nhỏ, nếu bỏ qua ảnh hưởng của $\theta_{eq}V$ trong các phương trình thì các phương trình này sẽ có dạng hệ phương trình của HTT thông thường. Điều này tương đương với việc lắp PSEH với HTT có cản tối ưu.

Theo đó, thay $\hat{\xi}_2 = \xi_{2,GM}$ vào (27)-(31), sẽ xác định được các đáp ứng cơ-điện cơ bản là hệ số khuếch đại dao động, gia tốc không thứ nguyên và biên độ điện áp của HTT có cản tối ưu tích hợp PSEH. Sau khi xác định được các đáp ứng cơ là dịch chuyển và gia tốc, đáp ứng điện là điện áp, ở phần tiếp theo sẽ xác định công suất điện thu được của PSEH.

3.3. Tối ưu công suất điện của PSEH

Vì PSEH sử dụng mạch điện RC song song, nên công suất đầu ra của PSEH là công suất điện trên điện trở *R*. Để tối ưu công suất điện của PSEH, ta sẽ xác định tỉ số điện trở tối ưu αopt cho α. Xem xét phương trình điện của PSEH, nếu bỏ qua hiệu ứng liên kết với phần cơ của mạch điện thì dưới tác dụng của kích động điều hòa của nguồn dòng (vì nguồn trên hai cực của tụ điện PSEH là nguồn cung cấp một dòng điện ổn định để mạch điện không phụ thuộc vào điện áp), với biên độ I_0 và tần số Ω (tần số của đáp ứng điện bằng tần số kích động nền thì công suất trên điện trở *R* là:

$$P_R = \frac{I_0^2 R}{2\left(1+R^2\Omega^2 C_{eq}^2\right)} \quad (32)$$

Từ (32), giải phương trình $\partial P_R/\partial R = 0$, xác định được công suất đầu ra cực đại tương ứng với tỉ số điện trở tối ưu.

$$\alpha_{opt} = 1/(\Omega R_{opt} C_{eq}) = 1 \quad (33)$$

Đồng thời thu được các đáp ứng cơ-điện tương ứng với $\zeta_{2,opt}$ và α_{opt} là $\hat{K}_1$, $\hat{K}_2$, $\frac{v_0}{z_0}$, $\hat{a}_1$, $\hat{a}_2$ và P_{av}.

Trong thiết kế kỹ thuật, $\zeta_{2,opt}$, α_{opt} là cơ sở để tính toán hệ số cản, độ cứng lò xo hay độ cứng của PSEH, cũng như điện trở hay điện dung. Để đảm bảo HTT tích hợp PSEH tương đương với HTT thông thường có cản tối ưu, ta có:

$$k_{2eq} = \frac{k_s k_p}{k_s+k_p} = k_2 \Leftrightarrow \frac{k_s}{k_2} = 1+\frac{k_s}{k_p} \quad (34)$$

$$c_{2,opt} = \sqrt{\frac{k_{2eq} m_2}{2}}\sqrt{1+\frac{2k_{2eq}}{k_1}} = \sqrt{\frac{m_2}{2}\frac{k_s k_p}{k_s+k_p}}\sqrt{1+\frac{2}{k_1}\frac{k_s k_p}{k_s+k_p}} \quad (35)$$

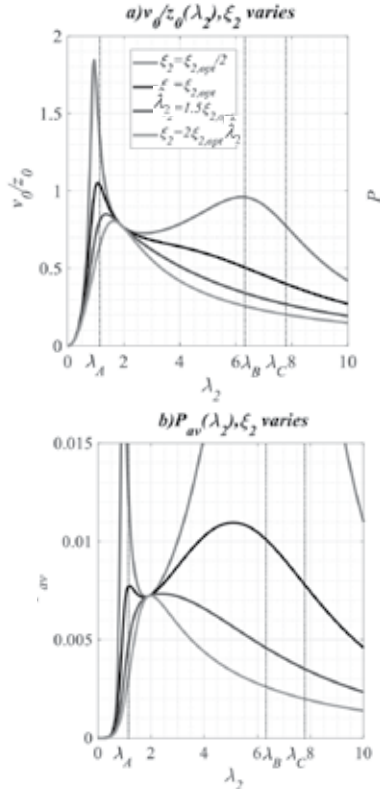
Từ (33) và (9) ta có:

$$R_{opt} = \frac{1}{\Omega C_{eq}} = \frac{1}{\Omega\left(C_p+\frac{\theta_p^2}{k_s+k_p}\right)} = \frac{1}{\Omega\left(C_p+\frac{\theta_p^2}{k_s+k_p}\right)} \quad (36)$$

Đối với HTT thụ động, vì độ cứng $k_2 = const$ lò xo nên Ks và K_p (cũng là các hằng số) cần lựa chọn sao cho thỏa mãn quan hệ (34). Chú ý rằng, R_{opt} là hàm phụ thuộc tần số kích động Ω, cho thấy cần điều chỉnh khi Ω thay đổi để đạt được $\alpha_{opt} = 1$ như công thức (33).

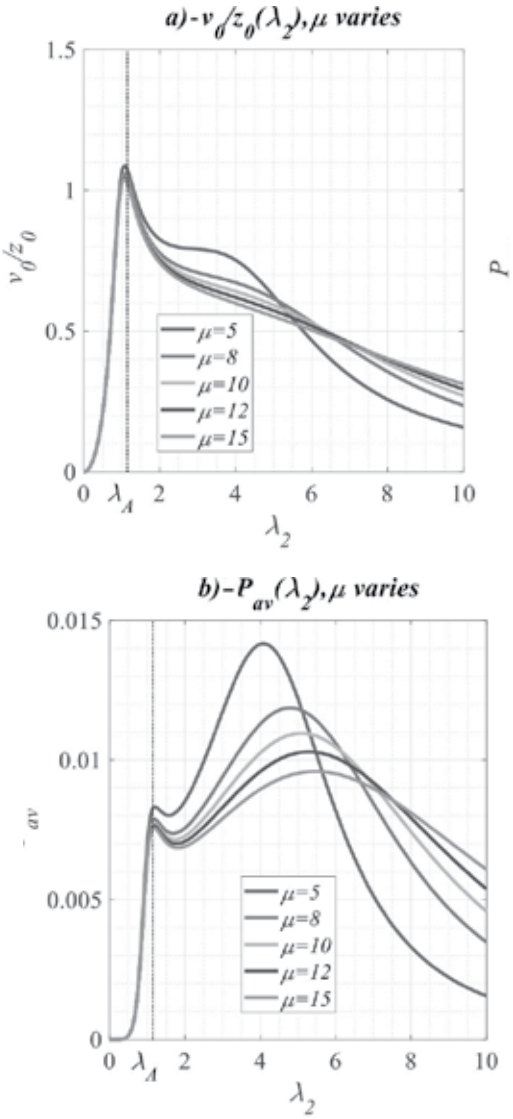
4. KHẢO SÁT SỐ

Các biểu thức thu được cho thấy các đáp ứng cơ-điện phụ thuộc vào tỉ số khối lượng μ , tỉ số tần số tự nhiên $\hat{\beta}$, hệ số liên kết cơ điện K^2 và tỉ số tần số $\hat{\lambda}_2$ đại diện cho tần số của kích động nền. Trong phần này, khảo sát số được tiến hành để đánh giá điện áp và công suất điện của PSEH tích hợp trên HTT theo sự thay đổi của các đại lượng nêu trên. Các thông số đầu vào được sử dụng dựa trên các thông số của "golden car" [9] như đã thực hiện ở Mục 3.1, với $m_2 = 10m_1$, $k_1 = 4k_2$ tương ứng μ = 10, = 0.1581.



Hình 8. Quan hệ điện áp và công suất trung bình với tần số khi ζ_2 thay đổi, với $\mu = 10$, $\hat{\beta} = 0{,}1581$, $\alpha = \alpha_{opt}$, $k^2 = 0{,}05$

Hình 8a thể hiện biên độ điện áp không thứ nguyên v_0/z_0 theo tần số không thứ nguyên $\bar{\lambda}_2$, còn Hình 8b thể hiện công suất trung bình không thứ nguyên P_{av} theo $\bar{\lambda}_2$. Với tỉ số cản tối ưu $\zeta_{2=}\zeta_{2,opt}$, v_0/z_0 có một cực đại tại lân cận λ_{2A}, P_{av} có một cực đại tại lân cận λ_{2A} và một cực đại nằm trong khoảng từ λ_{2A} đến λ_{2b}. Khi tăng ζ_2, cả v_0/z_0 và P_{av} đều giảm và chỉ còn một cực đại tại lân cận λ_{2A}. Ngược lại, khi giảm ζ_2 thì v_0/z_0 và P_{av} đều tăng do biên độ dao động K_1, K_2 tăng nhanh với cản nhỏ (Hình 5).



Hình 9. Quan hệ điện áp và công suất trung bình với tần số khi μ thay đổi, với $k_1 = 4k_{2eq}$, $\zeta_{2=}\zeta_{2,opt}$, $\alpha = \alpha_{opt}$, $k_2 = 0.05$.

5. KẾT LUẬN

Các kết quả chính của bài báo bao gồm:

- Đã xây dựng được mô hình liên kết cơ điện tương đương cho mô hình lắp nối tiếp của PSEH với phần tử đàn hồi và phần tử cản. Tổ hợp PSEH-lò xo nối tiếp có thể được thay thế bằng một PSEH tương đương, tổ hợp cản nhớt tuyến tính lắp nối tiếp với PSEH trong trường hợp kích động là điều hòa với tần số đã biết dựa trên mô hình cơ-điện Maxwell được thay thế bằng mô hình cơ-điện Kelvin-Voigt tương đương.

- Việc áp dụng mô hình liên kết cơ điện tương đương cho trường hợp PSEH tích hợp với lò xo của hệ thống treo cho thấy hiệu quả của việc sử dụng mô hình tương đương, cụ thể là hệ phương trình liên kết cơ-điện dạng hệ phương trình vi phân đại số có thể đưa về hệ phương trình vi phân thường, giúp cho đơn giản hóa trong tính toán phân tích các đáp ứng.

- Đã áp dụng cách thay thế tương đương giữa hệ thống treo thông thường có cản tối ưu với hệ thống treo tích hợp PSEH để xác định tỉ số cản tối ưu. Tiếp theo, công suất điện của PSEH được tối ưu hóa thông qua việc xác định tỉ số điện trở tối ưu. Các đáp ứng cơ-điện thu dưới dạng nghiệm đóng.

- Khảo sát số được thực hiện trên miền tần số để đánh giá hiệu quả của PSEH tích hợp hệ thống treo, cụ thể là các quan hệ điện áp - tần số và công suất trung bình - tần số không thứ nguyên. Nói chung, năng lượng điện thu được trên PSEH đạt mức lớn nhất tương ứng với tần số kích động nền nằm trong vùng cộng hưởng giới hạn bởi hai điểm cố định λ_{2A} và λ_{2C} .

- Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng phát triển của phương pháp thay thế tương đương trong việc xây dựng và phân tích hệ thống treo tích hợp PSEH nói riêng cũng như các hệ cơ điện khai thác năng lượng nói chung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. EIA (2019), Use of energy in the United States explained, Energy Used for Transportation, Independent Statistics and Analysis, Washington, DC., [Online]. Available: https://www.eia.gov/energyexplained/us-energy-facts/ [Accessed: 29-Aug-2018].

[2]. P. S. Zhang (2010), Design of electromagnetic shock absorbers for energy harvesting from vehicle suspensions, Doctoral dissertation, The Graduate School, Stony Brook University: Stony Brook, NY, USA.

[3]. S. A. Velinsky and R. A. White (1980), Vehicle energy dissipation due to road roughness, Veh. Syst. Dyn., 9(6), pp.359-384.

[4]. C. Wei and H. Taghavifar (2017), A novel approach to energy harvesting from vehicle suspension system: Half-vehicle model, Energy, 134, pp.279-288.

[5]. V.-G. Jacota (2017), Evaluation the Dissipated Energy by the Automobile Dampers, Glob. J. Res. Eng., 16(1), pp.1-9.

[6]. M. A. Abdelkareem, L. Xu, M. K. A. Ali, M. A. Hassan, A. Elagouz and J. Zou (2018), On-field measurements of the dissipated vibrational power of an SUV car traditional viscous shock absorber, in ASME 2018 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference.

[7]. H. Xiao, X. Wang and S. John (2015), A dimensionless analysis of a 2DOF piezoelectric vibration energy harvester, Mech. Syst. Signal Process., 58, pp.355-375.

[8]. L. Zuo and P.-S. Zhang (2013), Energy harvesting, ride comfort and road handling of regenerative vehicle suspensions, J. Vib. Acoust., 135(1), pp.295-302.

[9]. Genta, G. and Morello, L. (2009), The Automotive Chassis, vol.2: System Design, Springer, Amsterdam.

[10]. N.N. Linh (2022), Mô hình lắp nối tiếp của bộ thu năng lượng áp điện kiểu xếp chồng với phần tử đàn hồi và phần tử cản, Tuyển tập công trình khoa học Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ XI, Hà Nội, 02-03/12/2022, Tập 2. Động lực học và Điều khiển, Cơ học Thủy khí, Cơ học Tính toán, Cơ học Máy, tr.115-122.

■Ngày nhận bài: 18/3/2025 ■Ngày sửa bài: 02/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 18/4/2025

Sử dụng xi măng nhôm chế tạo vữa khô tự chảy không co cường độ nén trên 70 MPa

Using aluminum cement in the manufacturing of self-flowing, non-shrink grout with compressive strength of 70 MPa

> TS THÁI KHẮC CHIẾN
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: khacchien.thai@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Vữa khô tự chảy không co cường độ cao được sử dụng rộng rãi trong sửa chữa các kết cấu bê tông cốt thép. Vữa sửa chữa cần tính không co khi rắn chắc nhằm tránh các vết nứt do co ngót. Vữa thông thường có giá trị co ngót khô lớn nên cần bổ sung thêm phụ gia nở để giảm co ngót. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu hiệu quả giảm co ngót của xi măng nhôm trong chế tạo vữa khô tự chảy có cường độ chịu nén sau 28 ngày là 70 MPa. Các vật liệu đều ở dạng bột mịn với tỷ lệ nhào trộn tương đương với các loại vữa khô được bán phổ biến trên thị trường. Tỷ lệ nước/bột là 0,13 và phụ gia siêu dẻo polycacboxylat với hàm lượng 0,25% so với chất kết dính. Kết quả thí nghiệm về độ chảy, cường độ nén, cường độ kéo uốn và co ngót cho thấy vữa nghiên cứu đạt yêu cầu của loại vữa tự chảy không co đóng bao.

Từ khóa: Vữa khô, xi măng nhôm, tự chảy, không co ngót.

ABSTRACT

High-strength, self-flowing non-shrinkage grout are widely used in the repair of reinforced concrete structures. Repair mortar should be non-shrink when hardened to avoid cracks. Conventional mortar has a large dry shrinkage value, so it is necessary to add an expanding additive to reduce shrinkage. This article presents the results of a study on the shrinkage reduction effect of alumina cement, in the manufacturing of self-flowing non-shrinkage grout with a compressive strength after 28 days of 70 MPa. The materials are all in the form of fine powder with a mixing ratio equivalent to the grout commonly sold on the market. The water/powder ratio is 0.13 and polycarboxylate superplasticizer with a content of 0.25% compared to the binder. The experimental results on flow, compressive strength, flexural strength and shrinkage showed that the studied mortar met the requirements of bagged, self-flowing non-shrinkage mortar.

Keywords: Grout, Alumina cement, Self-flowing, Non-shrink.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xi măng nhôm còn gọi là xi măng alumin là loại xi măng mác cao, bền trong môi trường sunphat và đóng rắn nhanh. Thành phần khoáng chủ yếu của loại xi măng này là CA, $C_{12}A_7$, CA_2 , CS (Calcium Sulphate) và một tỷ lệ nhỏ các khoáng C_2S, C_2AS, C_4AF và dung dịch rắn của CA-CF [1]. Nguyên liệu chủ yếu dùng để sản xuất xi măng alumin là quặng boxit ít sắt oxit và đá vôi. Thời gian bắt đầu đông kết của xi măng nhôm khoảng 30 - 40 phút, thời gian kết thúc đông kết thường sớm hơn 6 giờ. Cường độ kháng nén trong 24 giờ thường đạt 60% mác và 3 ngày đạt 100% mác thiết kế [2]. Với việc sở hữu nhiều ưu điểm vượt trội so với những dòng xi măng thông thường, xi măng nhôm được sử dụng rộng rãi trong lĩnh vực xây dựng. Thông thường, xi măng nhôm sẽ được lựa chọn cho những hạng mục thi công cần thời gian gấp, yêu cầu khả năng chịu nhiệt hoặc dùng cho những cấu trúc ngầm dưới đất, nước [3, 4]. Ngoài ra, loại xi măng này còn được dùng để sửa chữa vết nứt của công trình. Xi măng nhôm thuộc nhóm xi măng loại M thành phần chứa canxi-aluminat và canxi sunphat có khả năng rắn chắc nhanh, tạo ra khoáng ettringit gây nở thể tích và bù co ngót cho vữa và bê tông, do đó nó có thể sử dụng như phụ gia cho vữa rắn nhanh [5, 6]. Nghiên cứu các loại phụ gia nở bù co ngót cho vữa khô là nội dung quan trọng được nhiều tác giả nghiên cứu [7] nên xi măng nhôm được sử dụng trong nghiên cứu này.

Cường độ chịu nén của vữa khô trong nghiên cứu là trên 70 MPa có sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn. Hàm lượng xỉ lò cao được dùng lần lượt là 15%, 20% và 25% thay thế cho xi măng. Hàm lượng xi măng nhôm được lấy lần lượt là 1%, 2%, 3% thay thế xi măng nhằm xác định ảnh hưởng đến sự thay đổi thể tích của vữa. Kết quả nghiên cứu là cấp phối vữa đạt cường độ chịu nén, tính công tác và có đặc tính co ngót thích hợp. Các thí nghiệm được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Vật liệu xây dựng, Trường Đại học GTVT.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu chế tạo và thiết kế thành phần

- Xi măng: Xi măng poóc-lăng Bút Sơn PC50 có các chỉ tiêu kỹ thuật thỏa mãn Tiêu chuẩn TCVN 2682:2020 [8]. Khối lượng riêng 3,1 g/cm^3. Cường độ nén được xác định theo tiêu chuẩn của TCVN 6016:2011[9]. Giá trị thí nghiệm sau 28 ngày đạt cường độ nén 57 MPa.

- Xỉ lò cao nghiền mịn: Là xỉ Hòa Phát S95 có độ hoạt tính ở 28 ngày đạt 96%, khối lượng riêng 2,86 g/cm^3, tỷ diện tích bề mặt trên 5.000 cm^2/g. Có các yêu cầu kỹ thuật thỏa mãn Tiêu chuẩn TCVN 11586:2016 [10].

- Phụ gia siêu dẻo: Là loại phụ gia siêu dẻo dạng bột có gốc Polycarboxylate (PCE) cải tiến có khả năng giảm nước cao, hàm lượng chất rắn 98±1%, khối lượng thể tích 0,6 g/cm^3.

- Xi măng alumin CA50: Là xi măng chịu nhiệt được sử dụng rộng rãi cho công trình cần cường độ sớm có hàm lượng Al_2O_3 trên 50%. CA50 có thời gian bắt đầu đông kết 45 phút, thời gian kết thúc đông kết 3h, cường độ nén sau 3 ngày trên 50 MPa. Được dùng cho bê tông chịu nhiệt, phụ gia đông kết nhanh, phụ gia phát triển cường độ cho xi măng và bê tông, ngoài ra còn có tác dụng bù co ngót cho vữa.

- Phụ gia giữ nước (HPMC): Thành phần là hydroxypropyl methylcellulose có tác dụng giữ nước tránh tách nước, phân tầng, làm tăng cường độ dính bám và cường độ chịu kéo cho vữa.

- Nước: Nước dùng theo nước được sử dụng trong bê tông xi măng thường, đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn nước cho bê tông và vữa xây dựng TCVN 4506:2012 [11].

- Phụ gia phá bọt AP 488: Có tác dụng ngăn sự hình thành bọt khí và phá bọt đã hình thành trong vữa.

- Cốt liệu nhỏ: Cốt liệu nhỏ được sử dụng trong thí nghiệm là loại cát sông Đà, kích thước hạt lớn với mô-đun Mk=2,8. Khối lượng riêng 2,64 g/cm^3. Cốt liệu được rửa sạch, phơi khô trước khi thí nghiệm và có cấp phối thỏa mãn TCVN 7570:2006 [12].

2.2. Hỗn hợp thí nghiệm

Cường độ chịu nén mục cho vữa khô tự chảy là trên 70 MPa. Thành phần vữa khô được sử dụng thêm xỉ lò cao nghiền mịn với hàm lượng 15%, 20% và 25%. Sử dụng phương pháp thể tích tuyệt đối. Hàm lượng nước/bột (N/B) là 0,13 (tỷ lệ phổ biến của vữa khô trên thị trường). Tỷ lệ nước/xi măng được xác định theo kinh nghiệm dựa vào cường độ mục tiêu, bảng tra thiết kế thành phần bê tông của Mỹ và mác xi măng.

Dựa vào mẻ trộn thử để lựa chọn hàm lượng phụ gia siêu dẻo, nhóm nghiên cứu đề xuất công thức thành phần vữa khô trong Bảng 1. Trong đó, CP1 là cấp phối đối chứng sử dụng 100% xi măng; CP2, CP3, CP4 là cấp phối sử dụng 15%, 20%, 25% xỉ lò cao nghiền mịn thay thế xi măng; CP5, CP6, CP7 là cấp phối sử dụng 15% xỉ và lần lượt thêm 1%, 2%, 3% xi măng nhôm. Hàm lượng phụ gia siêu dẻo được chọn là 0,25% khối lượng xi măng. Hàm lượng HPMC được lấy là 0,03% khối lượng xi măng. Hàm lượng AP488 được lấy là 0,3% khối lượng xi măng.

Các mẫu thử được tháo khuôn sau 24h và được bảo dưỡng ở điều kiện nhiệt độ 27±1^{0}C, độ ẩm tương đối >90% cho đến ngày thí nghiệm. Các mẫu thí nghiệm nén và uốn được thí nghiệm trên mẫu kích thước (40x40x160)mm theo Tiêu chuẩn TCVN 6016:2011 [9]. Mẫu sau khi trộn xong được tiến hành đo độ chảy Suttard. Thí nghiệm co ngót được tiến hành theo Tiêu chuẩn ASTM C490-07 [13]. Các kết quả đo độ chảy, cường độ nén, cường độ kéo uốn và co ngót được trình bày ở Mục 3.

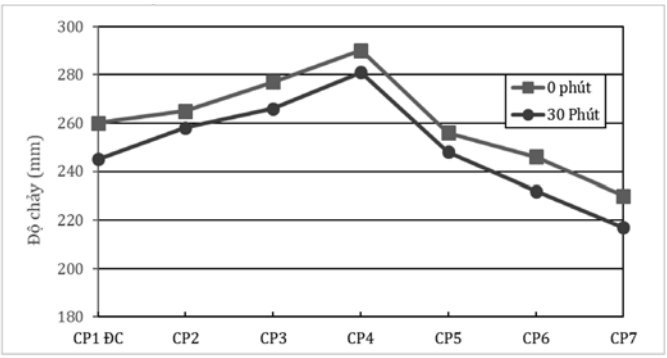
Bảng 1. Thành phần cấp phối vữa

Vật liệu	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6	CP7
	100% XM	15% Xỉ	20% Xỉ	25% Xỉ	15% Xỉ +1% CA	15% Xỉ + 2% CA	15% Xỉ + 3% CA
XM PC50 (kg)	690	587	552	518	580	573	566
Cát (kg)	1.295	1.295	1.295	1.295	1.295	1.295	1.295
Xỉ S95 (kg)		104	138	173	104	104	104
Nước (kg)	258	258	258	258	258	258	258
CA (kg)					6,9	13,8	20,7
PGSD (kg)	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
HPMC (kg)	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
AP488 (kg)	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07	2,07

3. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính công tác

Theo Hình 1 ta thấy, hàm lượng xỉ lò cao thay thế xi măng trong CP2, CP3, CP4 tăng từ 15% lên 20% và 25% thì độ chảy tăng từ 265 mm đến 290 mm. Điều này được giải thích bởi các nguyên nhân: Thể tích hồ chất kết dính tăng lên; bề mặt của các hạt xỉ lò cao trơn, nhẵn so với các hạt xi măng, dẫn đến lượng nước tự do trong hệ tăng lên, điều này là nguyên nhân tăng độ chảy của hỗn hợp vữa chứa xỉ lò cao với cùng một lượng nước trộn. CP5, CP6 và CP7 có hàm lượng xi măng nhôm là 1%, 2% và 3% thì độ chảy lần lượt là 256 mm, 246 mm và 230 mm. CP7 dùng 3% xi măng nhôm có độ chảy thấp hơn 13,2% so với CP2. Điều này được giải thích bởi sự hấp thụ nước và phụ gia siêu dẻo của các khoáng vật chứa nhôm C3A lớn hơn so với sự hấp thụ nước và phụ gia siêu dẻo của các khoáng trên bề mặt xi măng. Ngoài ra, sự thủy hóa của các khoáng vật trong xi măng cũng làm mất nước của vữa theo thời gian, từ đó làm độ chảy ở tuổi trễ sẽ sụt giảm lớn hơn so với trường hợp thay thế xi măng bởi xỉ lò cao nghiền mịn. Theo yêu cầu về vữa tự chảy không co thì tất cả cấp phối CP5, CP6, CP7 đều tạo ra độ chảy lớn hơn 200 mm và độ chảy sau 30 phút đạt trên 180 mm nên thỏa mãn yêu cầu của TCVN 9204:2012 [14].



Hình 1. Độ chảy theo khuôn Suttard

3.2. Cường độ chịu nén

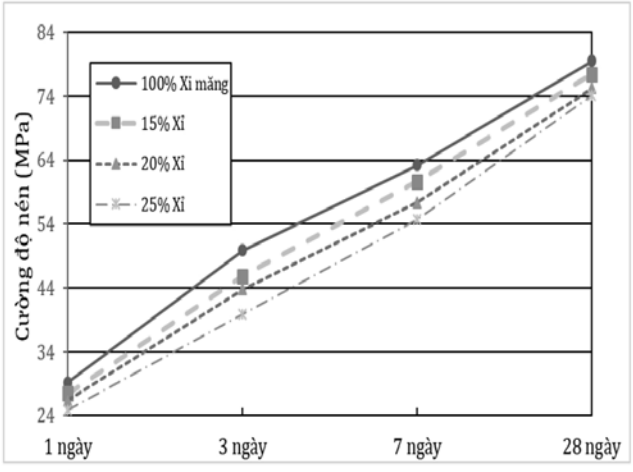
Cường độ chịu nén được xác định tại 1, 3, 7, 28 ngày tuổi. Kết quả thí nghiệm cường độ nén trung bình tại các ngày tuổi khác

nhau của các mẫu vữa được cho trong Bảng 2. Ảnh hưởng của xỉ lò cao nghiền mịn đến cường độ chịu nén của vữa được trình bày trong Hình 2. CP2, CP3, CP4 có cường độ sau 28 ngày giảm dần với các giá trị 77,5 MPa, 75,3 MPa, 74,2 MPa tương ứng với hàm lượng xỉ lò cao lần lượt là 15%, 20% và 25%. CP 1 có 100% xi măng có cường độ chịu nén cao nhất là 79,5 MPa sau 28 ngày tuổi.

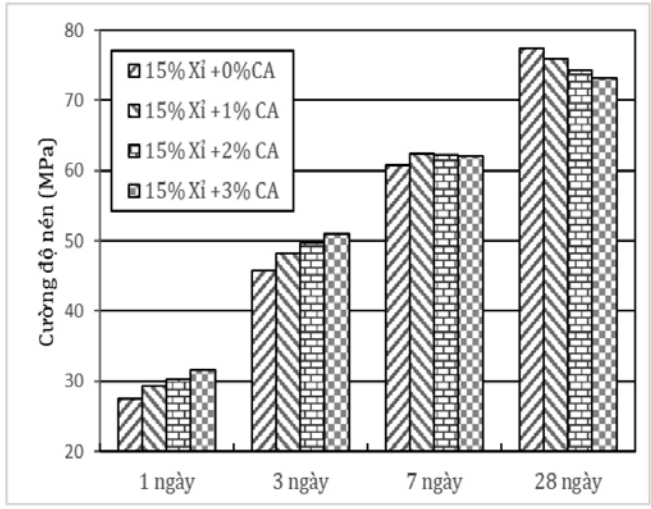
Cường độ của mẫu dùng xỉ lò cao giảm so với mẫu đối chứng tại tất cả các ngày tuổi. Mức giảm cường độ ở tuổi 28 ngày lần lượt là 2,6%, 5,4%, 6,7%. Tốc độ phát triển cường độ ở tuổi sớm (1, 3, 7 ngày) của các tổ mẫu đối chứng dùng 100% xi măng cũng cao hơn so với các mẫu dùng xỉ lò cao. Hệ số cường độ ở tuổi sớm/cường độ ở 28 ngày của mẫu đối chứng lần lượt là 36,7%, 62,7%, 79,5%, còn mẫu dùng 15% xỉ lò cao có hệ số tương ứng là 35,5%, 59,2%, 78,4%. Hệ số phát triển cường độ ở tuổi sớm của các mẫu chứa xỉ lò cao đều nhỏ hơn so với mẫu đối chứng, tuy nhiên tốc độ phát triển cường độ của tất cả các tổ mẫu đều thỏa mãn yêu cầu của vữa khô trộn sẵn theo TCVN 9204:2012 [14] với tỷ lệ bắt buộc là 0,35, 0,50, 0,75. CP5, CP6 và CP7 được thêm vào xi măng nhôm 1%, 2%, 3% có cường độ nén ở tuổi 28 ngày lần lượt là 75,9 MPa, 74,3 MPa, 73,2 MPa. Chúng có mức giảm giá trị cường độ nén lần lượt là 2,0%, 4,1%, 5,5%. Tuy nhiên, xi măng nhôm làm tăng cường độ sớm tại 1 ngày, 3 ngày và 7 ngày (Hình 3). Hệ số cường độ ở tuổi sớm/cường độ ở 28 ngày của mẫu 3% xi măng nhôm lần lượt là 43,2%, 69,6%, 84,9%. Kết quả này cho thấy hiệu quả tăng cường độ ở tuổi sớm của xi măng nhôm.

Bảng 2. Cường độ chịu nén trung bình

Cấp phối	Cường độ chịu nén (MPa)			
	1 ngày	3 ngày	7 ngày	28 ngày
CP1	29,2	49,8	63,2	79,5
CP2	27,5	45,8	60,7	77,5
CP3	26,4	43,8	57,4	75,3
CP4	24,8	40,0	54,7	74,2
CP5	29,3	48,3	62,4	75,9
CP6	30,3	49,7	62,2	74,3
CP7	31,6	50,9	62,1	73,2



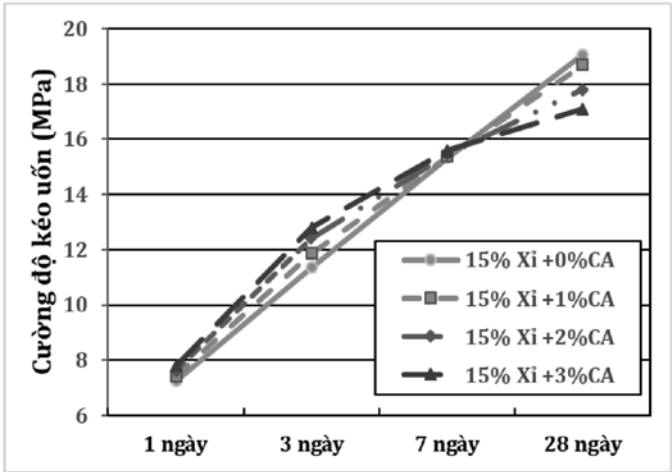
Hình 2. Cường độ chịu nén của vữa theo thời gian với các hàm lượng xỉ



Hình 3. Cường độ chịu nén của vữa theo thời gian với các hàm lượng xi măng nhôm

3.3. Cường độ chịu uốn

Bảng 3 trình bày các kết quả thí nghiệm cường độ chịu kéo khi uốn của các tổ mẫu thí nghiệm. CP1 dùng 100% xi măng có cường độ kéo uốn sau 28 ngày là 19,5 MPa và giảm dần khi thay thế 15%, 20%, 25% xỉ lò cao. Giá trị giảm cường độ kéo uốn lần lượt là 2,04%, 4,91%, 8,40%, các mức giảm này lớn hơn so với kết quả ảnh hưởng của xỉ lò cao đến cường độ chịu nén. Hệ số cường độ kéo uốn ở tuổi sớm/cường độ ở 28 ngày của mẫu 100% xi măng là 38,9%, 61,0%, 81,3% và của mẫu dùng 15% xỉ là 38,1%, 59,5%, 80,4%. Hệ số cường độ kéo uốn ở tuổi sớm ở các mẫu chứa 20% và 25% xỉ lò cao đều có giá trị thấp hơn mẫu chứa 15% xỉ lò cao.



Hình 4. Cường độ chịu kéo khi uốn của vữa với hàm lượng xi măng nhôm

Hình 4 mô tả kết quả thí nghiệm cường độ kéo uốn của các mẫu dùng xi măng nhôm. Biểu đồ cho thấy xi măng nhôm làm tăng cường độ sớm ở tuổi 1 và 3 ngày. Tại tuổi 1 ngày, mức tăng cường độ của các mẫu dùng 1%, 2% và 3% xi măng nhôm lần lượt là 2,5%, 5,2%, 7,5% và mức tăng còn cao hơn tại 3 ngày tuổi với các giá trị lần lượt là 4,5%, 9,5%, 12,7%. Tuy nhiên, tại tuổi 28 ngày thì các mẫu dùng xi măng nhôm đều giảm cường độ. Mức giảm của các mẫu theo thứ tự là 1,91%, 6,63%, 10,32%.

Bảng 3. Cường độ chịu kéo uốn trung bình

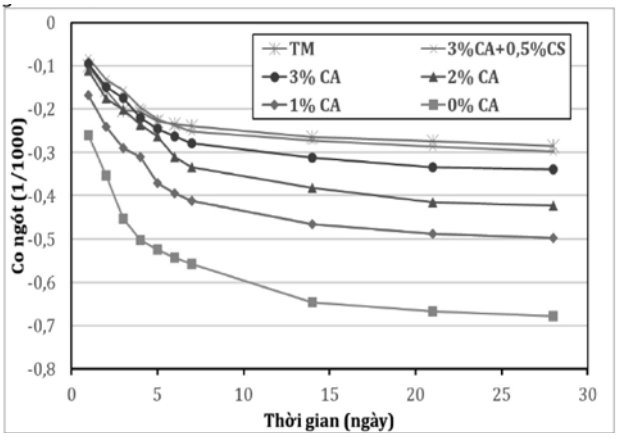
Cấp phối	Cường độ chịu kéo uốn (MPa)			
	1 ngày	3 ngày	7 ngày	28 ngày
CP1	7,6	11,9	15,8	19,5
CP2	7,3	11,3	15,3	19,1
CP3	6,9	10,7	14,6	18,5
CP4	6,3	10,1	13,7	17,8
CP5	7,4	11,9	15,4	18,7
CP6	7,6	12,4	15,5	17,8
CP7	7,8	12,8	15,6	17,1

3.4. Co ngót

Để nghiên cứu co ngót, tác giả lựa chọn CP2 chứa 15% xỉ lò cao, CP5, CP6, CP7 có thành phần giống CP2 nhưng bổ sung thêm xi măng nhôm nhằm cải thiện tính nở thể tích và bù co ngót, CP7* có thành phần giống CP7 nhưng bù thêm 0,5% thạch cao (CS) nhằm bổ sung thêm khả năng bù co ngót. TM là cấp phối của một sản phẩm vữa khô thương mại tại Việt Nam có cường độ chịu nén tương tự. Các mẫu được bảo dưỡng trong không khí có độ ẩm 50% và nhiệt độ 20^{0}C theo Tiêu chuẩn ASTM C490-07 [10] của Mỹ.

CP2 chứa 15% xỉ có giá trị co ngót đo được sau 28 ngày là -0,678/1.000. Giá trị này cao gấp 2,37 lần so với kết quả của mẫu TM. CP5, CP6, CP7 có giá trị co ngót sau 28 ngày lần lượt là -0,497/1.000, -0,422/1.000, -0,338/1.000, điều này cho thấy xi măng nhôm có tác dụng giảm co ngót của vữa. Giá trị co ngót giảm lần lượt là 26,7%, 37,7%, 50,1% so với mẫu 0% xi măng nhôm.

Các khoáng vật alumin trong xi măng nhôm thủy hóa rất nhanh ở những ngày đầu làm tăng thể tích của vữa, do đó nó còn làm nở thể tích của vữa trong giai đoạn đông kết. CP2 không bổ sung khoáng nở thể tích nên nó bị co lại trong giai đoạn đông kết kết hợp với đặc tính co ngót ở giai đoạn sau nên CP2 không phải là vữa không co. Các mẫu TM, CP5, CP6, CP7, CP7* có kết quả thí nghiệm tăng chiều cao cột vữa khi kết thúc đông kết từ 1,5% - 2,0% nên thỏa mãn là vữa tự co loại A theo TCVN 9204:2012 [14]. Giá trị co ngót khô của các tổ mẫu đều nhỏ hơn so với giá trị nở ra trước khi đông kết nên co ngót/nở của cả giai đoạn trước và sau khi đông kết của các mẫu vữa đều có giá trị dương (mẫu nở ra trong không khí). CP7 và đặc biệt là CP7* có giá trị co ngót tương tự như của sản phẩm thương mại TM cho thấy ưu điểm của sản phẩm nghiên cứu.



Hình 5. Co ngót tổng của các mẫu vữa

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu làm chủ các công nghệ chế tạo vữa khô tự chảy không co có cường độ cao là điều vô cùng cần thiết để chủ động điều chỉnh chất lượng của sản phẩm nghiên cứu khi thay đổi nguồn vật liệu đầu vào. Việc thay đổi hàm lượng và loại phụ gia sử dụng, đặc biệt là phụ gia trương nở và bù co ngót là vô cùng quan trọng với vữa không co ngót. Nghiên cứu này đã đưa ra thành phần vữa khô phù hợp có sử dụng xỉ lò cao nghiền mịn với xi măng nhôm để đảm bảo tính không co. Vữa khô sử dụng từ 1% - 3% xi măng nhôm có độ chảy 230 - 256 mm, cường độ chịu nén đạt trên 70 MPa, cường độ chịu kéo từ 17,1 - 18,7 MPa. Xi măng nhôm làm tăng nhanh cường độ ở tuổi sớm cho vữa, hệ số cường độ sớm/cường độ 28 ngày đều cao hơn so với giá trị cường độ sớm theo TCVN 9204:2012. Việc sử dụng hàm lượng phụ gia siêu dẻo và tỷ lệ N/B là 0,13 còn thấp nên có thể tiếp tục nghiên cứu cải thiện CP7 để đạt tính công tác tốt hơn hoặc có thể tiếp tục cải thiện cường độ của cấp phối này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. K.L. Scrivener, A. Capmas (1998), Calcium aluminate cements, in: P.C. Hewlett (Ed.), Lea's Chemistry of Cement and Concrete, Elsevier, Ltd., Oxford, UK, pp.713-782.

[2]. Refractory Aluminate Cement CA50, https://thermalnz.co.nz/refractory-aluminate-cement.html.

[3]. B. Carther & Partners (1997), Calcium aluminate cements in construction: a re-assessment, Concrete Society Technical Report TR 46.

[4]. C.H Fentiman, R.J Mangabhai & K.L Scrivener (2008), Calcium Aluminate Cements, Proceedings of the Centenary Conference, IHS BRE Press, Avignon, France.

[5]. J.H. Ideker (2008), Early-age behavior of calcium aluminate cement systems, Ph.D. Thesis, University of Texas, Austin.

[6]. J.H. Ideker, K.J. Folliard, M.D.A. Thomas (2008), Early-age properties of calcium aluminate cement concrete with rigid cracking and free shrinkage frames: isothermal testing, Calcium Aluminate Cements: Proceedings of the Centenary Conference, IHS BRE Press, Avignon, France, pp.141-157.

[7]. G. Zhang, D. Qiu, S. Wang, P. Wang (2020), Effects of plastic expansive agent on the fluidity, mechanical strength, dimensional stability and hydration of high performance cementitious grouts, Constr. Build. Mater., 243, Article 118204, 10.1016/j.conbuildmat.2020.118204.

[8]. TCVN 2682:2020 (2020), Xi măng Poóc lăng, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[9]. TCVN 6016:2011 (2011), Xi măng - Phương pháp thử - Xác định độ bền, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[10]. TCVN 11586:2016, Xỉ hạt lò cao nghiền mịn dùng cho BT và vữa, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[11]. TCVN 4506:2012, Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[12]. TCVN 7570:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật, Bộ Khoa học và Công nghệ.

[13]. ASTM C490-07 (2007), Standard Practice for Use of Apparatus for the Determination of Length Change of Hardened Cement Paste, Mortar, and Concrete, ASTM international.

[14]. TCVN 9204:2012 (2012), Vữa xi măng khô trộn sẵn không co, Bộ Khoa học và Công nghệ.

■Ngày nhận bài: 18/02/2025 ■Ngày sửa bài: 10/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2025

Nghiên cứu chẩn đoán hư hỏng kết cấu cầu giàn thép sử dụng mạng kết hợp 1DCNN-LSTM

Research on damage diagnosis of steel truss bridge structures using a hybrid 1DCNN-LSTM Network

> TS TRẦN VIỆT HƯNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hungtv@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày một phương pháp tiếp cận mới để chẩn đoán hư hỏng trong kết cấu thông qua việc áp dụng mô hình học sâu (Deep Learning - DL) kết hợp giữa khả năng trích xuất các đặc trưng của mạng nơ-ron tích chập một chiều (One Dimensional Convolutional Neural Network - 1DCNN) và khả năng xử lý dữ liệu chuỗi thời gian mạng bộ nhớ dài ngắn hạn (Long Short-Term Memory - LSTM). Mặc dù 1DCNN có ưu thế trong việc trích xuất các đặc trưng từ dữ liệu nhưng gặp hạn chế khi xử lý các mối quan hệ dài hạn trong chuỗi thời gian. LSTM lại thể hiện khả năng phân tích, học các quan hệ dài hạn, nhưng gặp khó khăn trong việc cân bằng các trọng số tính toán và tốc độ xử lý còn chậm. Để kiểm chứng hiệu quả của phương pháp đề xuất, nghiên cứu được thực hiện bằng cách sử dụng dữ liệu theo thời gian thu được từ hệ thống cảm biến gia tốc trên cầu giàn thép Chương Dương. Kết quả cho thấy hiệu quả của phương pháp đề xuất vượt trội hơn hai mô hình học sâu riêng lẻ - 1DCNN và LSTM, đạt độ chính xác lần lượt là 91,6%, 84,5% và 81,4% trên tập dữ liệu kiểm tra.

Từ khóa: Chẩn đoán hư hỏng, mạng nơ-ron tích chập một chiều, mạng bộ nhớ dài ngắn hạn, dữ liệu chuỗi thời gian, cầu giàn thép.

ABSTRACT

This paper presents a novel approach for structural damage diagnosis by applying a deep learning (DL) model that combines the feature extraction capabilities of a One-Dimensional Convolutional Neural Network (1DCNN) with the time-series data processing strength of a Long Short-Term Memory (LSTM) network. While 1DCNN excels at extracting features from data, it struggles with capturing long-term dependencies in time-series sequences. On the other hand, LSTM is effective at learning and analyzing long-term relationships but faces challenges in balancing computational weights and has slower processing speeds. To validate the effectiveness of the proposed method, the study utilizes time-series data collected from an accelerometer sensor system on the Chuong Duong steel truss bridge. The results demonstrate that the proposed hybrid model outperforms the standalone deep learning models-1DCNN and LSTM-achieving accuracies of 91.6%, 84.5% and 81.4%, respectively, on the test dataset.

Keywords: Damage diagnosis, one-dimensional convolutional neural network, long short-term memory network, time-series data, steel truss bridge.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những thập kỷ gần đây, Giám sát sức khỏe kết cấu (SHM) là chủ đề được các nhà khoa học trên thế giới đặc biệt quan tâm. Nhờ vào sự tiến bộ vượt bậc của công nghệ, SHM đã và đang được triển khai rộng rãi để đảm bảo an toàn, tính toàn vẹn và sự phát triển bền vững của các công trình giao thông. Những nghiên cứu cho thấy, SHM không chỉ giúp phát hiện sớm các hư hỏng mà còn tối ưu hóa chi phí bảo trì và quản lý hệ thống kết cấu [1, 2, 3].

Trong SHM, học máy truyền thống bị hạn chế khi phải xử lý lượng dữ liệu lớn nên việc áp dụng các mô hình học sâu (Deep Learning - DL) không chỉ có khả năng học và phát hiện các mẫu dữ liệu phức tạp một cách hiệu quả mà còn tự học cách trích xuất và tận dụng các đặc điểm quan trọng từ dữ liệu đầu vào. Các mô hình học sâu nổi bật để xử lý dữ liệu chuỗi thời gian nhằm phát hiện hư hỏng bao gồm 1DCNN và LSTM. Cụ thể, 1DCNN có thể phân tích xử lý dữ liệu dạng chuỗi phù hợp với nhiều loại dữ liệu và phát hiện các đặc trưng quan trọng từ dữ liệu đầu vào làm cho quá trình mô hình hóa trở nên nhanh chóng, hiệu quả. Một ví dụ cụ thể, Youqi Zhang và cộng sự [4]. Nghiên cứu này đề xuất 1DCNN đơn giản giúp phát hiện những thay đổi cục bộ nhỏ về độ cứng và khối lượng cấu kiện, đồng thời xác nhận nó trên các cấu trúc thực bằng cách sử dụng dữ liệu gia tốc thô mà không cần xử lý trước. Hay Sharma và cộng sự

[5] đề xuất sử dụng mạng 1DCNN để tự động trích xuất đặc trưng từ tín hiệu gia tốc và xác định vị trí các điểm liên kết yếu. Phương pháp này được xây dựng thí nghiệm và kiểm chứng số liệu trên các khung thép và cũng được thử nghiệm trên một cấu trúc khung thép thực tế.

LSTM, một dạng mạng nơ-ron hồi quy (Recurrent Neural Network-RNN) chuyên biệt, được thiết kế để ghi nhớ và xử lý thông tin trong khoảng thời gian dài. LSTM có khả năng lưu giữ thông tin giúp mô hình học được mối quan hệ giữa các sự kiện cách nhau nhiều bước. Ví dụ, Sony và cộng sự [6] đã chứng minh phương pháp dựa trên LSTM đề xuất có hiệu suất tương đương với mạng 1DCNN trên tập dữ liệu QUGS và vượt trội hơn 1DCNN trên tập dữ liệu cầu Z24. Hay Xu và cộng sự [7] đã đề xuất một framework dựa trên kiến trúc mạng nơ-ron LSTM giải quyết những hạn chế của các phương pháp hiện có để đánh giá thiệt hại sau động đất. Nó cung cấp một đánh giá nhanh chóng và chính xác về hư hại do động đất gây ra và thể hiện tính hiệu quả và tiềm năng cho các ứng dụng thực tế.

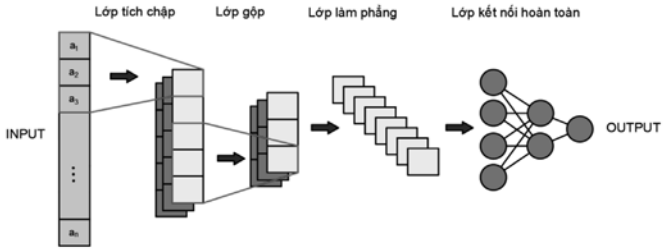
Mặc dù Mạng 1DCNN và LSTM đều đem lại những lợi ích đáng kể trong quá trình xử lý dữ liệu, chúng không tránh khỏi những hạn chế. 1DCNN thường gặp phải trở ngại trong việc học các mối quan hệ dài hạn và bộc lộ khó khăn trong việc tổng quát hóa khi đối mặt với dữ liệu mới mang tính chất khác biệt. Ngược lại, dù LSTM thể hiện sự ưu việt trong việc xử lý dữ liệu chuỗi thời gian, nó lại không hiệu quả trong việc xử lý các phụ thuộc không gian. Đối với việc giải quyết những hạn chế này, nghiên cứu đề xuất sử dụng một sự kết hợp giữa 1DCNN và LSTM. Bằng cách này, trong khi 1DCNN có khả năng lọc và kết nối thông tin không gian từ dữ liệu, LSTM cùng lúc tối ưu hóa việc học các mẫu dữ liệu tuần tự, tạo nên một kiến trúc mạnh mẽ, được tối ưu để phân tích và phân loại dữ liệu chuỗi thời gian phức tạp.

Bài báo được cấu trúc thành 5 phần chính, như sau: Ngoài phần giới thiệu ban đầu, phần thứ hai đưa ra cách hoạt động của mạng 1DCNN, LSTM và mô hình kết hợp 1DCNN-LSTM. Phần thứ ba cung cấp thông tin về cầu Chương Dương cùng với bộ dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu. Phần thứ tư trình bày kết quả thu được từ nghiên cứu. Cuối cùng, phần kết luận tổng kết những phát hiện và kết quả chính của bài báo.

2. PHƯƠNG PHÁP

2.1. Mạng tích chập một chiều (1DCNN)

Mạng 1DCNN là một loại mạng nơ-ron sâu được thiết kế để xử lý dữ liệu tuần tự hoặc chuỗi thời gian. Khác với các mạng 2DCNN thông thường được sử dụng chủ yếu cho dữ liệu hình ảnh, 1D-CNN tập trung vào việc xử lý các đặc trưng từ dữ liệu một chiều. Đây là một công cụ mạnh mẽ trong nhiều ứng dụng như xử lý ngôn ngữ tự nhiên, phân tích chuỗi thời gian và đặc biệt là trong SHM. Cách thức hoạt động của 1DCNN biểu diễn ở Hình 1 được xây dựng dựa trên các lớp tích chập, lớp gộp, lớp làm phẳng và lớp kết nối hoàn toàn để trích xuất và học các đặc trưng từ dữ liệu đầu vào. Quá trình huấn luyện 1DCNN bao gồm việc tối ưu hóa các tham số của các bộ lọc và trọng số trong các lớp fully connected thông qua các kỹ thuật tối ưu hóa như gradient descent. Mục tiêu là giảm thiểu hàm mất mát, phản ánh sự chênh lệch giữa dự đoán của mô hình và giá trị thực tế. Qua nhiều vòng lặp huấn luyện, mạng học cách trích xuất các đặc trưng quan trọng từ dữ liệu chuỗi thời gian, từ đó cải thiện độ chính xác việc phát hiện những đặc điểm hư hỏng trên kết cấu.

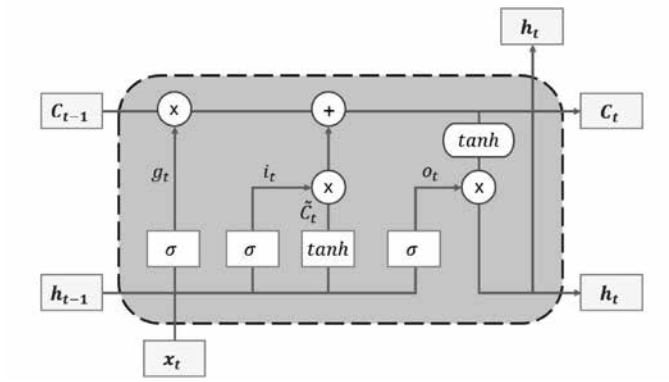


Hình 1. Mô hình 1DCNN đơn giản

2.2. Mạng bộ nhớ ngắn dài hạn (LSTM)

Mô hình LSTM là một dạng của mạng RNN được giới thiệu lần đầu bởi Hochreiter và Schmidhuber [8] vào năm 1997. Mạng được thiết kế để khắc phục vấn đề mất dần gradient (vanishing gradient) trong quá trình huấn luyện. Nhờ vào kiến trúc đặc biệt của mình, LSTM có khả năng học và ghi nhớ thông tin dài hạn, giúp nó trở thành một công cụ mạnh mẽ trong phân tích dữ liệu chuỗi thời gian.

Việc triển khai LSTM trong các ứng dụng thực tế gặp nhiều thách thức do tính toán phức tạp và yêu cầu tài nguyên cao. Với số lượng lớn tham số và các phép toán ma trận, mô hình này đòi hỏi bộ nhớ lớn và thời gian xử lý lâu, đặc biệt khi áp dụng trên các hệ thống nhúng hoặc thiết bị có tài nguyên hạn chế. Ngoài ra, việc điều chỉnh siêu tham số như số lượng đơn vị LSTM, tốc độ học và kích thước batch là một quá trình phức tạp, đòi hỏi thử nghiệm nhiều lần để tìm ra cấu hình tối ưu.



Hình 2. Cấu trúc điển hình bên trong LSTM

Cách thức hoạt động của kiến trúc LSTM (Hình 2) là trạng thái tế bào của nó, với ba cổng: Cổng đầu vào (i_t), cổng quên (g_t) và cổng đầu ra (o_t). Các cổng này được biểu diễn về mặt toán học như sau:

Cổng đầu vào để xác định thông tin đầu vào nào sẽ cập nhật bộ nhớ, với hàm Sigmoid lọc thông tin (cho qua 0 hoặc 1) và hàm tanh định trọng số từ -1 đến 1.

$$(i_t = \sigma(x_t.W_i + h_{t-1}.U_i + b_i)$$

$$\widetilde{C_t} = \tanh(x_t.W_c + h_{t-1}.U_c + b_c)$$

Cổng quên quyết định phần thông tin nào từ bộ nhớ cũ được loại bỏ, dựa vào đầu vào và trạng thái trước đó, với giá trị từ 0 (loại bỏ) đến 1 (giữ lại).

$$g_t = \sigma(x_t.W_g + h_{t-1}.U_g + b_g)$$

Cổng đầu ra xác định thông tin nào từ bộ nhớ được sử dụng làm đầu ra, thông qua hàm Sigmoid và tanh, quyết định trọng số

thông tin từ -1 đến 1, tạo ra đầu ra cuối cùng.

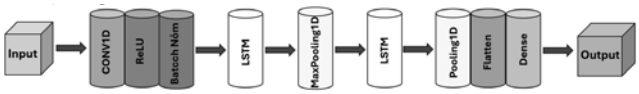
$$o_t = \sigma(x_t . W_o + h_{t-1} . U_o + b_o)$$

$$h_t = o_t . \tanh(C_t)$$

Trong đó: Các giá trị W và b đại diện cho ma trận trọng số và độ lệch; x_t là đầu vào, h_{t-1} là trạng thái ẩn trước đó và σ đại diện cho hàm kích hoạt sigmoid.

2.3. Phương pháp đề xuất 1DCNN - LSTM

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất sử dụng một phương pháp tiếp cận kết hợp giữa 1DCNN và LSTM. Bằng cách kết hợp khả năng của hai mô hình không chỉ đơn thuần là tổng hợp phương pháp mà còn là một mạng thống nhất có khả năng giải quyết các thách thức mà mỗi mạng truyền thống gặp phải khi hoạt động độc lập. Kiến trúc mạng của 1DCNN-LSTM được minh họa trong Hình 3.

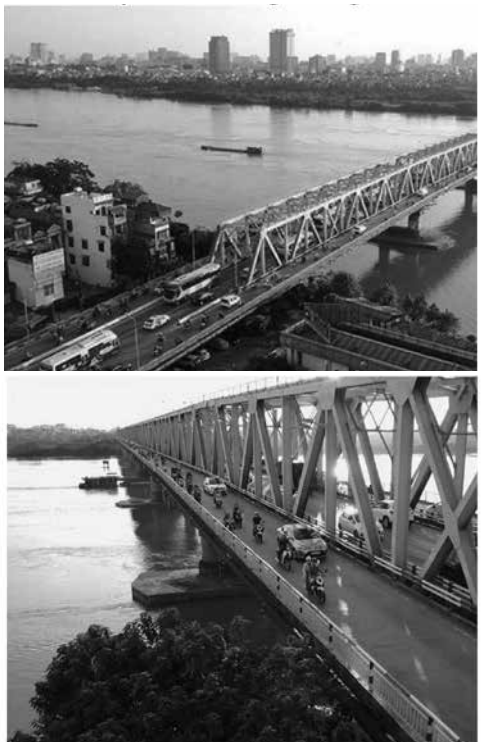


Hình 3. Kiến trúc mạng 1DCNN-LSTM

Ưu điểm của mô hình kết hợp 1DCNN-LSTM được thể hiện rõ rệt, đặc biệt ở khả năng kết hợp cả đặc trưng cục bộ và quan hệ dài hạn. Mạng 1DCNN đảm nhận vai trò trích xuất các đặc trưng cục bộ từ dữ liệu chuỗi, trong khi LSTM giúp mô hình hóa các mối quan hệ dài hạn trong dữ liệu. Nhờ sự kết hợp này, mô hình có thể học được các mẫu dữ liệu phức tạp và xác định sự tương tác giữa các đặc trưng, đồng thời nắm bắt hiệu quả xu hướng theo thời gian. Điều này giúp tăng cường độ chính xác trong dự báo và phân loại các bài toán liên quan đến chuỗi thời gian, nâng cao hiệu suất so với các mô hình đơn lẻ.

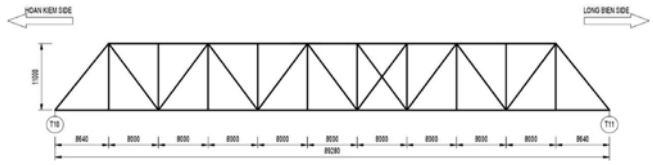
3. THÔNG TIN VÀ BỘ DỮ LIỆU CỦA CẦU

3.1. Giới thiệu cầu Chương Dương



Hình 4. Một số hình ảnh cầu Chương Dương [9, 10]

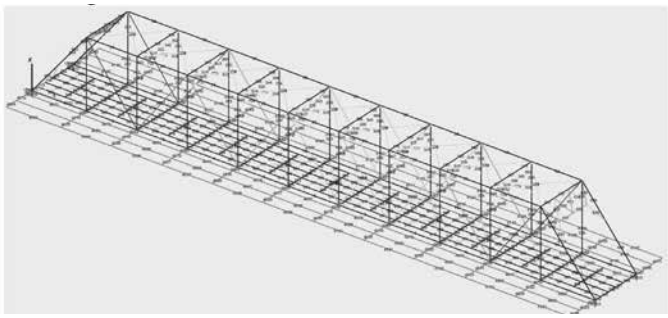
Cầu Chương Dương - một công trình cầu giàn thép nhịp lớn tại Hà Nội, nối quận Hoàn Kiếm với quận Long Biên. Với tổng chiều dài 1.230 m và chiều rộng 20 m, cầu Chương Dương được thiết kế gồm 4 làn xe cơ giới và hai làn xe thô sơ. Cầu bao gồm 21 nhịp, trong đó nhịp chính bắc qua sông dài 180 m, còn các nhịp khác có chiều dài từ 47 đến 90 m [11]. Một số thông tin của cầu được thể hiện trong Hình 4 và Hình 5.



Hình 5. Kích thước của nhịp thứ 10 cầu Chương Dương [11]

3.2. Mô hình phần tử hữu hạn (Finite element model - FEM)

Trong phần này, mô hình phần tử hữu hạn của cầu giàn thép Chương Dương được xây dựng bằng phần mềm Matlab. Mô hình này sẽ sử dụng các phần tử dầm với mỗi nút có sáu bậc tự do. Nhịp cầu giản đơn dài 89,28 m được mô phỏng bằng 318 nút và 799 phần tử. Các gối cầu được mô phỏng bằng cách sử dụng cả gối cố định và gối di động. Thành phần chính của cầu được làm bằng thép nên vật liệu của các phần tử là như nhau, với mô-đun Young = $2{,}1 \times 10^{11}$ Pa, tỷ số Poisson = 0,3 và khối lượng riêng thể tích = 7.850 kg/m^3. Mô hình FEM của cầu được thể hiện như trong Hình 6.



Hình 6. Mô hình phần tử hữu hạn của cầu Chương Dương

3.3. Thu thập và xử lý dữ liệu

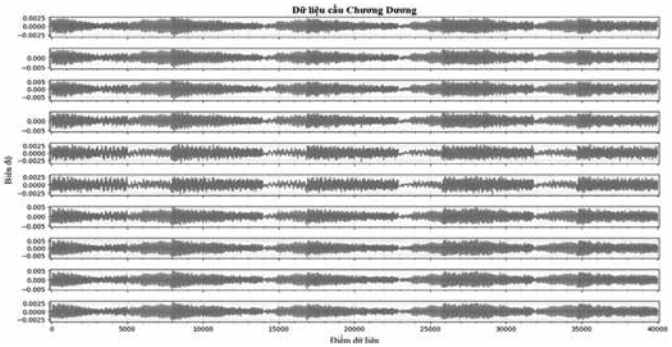
Nghiên cứu này sẽ giả định 11 trường hợp hư hỏng bằng cách giảm độ cứng ở một phần tử kết cấu của cầu. Ví dụ, nếu độ cứng còn lại là 70% thì mức độ hư hỏng sẽ là 20%. Các trường hợp sẽ được dán nhãn từ 0 đến 11 với mỗi nhãn là một mức độ hư hỏng tương ứng như trong Bảng 1.

Bảng 1. Các trường hợp hư hỏng

Nhãn	Phần tử	Phần trăm hư hỏng (%)	Trạng thái
0	1	0	Nguyên vẹn
1	2	10	
2	3	20	
3	4	30	
4	5	40	
5	10	10	Hư hỏng
6	11	20	
7	12	30	
8	13	10	
9	16	20	
10	25	30	

Tải trọng được dùng để kích thích dao động là hoạt tải xe tải 3 trục theo HL93, với vận tốc chạy trên cầu là 60 km/h và chạy 10 lần trên cầu. Số lần xe chạy trên cầu là 20 lần, khoảng cách giữa các lần chạy là 2s.

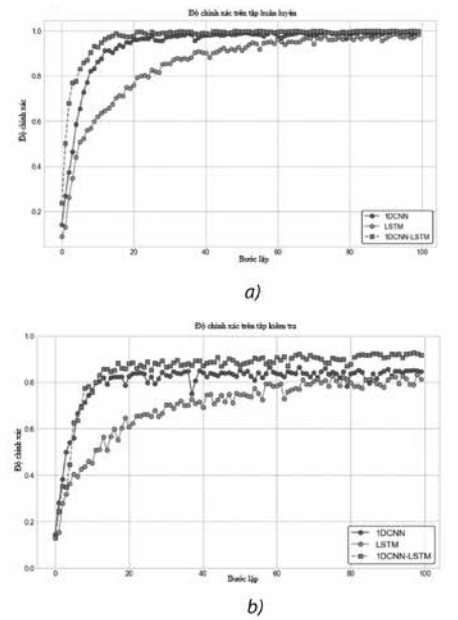
Bằng cách sử dụng 40 cảm biến ảo ở tần số lấy mẫu 500 Hz đã được thu thập với điểm thời gian là 40.000, tạo ra một tập dữ liệu có kích thước (11, 40, 40.000). Một đoạn dữ liệu mẫu được minh họa trong Hình 7.



Hình 7. Dữ liệu ban đầu thu được từ cảm biến

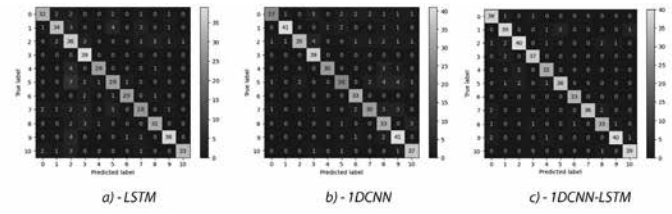
4. KẾT QUẢ VÀ ĐÁNH GIÁ

Trong nghiên cứu này, phương pháp đề xuất sẽ được sử dụng để phát hiện hư hỏng trên cầu Chương Dương. Nghiên cứu này sử dụng ngôn ngữ Python phiên bản 3.11.9 và thư viện TensorFlow, một thư viện học sâu nguồn mở với khả năng hỗ trợ mạnh mẽ cho nhiều mô hình học sâu. Các phương pháp truyền thống như LSTM, 1DCNN cũng được áp dụng để so sánh với mạng kết hợp để thấy rõ hiện quả. Các kết quả được biểu diễn trong Hình 8, Hình 9 và Hình 10.



Hình 8. Biểu đồ hội tụ: a) - Tập huấn luyện; b) - Tập kiểm tra

Dựa trên Hình 8, có thể nhận thấy rằng trên tập huấn luyện, mô hình kết hợp 1DCNN-LSTM hội tụ nhanh hơn và đạt được độ chính xác cao hơn so với các mô hình còn lại. Khi áp dụng trên tập kiểm tra, mô hình này tiếp tục thể hiện khả năng tổng quát hóa vượt trội. Cụ thể hơn, từ Hình 9, mô hình 1DCNN-LSTM dự đoán khá chính xác đối với hầu hết các lớp khi số dự đoán đúng trên đường chéo khá cao và một số nhãn chỉ nhầm lẫn 1 - 2 lần với tần số ít. So với các mô hình khác, 1DCNN và LSTM nhầm lẫn ở nhiều nhãn, lên đến 7 lần.



Hình 9. Ma trận nhầm lẫn của 3 mô hình

5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu này áp dụng mô hình kết hợp 1DCNN-LSTM, trong xử lý dữ liệu chuỗi thời gian trong lĩnh vực SHM. Các kết quả cho thấy mô hình này có hiệu suất cao hơn so với việc sử dụng riêng lẻ 1DCNN hoặc LSTM trong việc chẩn đoán hư hỏng kết cấu. Mô hình 1DCNN-LSTM đạt tỷ lệ độ chính xác cao nhất là 91,6% trên tập kiểm tra, cao hơn so với 1DCNN ở mức 84,5% và LSTM với 81,4%. Sự vượt trội này mở ra khả năng ứng dụng mô hình trong nhiều lĩnh vực khác, từ y tế đến dự báo thời tiết, nhờ vào khả năng linh hoạt và hiệu quả trong xử lý dữ liệu phức tạp. Tuy nhiên, để tối ưu hóa hiệu suất, cần tiếp tục nghiên cứu về tinh chỉnh tham số, tăng cường dữ liệu và phát triển kỹ thuật mới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. J. P. Lynch and K. J. Loh (2006), A summary review of wireless sensors and sensor networks for structural health monitoring, Shock and vibration digest, vol.38, no.2, pp.91-130.

[2]. B. F. Spencer, M. E. (Oct. 2004), Ruiz-Sandoval and N. Kurata, Smart sensing technology: opportunities and challenges, Struct. Control Health Monit., vol.11, no.4, pp.349-368, doi: 10.1002/stc.48.

[3]. H. Sohn et al. (2003), A review of structural health monitoring literature: 1996-2001, Los Alamos National Laboratory, USA, vol.1, no.16, pp.10-12989.

[4]. Y. Zhang, Y. Miyamori, S. Mikami and T. Saito (Sep., 2019), Vibration-based structural state identification by a 1-dimensional convolutional neural network, Computer aided Civil Eng, vol.34, no.9, pp.822-839, doi: 10.1111/mice.12447.

[5]. S. Sharma and S. Sen (Nov., 2020), One-dimensional convolutional neural network-based damage detection in structural joints, J Civil Struct Health Monit, vol.10, no.5, pp.1057-1072, doi: 10.1007/s13349-020-00434-z.

[6]. S. Sony, S. Gamage, A. Sadhu and J. Samarabandu (2022), Vibration-based multiclass damage detection and localization using long short-term memory networks, in Structures, Elsevier, pp.436-451, Accessed: Mar. 23, 2025; [Online]. Available: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352012421010493.

[7]. Y. Xu, X. Lu, B. Cetiner and E. Taciroglu (Apr., 2021), Real-time regional seismic damage assessment framework based on long short-term memory neural network, Computer aided Civil Eng, vol.36, no.4, pp.504-521, doi: 10.1111/mice.12628.

[8]. Hai D. M., "[RNN] LSTM là gì?," Hai's Blog. Accessed: Mar. 23, 2025. [Online]. Available: https://dominhhai.github.io/vi/2017/10/what-is-lstm/.

[9]. Quang Phong và Tiến Dũng, Hà Nội cấm nhiều loại xe qua cầu Chương Dương,

[10]. Dương Châu, Hà Nội: Lập dự án sửa chữa cầu Chương Dương.

[11]. L. Nguyen-Ngoc, Q. Nguyen-Huu, G. De Roeck (2024), T. Bui-Tien and M. Abdel-Wahab, Deep neural network and evolved optimization algorithm for damage assessment in a truss bridge, Mathematics, vol.12, no.15, p.2300.

■Ngày nhận bài: 06/3/2025 ■Ngày sửa bài: 24/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/4/2025

Thẩm định dự án với vai trò nâng cao vị thế của quyết định đầu tư xây dựng

Project appraisal as a role to enhance the position of construction investment decisions

> PGS.TS TRỊNH ĐÌNH TOÁN
Trường Đại học Thủy lợi
Email: trinhdinhtoan@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo phân tích vai trò của thẩm định dự án đối với quyết định đầu tư xây dựng (ĐTXD), tương quan giữa quyết định chủ trương đầu tư (CTĐT) so với quyết định ĐTXD, phân tích những tồn tại chủ yếu trong thẩm định dự án ĐTXD công trình giao thông, trên cơ sở đó đề xuất một số biện pháp nhằm nâng cao vị thế của quyết định ĐTXD thông qua thẩm định.

Từ khóa: Thẩm định dự án, quyết định đầu tư, quyết định chủ trương đầu tư, hiệu quả kinh tế, phân tích rủi ro.

ABSTRACT

This article analyzes the role of project appraisal in investment decisions in construction projects, the correlation between investment policy decisions and construction investment decisions, analyzes the main shortcomings in appraisal of investment projects in construction of transport works, on that basis, proposes a number of measures to enhance the position of construction investment decisions through appraisal.

Keywords: Project appraisal, investment decision, investment policy decision, economic efficiency, risk analysis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong tiến trình của một dự án ĐTXD thì quyết định đầu tư là đặc biệt quan trọng vì nó liên quan đến việc bỏ một lượng vốn lớn vào công trình. Để làm cơ sở cho việc ra quyết định ĐTXD và phê duyệt dự án, cần trải qua bước thẩm định nhằm kiểm tra thiết kế cơ sở (TKCS) và đánh giá các nội dung khác của báo cáo nghiên cứu khả thi (BCNCKT) như sự cần thiết, các yếu tố bảo đảm tính khả thi và hiệu quả đầu tư, phân tích rủi ro, phân tích hiệu quả tài chính cũng như hiệu quả kinh tế - xã hội (KT-XH) của dự án.

Trong hoạt động đầu tư công, thẩm định được yêu cầu trong các giai đoạn khác nhau của tiến trình dự án, gồm thẩm định để quyết định CTĐT, thẩm định để quyết định ĐTXD, thẩm định kế hoạch thực hiện, thẩm định nguồn vốn và khả năng cân đối vốn… Thẩm định là một yêu cầu pháp lý và là một công cụ quan trọng hỗ trợ việc đi đến quyết định có nên chấp thuận hay loại bỏ dự án. Thẩm định cung cấp các thông tin cốt yếu về ý nghĩa, tác động cũng như các yếu tố đảm bảo sự thành công của dự án, vì vậy nó giữ vai trò chủ đạo trong việc định hình quyết định ĐTXD. Tuy nhiên, một nghiên cứu của Ngân hàng Thế giới [1] cho thấy: So với quyết định CTĐT, quyết định ĐTXD và BCNCKT chưa có vị thế pháp lý phù hợp trong hệ thống quản lý đầu tư công ở Việt Nam. Do vai trò chi phối của quyết định CTĐT, người quyết định đầu tư gặp khó khăn khi loại bỏ một dự án đã được chấp thuận về mặt chủ trương, dẫn đến năng lực phản biện của thẩm định trong giai đoạn này bị suy giảm. Bên cạnh đó, còn tồn tại một số nguyên nhân khác dẫn đến thực tế là thẩm định chưa phát huy được vai trò nâng cao vị thế cho quyết định ĐTXD.

Bài báo phân tích vai trò của thẩm định dự án đối với quyết định ĐTXD, tương quan giữa quyết định CTĐT và quyết định ĐTXD, phân tích những tồn tại chủ yếu trong thẩm định dự án ĐTXD công trình giao thông, trên cơ sở đó đề xuất một số biện pháp nhằm nâng cao vị thế của quyết định ĐTXD thông qua thẩm định. Khái niệm "thẩm định" trong bài báo này chủ yếu đề cập đến thẩm định để ra quyết định dự án ĐTXD. Những ví dụ trong bài báo này chủ yếu đề cập đến các dự án ĐTXD công trình giao thông đường bộ ở Việt Nam trong những năm gần đây.

2. VAI TRÒ CỦA THẨM ĐỊNH DỰ ÁN ĐỐI VỚI QUYẾT ĐỊNH ĐTXD

Thẩm định dự án ĐTXD gồm thẩm định TKCS và các nội dung khác của BCNCKT ĐTXD. Về cơ bản, nội dung thẩm định gồm xem xét, đánh giá dự án trên các phương diện chủ yếu: Pháp lý, công nghệ - kỹ thuật, tài chính - kinh tế, tổ chức thực hiện và quản lý dự án. Theo Luật Đầu tư công [2] và Luật Xây dựng [3], quá trình thẩm định bao gồm đánh giá dự án về mục tiêu, quy mô, tổng mức đầu tư

(TMĐT), hiệu quả KT-XH và tác động môi trường.

Thẩm định dự án có vai trò quan trọng đối với quyết định ĐTXD, giúp đảm bảo tính khả thi, hiệu quả và tuân thủ pháp luật của dự án. Một dự án được thẩm định kỹ lưỡng sẽ giúp giảm thiểu rủi ro và tối ưu hóa nguồn lực đầu tư. Những vai trò chính của thẩm định dự án đối với quyết định ĐTXD bao gồm:

- Hỗ trợ việc ra quyết định đầu tư: Cung cấp thông tin chi tiết, khách quan giúp chủ đầu tư và cơ quan có thẩm quyền đưa ra quyết định chính xác, có căn cứ khoa học về đầu tư cho dự án.

- Đánh giá tính khả thi của dự án: Xác định dự án có thể thực hiện được hay không trên các khía cạnh kỹ thuật, tài chính, pháp lý và môi trường; đánh giá mức độ phù hợp với quy hoạch, chiến lược phát triển ngành, vùng và địa phương.

- Đảm bảo hiệu quả KT-XH: Phân tích hiệu quả kinh tế, khả năng hoàn vốn và những tác động KT - XH của dự án.

Thẩm định dự án ĐTXD được quy định trong các văn bản pháp lý chủ yếu như Luật Xây dựng số 50/2014/QH [3] (sửa đổi, bổ sung theo Luật số 62/2020/QH14) và Luật Đầu tư công số 58/2024/QH15 [2], được hướng dẫn thực hiện theo Nghị định số 175/2024/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều về quản lý hoạt động xây dựng [4] và Nghị định số 40/2020/NĐ-CP quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Đầu tư công [5]... Theo các văn bản trên, một dự án được chấp thuận phải đáp ứng điều kiện được chuẩn bị tốt, thẩm định kỹ lưỡng trước khi phê duyệt, đáp ứng mục tiêu đầu tư, đảm bảo tính khả thi và hiệu quả. Yêu cầu này phản ánh vai trò sàng lọc của thẩm định dự án đối với quyết định đầu tư nhằm loại bỏ những dự án không đảm bảo tiêu chuẩn và lựa chọn các dự án có hiệu quả KT-XH cao cho nền kinh tế quốc dân. Điều đó cho thấy những nỗ lực của Việt Nam trong việc cải thiện khung pháp lý trong quản lý và thẩm định dự án ĐTXD.

3. QUYẾT ĐỊNH CTĐT VÀ QUYẾT ĐỊNH ĐTXD

3.1. Tương quan giữa quyết định CTĐT và quyết định ĐTXD

Theo Luật Đầu tư công [2], các dự án ĐTXD quan trọng quốc gia và dự án nhóm A cần có quyết định CTĐT trước khi quyết định ĐTXD. CTĐT là quyết định của cấp có thẩm quyền về những nội dung chủ yếu của dự án đầu tư, làm căn cứ để phê duyệt quyết định ĐTXD. Điều kiện để chấp thuận CTĐT là dự án phải phù hợp với chiến lược phát triển KT-XH và quy hoạch có liên quan, còn điều kiện để ra quyết định ĐTXD là dự án phải phù hợp với chiến lược và quy hoạch phát triển cũng như CTĐT đã được thông qua, bên cạnh những ràng buộc khác. Mối quan hệ giữa quyết định CTĐT và quyết định ĐTXD có thể được xem xét trên các khía cạnh sau:

Về góc độ pháp lý và thẩm quyền: Quyết định CTĐT là quyết định mang tính định hướng, xác định sự cần thiết và cho phép triển khai dự án về mặt chủ trương. Quyết định CTĐT do cơ quan cấp cao có thẩm quyền (Quốc hội, Chính phủ hoặc UBND cấp tỉnh, tùy theo quy mô và loại dự án) phê duyệt. Quyết định ĐTXD cụ thể hóa CTĐT, bao gồm các nội dung chi tiết về quy mô, nguồn vốn, tiến độ và phương án thực hiện. Quyết định ĐTXD do chủ đầu tư hoặc cơ quan có thẩm quyền quyết định.

Về nội dung và phạm vi: Quyết định CTĐT tập trung vào sự cần thiết đầu tư, mức độ phù hợp với quy hoạch và chính sách phát triển, các mục tiêu tổng thể của dự án và nguồn lực thực hiện. Quyết định ĐTXD cụ thể hóa các vấn đề trên qua thiết kế, giải pháp kỹ thuật, phương án tài chính, kế hoạch triển khai chi tiết, quản lý rủi ro…

Về thứ tự và mối quan hệ: Quyết định CTĐT là bước trước, quyết định ĐTXD là bước sau. Khi một dự án được chấp thuận chủ trương, các bước tiếp theo mới có thể triển khai. Căn cứ vào chủ trương, nhà đầu tư lập BCNCKT rồi trình cấp có thẩm quyền thẩm định và phê duyệt quyết định ĐTXD.

Về tác động và hiệu lực: Quyết định CTĐT chỉ là sự chấp thuận sơ bộ, không đồng nghĩa với việc dự án sẽ chắc chắn triển khai. Quyết định ĐTXD mang tính ràng buộc cao hơn, làm cơ sở để thực hiện đầu tư, giải ngân, ký kết hợp đồng.

Như vậy, quyết định CTĐT và quyết định ĐTXD có mối quan hệ thứ bậc và kế thừa, trong đó quyết định CTĐT mang tính định hướng, còn quyết định ĐTXD cụ thể hóa CTĐT qua bước nghiên cứu khả thi với các thông số chi tiết về kỹ thuật, tài chính, kinh tế và lộ trình thực hiện ĐTXD.

3.2. Vị thế của quyết định ĐTXD so với quyết định CTĐT

Một điều cần chú ý là chủ trương ĐTXD được quyết định căn cứ vào báo cáo nghiên cứu tiền khả thi (BCNCTKT) [3], một tài liệu trình bày các nội dung nghiên cứu sơ bộ về sự cần thiết, tính khả thi và hiệu quả của việc ĐTXD. Trong NCTKT, sơ bộ TMĐT được xác định căn cứ vào thiết kế sơ bộ (TKSB), một thiết kế thể hiện những ý tưởng ban đầu về thiết kế xây dựng công trình, dựa trên dữ liệu sơ bộ. Trái lại, TKCS cho phép xác định TMĐT dựa trên dự toán chi tiết các bộ phận cấu thành nên công trình. Quyết định ĐTXD căn cứ vào BCNCKT và TKCS, những tài liệu cung cấp số liệu chi tiết, đầy đủ hơn nhiều so với BCNCTKT và TKSB. Vì vậy, mặc dù có vị thế pháp lý thấp hơn so với quyết định CTĐT, quyết định ĐTXD có nền tảng kỹ thuật và kinh tế thuyết phục hơn nhiều.

Vai trò và vị thế của quyết định ĐTXD và thẩm định dự án trong giai đoạn này phần nào được hiến định trong các văn bản pháp lý: Luật Đầu tư công [2] và Luật Xây dựng [3] cho phép điều chỉnh CTĐT khi có sự thay đổi về mục tiêu dự án, quy mô xây dựng, TMĐT hoặc khi chủ đầu tư chứng minh được là xuất hiện các yếu tố mang lại hiệu quả tài chính và hiệu quả KT - XH cao hơn khi điều chỉnh dự án. Thông qua việc để ngỏ khả năng điều chỉnh CTĐT qua thẩm định trước khi ra quyết định ĐTXD, về mặt lý luận các văn bản nêu trên dường như đã nâng tầm quan trọng cho quyết định ĐTXD, nhưng trên thực tế điều đó không có ảnh hưởng quyết định đến khả năng sàng lọc dự án qua thẩm định ở giai đoạn này. Một nghiên cứu của Ngân hàng Thế giới [1] cho thấy chỉ có rất ít dự án bị loại bỏ ở bước này. So với quyết định CTĐT, quyết định ĐTXD chưa có vị thế pháp lý phù hợp trong hệ thống quản lý đầu tư công ở Việt Nam.

Ví dụ về một dự án xây dựng đường cao tốc đang được triển khai gần đây, khi mới thông qua CTĐT [6], Quốc hội đã giao Chính phủ tổ chức thực hiện, quản lý và vận hành dự án, với sơ bộ TMĐT, cơ cấu vốn đầu tư trung hạn và tiến độ thực hiện. Căn cứ vào CTĐT, Chính phủ ban hành một nghị quyết [7] nhằm triển khai CTĐT trên, trong đó có chỉ định các pháp nhân chịu trách nhiệm tổ chức thực hiện, quản lý và khai thác vận hành dự án, định chế đấu thầu, triển khai các công việc liên quan đến bồi thường, tái định cư và bãi đổ thải… Như vậy, chỉ với việc thông qua CTĐT, dự án dường như đã bước một chân vào giai đoạn thực hiện, không để ngỏ khả năng điều chỉnh sau khâu thẩm định ở bước quyết định ĐTXD.

Vị thế chưa tương xứng của quyết định ĐTXD có thể được

giải thích một phần thông qua tương quan pháp lý và thẩm quyền cũng như mối quan hệ thứ bậc của quyết định CTĐT so với ĐTXD như phân tích ở trên. Tính chất phụ thuộc này thể hiện trên nhiều phương diện, nhưng rõ nét nhất ở sự ràng buộc về TMĐT: Luật Đầu tư công nghiêm cấm quyết định đầu tư vượt TMĐT trong CTĐT đã được cấp có thẩm quyền quyết định (Điều 17) và khi được cấp có thẩm quyền quyết định CTĐT, dự án sẽ được đưa vào kế hoạch đầu tư công trung hạn (Điều 55). Điều đó có nghĩa là chi phí của dự án (sơ bộ TMĐT) được xác định ứng với TKSB của giai đoạn NCTKT hình thành một ngưỡng tối đa không được vượt như đã quy định trong quyết định CTĐT. Tính cứng nhắc trong việc khống chế mức chi phí trần trong quyết định CTĐT vô hình trung ảnh hưởng tiêu cực đến hiệu quả hoạt động của các bước tiếp theo: Sau khi dự án được đưa vào kế hoạch đầu tư công trung hạn, trên cơ sở quyết định CTĐT, khó có thể loại bỏ dự án đó ra khỏi chương trình đầu tư, ngay cả khi thiếu tính thuyết phục về tính khả thi và hiệu quả của dự án [1]. Mặc dù luật cho phép điều chỉnh nhưng phải trải qua một quy trình rất chặt chẽ và phức tạp và phải được xem xét chấp thuận bởi cấp trên có thẩm quyền, làm nản lòng hầu hết các nhà đầu tư.

Lấy ví dụ với dự án xây dựng công trình đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025, dự án đã được Quốc hội thông qua CTĐT tại Nghị quyết số 44/2022/QH15 [6] với 12 dự án thành phần, trong đó mỗi dự án thành phần được xác định sơ bộ TMĐT, lập thành sơ bộ TMĐT của cả dự án là 146.990 tỷ đồng. Trên cơ sở hồ sơ BCNCKT, Cục Quản lý xây dựng (Bộ GTVT cũ) đã triển khai thẩm định dự án. Trong tổng số 12 dự án thành phần có 5 dự án tăng và 7 dự án giảm, tuy nhiên TMĐT của cả dự án sau thẩm định là 146.986 tỷ đồng [8-10], không vượt sơ bộ TMĐT ghi trong CTĐT. Như vậy, sơ bộ TMĐT được lập ở bước NCTKT và được phê duyệt trong quyết định CTĐT đã được dùng làm căn cứ cho quyết định đầu tư. Xét đến các yếu tố bất định của một dự án xây dựng giao thông đường bộ trải qua các bước khảo sát thu thập dữ liệu địa hình, địa chất, thủy văn, khối lượng bồi thường, hỗ trợ tái định cư trong khi lập BCNCKT, đến những thay đổi KT-XH mà một BCNCTKT khó có thể viễn kiến được trong giai đoạn nghiên cứu sơ bộ, sự xấp xỉ của TMĐT sau thẩm định so với sơ bộ TMĐT nên được hiểu là một sự trùng hợp ngẫu nhiên, một khả năng tiên lượng chính xác của quyết định CTĐT, hay là một thỏa hiệp nhằm ứng phó, xoay xở với mức trần đã cố định? Theo kinh nghiệm các nước, việc cố định mức đầu tư các dự án nên được thực hiện từng bước: Mức đầu tư dự án ở khâu CTĐT (sơ bộ TMĐT) chỉ mang tính dự kiến, được phê duyệt "về mặt nguyên tắc", phục vụ cho mục đích dự trù ngân sách, sau đó sẽ được phê duyệt và đưa vào ngân sách chính thức dựa trên dự toán chi tiết sau thẩm định ở bước BCNCKT [1]. Cách làm này củng cố tính linh hoạt trong lộ trình đầu tư, nâng tầm quan trọng của quyết định ĐTXD cùng khâu thẩm định ở giai đoạn này.

4. MỘT SỐ TỒN TẠI TRONG THẨM ĐỊNH DỰ ÁN ĐTXD

Việt Nam đã ban hành một số văn bản pháp lý gồm Luật, Nghị định và Thông tư [2-5] liên quan đến thẩm định dự án ĐTXD. Quy định về nội dung chi tiết của BCNCKT đề cập trong Luật Xây dựng và Luật Đầu tư công nhìn chung phù hợp với chuẩn mực quốc tế, trong đó bên cạnh việc đánh giá sự cần thiết, tính khả thi của dự án còn yêu cầu đánh giá hiệu quả KT-XH và các khía cạnh khác của dự án như rủi ro và tác động môi trường. Đây là những minh chứng cho thấy Việt Nam đã tiến gần hơn tới các thông lệ quốc tế trong quản lý dự án ĐTXD [1]. Tuy nhiên, trong thực hiện vẫn còn một số vấn đề bất cập.

Như trình bày ở trên, quyết định CTĐT có vai trò chi phối so với quyết định ĐTXD, đặc biệt là các dự án chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố chính trị, do vậy người ra quyết định ĐTXD gặp khó khăn khi loại bỏ hoặc điều chỉnh một dự án đã được chấp thuận CTĐT, dẫn đến năng lực phản biện của thẩm định bị suy giảm đáng kể, chức năng thẩm định với vai trò "người gác cổng" cho sàng lọc dự án không thể phát huy. Ý nghĩa thứ cấp của hệ quả này là các hoạt động thẩm định BCNCKT chưa quan tâm đúng mức đến các tiêu chí quan trọng như phân tích hiệu quả KT-XH, phân tích rủi ro và các yếu tố phát triển bền vững, ngoại trừ TKCS và dự toán kinh phí [1,8-10]. Để đảm bảo tính minh bạch, điều kiện tiên quyết là dự án phải được thẩm định trong một khuôn khổ pháp lý đầy đủ, kỹ thuật phù hợp, có hướng dẫn chi tiết về nội dung và phương pháp thực hiện. Để phát huy vai trò, thẩm định phải là một công cụ cốt yếu của hệ thống hỗ trợ việc ra quyết định đầu tư. Hệ thống này bản thân nó không tự ra quyết định mà cung cấp số liệu và phân tích để hình thành nên khả năng phối hợp giúp cho việc ra quyết định đầu tư [11]. Ý nghĩa quan trọng của quyết định đầu tư đòi hỏi thẩm định phải làm rõ và xác quyết những vấn đề trọng tâm của NCKT như tính khả thi và hiệu quả của dự án, bên cạnh những điều kiện để đảm bảo các thành tố này. Đặc biệt, hiệu quả về KT-XH phải được coi là một nội dung cốt yếu để ra quyết định ĐTXD [2, 3].

Việc phân tích hiệu quả kinh tế đầy đủ của một dự án thường được tiến hành với một vài giai đoạn, bao gồm NCTKT và NCKT - TKCS. Ở giai đoạn NCTKT, nghiên cứu sơ bộ về hiệu quả kinh tế của việc ĐTXD được thực hiện nhằm xác định sơ bộ TMĐT khi xem xét quyết định CTĐT và lập kế hoạch ngân sách. Trong giai đoạn NCKT-TKCS cần đánh giá chi tiết nhằm xác nhận sự cần thiết, mức độ khả thi và hiệu quả của dự án về mặt tài chính và KT-XH, làm cơ sở ra quyết định ĐTXD.

Phân tích hiệu quả kinh tế của một dự án về cơ bản bao gồm việc tiên lượng các chi phí và lợi ích kinh tế của dự án, dựa trên các dữ liệu dự báo. Một thử thách trong phân tích chi phí lợi ích là dữ liệu dự báo trong các vấn đề của dự án thường tiềm ẩn nhiều sai số do tính bất định cao, ảnh hưởng tiêu cực đến mục tiêu hoàn thành dự án, được gọi là các nhân tố rủi ro. Đặc biệt, các dự án ĐTXD giao thông thường tiềm ẩn nhiều bất định về kỹ thuật và kinh tế như sự thay đổi về tăng trưởng kinh tế vĩ mô, lưu lượng giao thông, doanh thu do thu phí, giá thành xây dựng, thời gian thi công, bên cạnh các nhân tố chính trị, pháp lý, xã hội, tài chính, môi trường… Các nhân tố này không thể nhận diện chính xác trong khi lập dự án, nhưng có thể xuất hiện ở giai đoạn thực hiện và khai thác, ảnh hưởng tiêu cực đến tiến độ, chất lượng và giá thành công trình, vì vậy chúng cần được phân tích, đánh giá để nhận biết mức độ thay đổi của các chỉ tiêu tài chính và kinh tế theo những thay đổi của các yếu tố đầu vào, từ đó đưa ra các các ứng xử thích hợp nhằm giảm thiểu tác động.

Phân tích rủi ro và phân tích độ nhạy trong đánh giá dự án giúp nhận diện các nhân tố có ảnh hưởng đáng kể đến hiệu quả

đầu tư, xác định độ vững vàng của nó trước những thay đổi tiềm năng của các biến số đầu vào. Đây là một phần của quá trình phân tích chi phí - lợi ích nhằm hỗ trợ cho quá trình ra quyết định đầu tư [11]. Phân tích rủi ro xác định bản chất, mức độ và tần suất các rủi ro. Phân tích độ nhạy nhận diện các biến số chủ yếu có ảnh hưởng nhất đến lợi ích ròng của dự án, đánh giá sự phụ thuộc của các chỉ tiêu hiệu quả kinh tế cơ bản trước những thay đổi tiềm năng của các đại lượng đầu vào chủ yếu như lưu lượng xe, giá thành xây dựng, thời gian thi công, suất chiết khấu…, thông qua đó đánh giá sự vững vàng của hiệu quả dự án trước các yếu tố bất định kể trên.

Với các dự án lớn và phức tạp, phân tích rủi ro và độ nhạy càng trở nên cần thiết trong thẩm định, đánh giá dự án vì những lý do sau: Quy mô lớn của dự án đồng nghĩa với TMĐT lớn, thời gian thi công dài, dòng tiền kém cân đối, các tác động xã hội và môi trường phức tạp, dự án dễ bị tổn thương. Để người quyết định đầu tư có đủ cơ sở và sự tự tin khi đưa ra quyết định cuối cùng, hệ thống hỗ trợ việc ra quyết định cần cung cấp và giải trình đầy đủ các dữ liệu liên quan, đặc biệt là các kết quả kỳ vọng của dự án. Tuy nhiên, quá trình thực hiện còn gặp trở ngại do khung pháp lý chưa đầy đủ, ngoại trừ một số văn bản pháp lý, chưa có hướng dẫn về các phương pháp phân tích hiệu quả kinh tế, đánh giá rủi ro, cũng như quy định các tiêu chí thẩm định cụ thể để đảm bảo việc thực hiện được đầy đủ và nhất quán. Do sự khác biệt trong cách diễn giải về yêu cầu phân tích trong phạm vi quy định thông thường trong các văn bản luật và dưới luật, cách tiếp cận chung và "an toàn" nhất là xem xét những vấn đề trên theo góc độ định tính [1, 12]. Đây là một trong những tồn tại căn bản trong thẩm định dự án ĐTXD.

Một vấn đề tồn tại khác liên quan đến năng lực thẩm định. Thẩm định kinh tế các dự án đòi hỏi kiến thức chuyên sâu về các phạm trù liên quan như giá ẩn, chi phí chuyển giao, các tác động ngoại ứng, các hiệu ứng phi thị trường…, vì vậy cần một đội ngũ chuyên gia hiểu biết thấu đáo về nền tảng lý thuyết của kinh tế vi mô, sự khác biệt giữa phân tích kinh tế và phân tích tài chính, mối liên hệ giữa đầu vào và đầu ra trong một môi trường tiềm ẩn nhiều bất định, đặc biệt là kinh nghiệm thẩm định các dự án lớn, có tính chất phức tạp như hạ tầng giao thông. Tuy vậy, không phải đơn vị nào trong ngành cũng đáp ứng được yêu cầu trên [1, 11]. Do thiếu chuyên môn, thẩm định kinh tế thường được ủy thác cho tư vấn thẩm tra, kết hợp lấy ý kiến của các đơn vị liên quan và ý kiến giải trình của chủ đầu tư [8-10] - những chủ thể không có điều kiện cũng như không có động lực nghiên cứu để đưa ra những kiến giải sâu sắc cho vấn đề. Kết quả là nhiều hiệu ứng kinh tế định lượng chỉ được biểu đạt bằng lời và những vấn đề quan trọng như phân tích rủi ro và độ nhạy chỉ được xử lý theo cách hoàn toàn định tính hoặc được đề cập một cách chiếu lệ trong các BCNCTKT và BCNCKT [1, 8-10, 12].

5. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Thẩm định là một bước quan trọng ở cuối giai đoạn lập dự án, một thời điểm cho phép có những lựa chọn linh hoạt các giải pháp khác nhau với chi phí điều chỉnh thấp nhất [1]. Thẩm định là một khâu then chốt đi đến quyết định đầu tư, tuy nhiên những nghiên cứu gần đây cho thấy trong quản lý đầu tư công ở Việt Nam, quyết định đầu tư chưa có vị thế pháp lý tương xứng so với quyết định CTĐT và vai trò của thẩm định dự án đối với quyết định đầu tư còn chưa rõ ràng [1, 12]. Để nâng cao chất lượng thẩm định, cần triển khai đồng bộ nhiều giải pháp từ cải cách thể chế, nâng cao năng lực chuyên môn đến ứng dụng công nghệ. Xin khuyến nghị một số biện pháp sau:

1) Nâng cao vị thế của quyết định đầu tư thông qua thể chế pháp lý lẫn thực tiễn, hiện thực hóa khả năng điều chỉnh quyết định CTĐT qua khâu thẩm định trước khi ra quyết định đầu tư.

2) Xây dựng bộ khung các tiêu chí cụ thể đảm bảo thẩm định BCNCKT một cách nhất quán, có hệ thống và minh bạch.

3) Thiết lập cơ chế giám sát, kiểm tra và trách nhiệm giải trình trong thẩm định; thẩm tra độc lập kết quả thẩm định các dự án quy mô lớn nhằm đảm bảo chất lượng và tính khách quan của báo cáo thẩm định.

4) Áp dụng các công cụ, kỹ thuật hiện đại để nâng cao tính chuyên nghiệp, sự nhất quán, chất lượng và hiệu quả của công tác thẩm định.

5) Nâng cao vai trò của phân tích hiệu quả kinh tế trong thẩm định dự án, bao gồm cả phân tích rủi ro và độ nhạy; xây dựng năng lực thẩm định và ban hành các hướng dẫn cụ thể để phân tích hiệu quả KT-XH được thực hiện nhất quán và chất lượng, trở thành công cụ mặc định hỗ trợ việc ra quyết định đầu tư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Ngân hàng Thế giới (2018), Quản lý đầu tư công tại Việt Nam.

[2]. Luật Đầu tư công số 58/2024/QH15.

[3]. Luật Xây dựng số 50/2014/QH, Luật số 62/2020/QH14 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng.

[4]. Nghị định số 175/2024/NĐ-CP quy định chi tiết một số điều và biện pháp thi hành Luật Xây dựng về quản lý hoạt động xây dựng.

[5]. Nghị định số 40/2020/NĐ-CP quy định chi tiết thi hành một số điều của Luật Đầu tư công.

[6]. Nghị quyết số 44/2022/QH15 về CTĐT Dự án xây dựng đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025.

[7]. Nghị quyết số 18/NQ-CP triển khai Nghị quyết số 44/2022/QH15.

[8]. 240/CQLXD-QLXD, Báo cáo thẩm định BCNCKT Dự án thành phần đoạn Hàm Nghi - Vũng Áng thuộc Dự án đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025.

[9]. 236/CQLXD-QLXD3, Báo cáo thẩm định BCNCKT Dự án thành phần đoạn Quy Nhơn - Chí Thạnh thuộc Dự án đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025.

[10]. 233/CQLXD-QLXD2, Báo cáo thẩm định BCNCKT Dự án thành phần đoạn Quảng Ngãi - Hoài Nhơn thuộc Dự án đường bộ cao tốc Bắc - Nam phía Đông giai đoạn 2021 - 2025.

[11]. Đào Văn Đông, Trịnh Đình Toán, Trương Thị Mỹ Thanh (2020), Đánh giá dự án ĐTXD công trình giao thông, Giáo trình cao học Trường Đại học Công nghệ GTVT, NXB. Khoa học tự nhiên và Công nghệ.

[12]. Trịnh Đình Toán (2024), Vị thế của quyết định ĐTXD và vai trò của thẩm định dự án, Tuyển tập Hội nghị khoa học thường niên năm 2024, ISBN: 978-604-82-8175-5.

■Ngày nhận bài: 28/3/2025 ■Ngày sửa bài: 16/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 28/4/2025

Lớp vật liệu đắp K98 bằng vật liệu gia cố tro bay - xi măng trong xây dựng công trình giao thông

Capping stabilized layer with fly ash and portland cement in transportation infrastructure construction

> PGS.TS NGUYỄN THANH SANG[1*], TS TRẦN NGỌC HUY[2], TS BÙI TUẤN ANH[3], TS THÁI MINH QUÂN[1]
[1]Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Giao thông vận tải; *Email: nguyenthanhsang@utc.edu.vn
[2]Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải
[3]Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT
Hiện nay, móng mặt đường K98 bằng vật liệu truyền thống là đất chọn lọc cho xây dựng đường tại khu vực phía Nam là rất khan hiếm. Nhiều công trình trọng điểm bị chậm tiến độ do không tìm ra được nguồn vật liệu thay thế cát sông và cấp phối đá dăm đạt yêu cầu để làm móng mặt đường. Để khắc phục điều đó, việc sử dụng cát đỏ, tro đáy thay thế cát sông và cấp phối đá dăm tạo ra các lớp móng cứng là một giải pháp tiềm năng. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo các thành phần cấp phối tro bay, tro đáy, cát đỏ tại một số địa phương ở khu vực miền phía Nam dùng để làm móng mặt đường ô tô. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các chỉ tiêu kỹ thuật như: Cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ và mô-đun đàn hồi đáp ứng các yêu cầu cần thiết theo tiêu chuẩn hiện hành để làm lớp subgrade của mặt đường. Hơn nữa, giải pháp sử dụng cát đỏ, tro đáy, tro bay có thể giảm chi phí xây dựng và cung cấp vật liệu kịp thời đảm bảo tiến độ xây dựng công trình.
Từ khóa: Tro đáy, tro bay, cát đỏ, móng mặt đường, xây dựng đường.

ABSTRACT
Currently, traditional pavement subgrade materials, such as selected soil used for road construction in the southern region. Many key infrastructure projects have been delayed because no suitable replacement materials for river sand and crushed stone aggregate could be found for pavement base construction. This article presents the results, utilizing red sand and bottom ash as substitutes for river sand and selected soil to form rigid subgrade layers is a promising solution. This paper presents the research findings on the composition of fly ash, bottom ash and red sand aggregates sourced from various locations in the southern region for use as pavement base materials. The research results indicate that key technical criteria, such as compressive strength, splitting tensile strength and elastic modulus, meet the necessary requirements of current standards for use in subgrade layers of pavements. Furthermore, the proposed solution of using red sand, bottom ash and fly ash can reduce construction costs and ensure timely material supply, helping maintain project schedules.
Keywords: Bottom ash, fly ash, red sand, pavement subgrade, road construction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay ở Việt Nam, khối lượng vật liệu cần thiết để làm lớp móng đường K98 là rất lớn khoảng 2 tỷ m^3. Vật liệu lớp móng đường K98 là vật liệu chọn lọc và hiện nay đang khan hiếm trong xây dựng đường. Trong khi đó, vật liệu chất thải công nghiệp tro bay, tro đáy còn tồn dư trữ lượng lớn theo số liệu tổng hợp từ các tập đoàn: EVN, PVN, TKV và các nhà máy nhiệt điện khác, hiện cả nước có 31 nhà máy nhiệt điện đốt than đang hoạt động. Năm 2024, tổng lượng tro, xỉ phát thải từ các nhà máy nhiệt điện trên cả nước khoảng hơn 19 triệu tấn, tăng hơn so với năm 2023 (năm 2023 là 18,07 triệu tấn). Lượng phát thải tập trung chủ yếu ở khu vực miền Bắc - hơn 12 triệu tấn, chiếm 66%; miền Trung gần 5 triệu tấn, chiếm 22,7% và miền Nam khoảng gần 2 triệu tấn, chiếm 11,3% tổng lượng thải. Lượng tro, xỉ phát thải từ 4 nhóm chủ đầu tư như sau: 12 nhà máy nhiệt điện của Tập đoàn Điện lực Việt Nam (EVN) là 7,6 triệu tấn, chiếm 39,3% tổng lượng phát thải của cả nước; 6 nhà máy của Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) là 2,7 triệu tấn, chiếm 14%; 3 nhà máy của Tập đoàn Dầu khí Việt Nam (PVN) là 2 triệu tấn, chiếm khoảng 10%; 10 nhà máy còn lại (BOT và các chủ đầu tư khác) phát thải khoảng 7 triệu tấn, chiếm 36,7% [1]. Khi đó, Thủ tướng Chính phủ đưa ra Chỉ thị 08/CT-TTg năm 2021 về việc triển khai các nhiệm vụ khoa học và công nghệ cấp tỉnh về nghiên cứu sử dụng tro, xỉ, thạch cao làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và sử dụng trong công trình xây dựng [2]. Trung tâm Nhiệt điện Vĩnh Tân nằm trên khu vực xã Vĩnh Tân, huyện Tuy Phong, tỉnh Bình Thuận, tổng thể có 5 nhà máy nhiệt điện, trong đó có 1 nhà máy nhiệt điện mở rộng, công suất của mỗi nhà máy là 1.200 MW và công suất của nhà máy mở rộng là 600 MW, như vậy tổng công suất của toàn khu nhiệt điện gần 5,4 GW. Lượng tro xỉ thải ra hàng ngày nếu tất cả các nhà máy cùng đưa vào hoạt động là khoảng 15.000 tấn/1 ngày cần thể tích chiếm dụng là 17.000 m^3 để chứa, lượng xả thải này là quá lớn. Hiện nay, bãi thải xỉ tính riêng của Nhà máy Vĩnh Tân 2 của khu Nhiệt điện Vĩnh Tân được đắp đê bao đến cốt cao độ là 27 m, trên diện tích khoảng 35 ha, cơ bản nay đã quá tải và sắp hết chỗ chứa. Các bãi

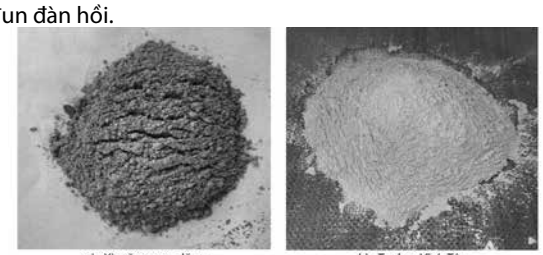
thải xỉ của các nhà máy khác đang xây dựng ở khu vực bên cạnh các nhà máy và cần một diện tích rất lớn (khoảng 100 ha).

Tro đáy, tro bay sản phẩm phụ của các nhà máy nhiệt điện cũng được sử dụng trong bê tông và móng đường. Mỹ sử dụng vật liệu gia cố tro bay vôi từ năm 1950 đến 1960, nay vẫn ổn định sau nhiều năm, và vật liệu tro xỉ gia cố bằng xi măng dùng cho các bãi đỗ xe và đường chịu tải trọng nặng. Trước năm 2000, các tiêu chuẩn các nước châu Âu như STAS 10473, năm 2002 xuất bản tiêu chuẩn chung châu Âu ENV 13282, năm 2004 nghiên cứu của Bin-Shafique và cộng sự bắt đầu kết hợp tro bay để làm lớp gia cố, 2010 tiêu chuẩn Ấn Độ IRC:SP:89 hướng dẫn vật liệu móng đường có tro bay [4], 2015 tiêu chuẩn Trung Quốc JTG/T F20 về móng cho đường bộ, EN 14227-4:2015 về móng đường tro bay. Vật liệu móng K98 không được từ vật liệu chọn lọc có thể tạo khối cứng bằng cách gia cố vôi hoặc xi măng nhất là khi sử dụng cốt liệu là tro xỉ. Theo đó, nghiên cứu kết hợp đồng thời tro bay, tro đáy, cát đỏ và xi măng làm lớp vật liệu móng mặt đường K98 là một hướng nghiên cứu tiềm năng để tận dụng nguồn vật liệu sẵn có, giảm chi phí xây dựng và bảo vệ môi trường.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lớp vật liệu gia cố xi măng làm móng mặt đường K98

Các vật liệu đầu vào như cốt liệu, tro đáy, tro bay, xi măng pooc-lăng như Hình 1 để chế tạo mẫu CBR tiêu chuẩn sử dụng trong các thí nghiệm đo chỉ tiêu cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ và mô-đun đàn hồi.



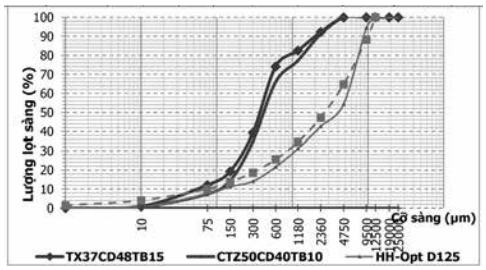
Hình 1. Vật liệu chế tạo lớp vật liệu K98 gia cố xi măng-tro bay

2.2. Thiết kế thành phần cấp phối các hỗn hợp vật liệu gia cố xi măng-tro bay

Dựa vào chỉ tiêu cơ lý, thành phần hạt của tro đáy, cát đỏ và chất kết dính xi măng, tro bay mà thành phần cấp phối theo tỉ lệ hợp lý theo Tiêu chuẩn TCVN 12792:2020 [8] đã thiết kế các cấp phối trình bày chi tiết trong Bảng 2. Nguyên tắc thiết kế như sau: Hỗn hợp coi là cốt liệu bao gồm tro đáy, cát nghiền tà zôn, đá 5 - 10 Tazon, cát đỏ, tro bay được coi là cốt liệu cho hỗn hợp, hỗn hợp cốt liệu được dựa vào nguyên lý tốt nhất của đường cong cấp phối Fuller đối với các cỡ hạt quy định đây gồm có cỡ hạt loại D4,57 mm và D12,5 mm tỷ lệ lựa chọn tối ưu cho từng cấp phối được thiết kế trong Bảng 2.

Bảng 2. Các cấp phối cho 1 m^3 vật liệu gia cố để làm lớp K98

Tên cấp phối	% XM	% Cát Tà Zôn	% Tro đáy	% Cát đỏ	% Đá 5-10 TZ	% Tro bay	KLTT CKD gia cố	CBR (chưa gia cố XM (%)	Độ ẩm tối ưu (%)
TX37CD48TB15	3	0	37	48	0	15	1.759	29,5	9,2
CTZ50CD40TB10	3	50	0	40	0	10	2.124	42,8	5,68
HH-OptD125	3	0	45	0	58	11	2.219	56,8	5,13



Hình 2. Cấp phối hỗn hợp cốt liệu lựa chọn tối ưu làm lớp K98

2.3. Chế bị mẫu để xác định các chỉ tiêu kỹ thuật vật liệu K98

Các mẫu chế tạo CBR thực hiện theo Tiêu chuẩn TCVN 12792:2020 [8] với tổng cộng 3 cấp phối đã tối ưu về thành phần hạt, các mẫu được bảo dưỡng theo đúng quy trình.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ của vật liệu gia cố làm lớp K98

Để đánh giá cường độ của lớp vật liệu gia cố xi măng và tro bay dùng giá trị cường độ đặc trưng theo công thức sau:

$$R_{đt} = R_{tb}(1-Z_{\alpha}*C_v) \quad (1)$$

Trong đó: $R_{đt}$ - Giá trị cường độ đặc trưng; R_{tb} - Cường độ trung bình của lô mẫu; Zα=1,645 ứng với xác suất đạt yêu cầu 95% áp dụng cho đường cao tốc, đường cấp I, Zα=1,282 ứng với xác suất đạt yêu cầu 90% áp dụng cho đường cấp II trở xuống. C_v - Hệ số biến động cường độ của lô mẫu thử nghiệm, hệ số biến động cường độ của vật liệu gia cố có thể lấy từ 10%~15%. Cường độ đặc trưng lớn hơn giá trị quy định trong tiêu chuẩn $R_{đt} \geq [R]$ ([R] - Giá trị cường độ quy định trong tiêu chuẩn hiện hành).

3.2. Cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ trên mẫu CBR tiêu chuẩn theo TCVN 8858:2023 [10] trình bày trong Bảng 3 và Hình 3, Hình 4 cho cấp phối cát đỏ-tro đáy gia cố xi măng. Trường hợp này vật liệu gia cố dùng riêng xi măng pooc-lăng được không dùng thêm tro bay.

Có hai loại cấp phối là cỡ hạt nhỏ từ 4,75 mm trở xuống bao gồm có hỗn hợp: Tro đáy nhiệt điện, cát đỏ và tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân (TX37CD48TB15); cát nghiền Tazon, cát đỏ và tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân (CTZ50CD40TB10) và HH-Opt D125 là hỗn hợp bao gồm đá 5-10, tro đáy nhiệt điện và tro bay nhiệt điện Vĩnh Tân. Các hỗn hợp được lựa chọn sao cho gần với đường cong Fuller nhất với từng cỡ hạt bằng phương pháp tính toán tối ưu tương tự như thiết kế cấp phối cho bê tông Asphalt; HH-Opt D125 thỏa mãn điều kiện cấp phối để làm lớp vật liệu móng kết cấu mặt đường. Các kết quả thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3, cường độ được đo là chịu nén, ép chẻ và mô-đun đàn hồi.

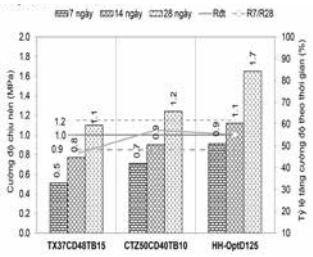
Bảng 3. Kết quả một số thử nghiệm của các hỗn hợp gia cố xi măng-tro bay

Tên cấp phối	R_{n7}	R_{n14}	R_{n28}	R_{ec7}	R_{ec14}	R_{nec28}	E_{28}	R_{n7}/R_{n28}	R_{ec7}/R_{ec28}
TX37CD48TB15	0,51	0,77	1,11	0,06	0,10	0,14	156	46	55
CTZ50CD40TB10	0,71	0,90	1,24	0,13	0,19	0,22	302	57	59
HH-OptD125	0,91	1,12	1,76	0,15	0,25	0,27	645	55	56

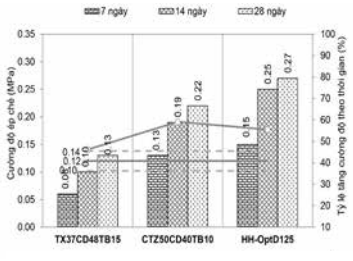
Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ trên mẫu CBR tiêu chuẩn theo TCVN 10186:2014 [10] trình bày trong Bảng 3 và Hình 3, Hình 4 cho cấp phối vật liệu làm móng mặt đường K98 gia cố xi măng và tro bay. Hệ chất kết dính thông

thường dùng cho gia cố tro bay là xi măng, tro bay Vĩnh Tân thuộc loại F, để tạo ra liên kết cho hỗn hợp cấp phối tối ưu về thành phần hạt của các vật liệu thải từ nhà máy nhiệt điện. Các kết quả cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ được xác định ở tuổi 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày theo TCVN quy định nhưng có xét đến ngày sớm là tuổi 7 ngày, tuổi 14 ngày dùng cho đánh giá tương tự như lớp cấp phối đá dăm gia cố xi măng, còn tuổi 28 ngày là tuổi dùng cho móng cát gia cố xi măng. Do trong hỗn hợp lượng tro bay lớn nhất là tro bay được xem là một phần cốt liệu của hỗn hợp vật liệu đắp K98, do đó tuổi đánh giá lấy là 28 ngày.

Giá trị cường độ đặc trưng ở công thức (1) dùng làm giá trị đánh giá đối với các vật liệu K98 gia cố xi măng và tro bay này, tương tự như bê tông xi măng, trong đó hệ số Zα=1,282 ứng với xác suất đạt yêu cầu 90% áp dụng cho đường cấp II trở xuống và biến động cường độ của vật liệu K98 lấy bằng 15%. Đây cũng là một điểm mới trong quan điểm đánh giá xác suất thống kê theo các tiêu chuẩn trên thế giới hiện nay, thay cho việc dùng các giá trị trung bình để so sánh đánh giá. Sau khi tính toán được giá trị trung bình từ lô mẫu sẽ tính toán được giá trị đặc trưng theo yêu cầu và so sánh với tiêu chuẩn.



Hình 3. Kết quả cường độ chịu nén của vật liệu lớp K98 gia cố xi măng ở các ngày tuổi



Hình 4. Kết quả cường độ ép chẻ của vật liệu lớp K98 gia cố xi măng ở các ngày tuổi

Cường độ chịu nén của các hỗn hợp vật liệu đắp nền K98 gia cố xi măng và tro bay đã được nghiên cứu ở trên với các tỷ lệ cốt liệu khác nhau. Với hỗn hợp vật liệu đắp nền K98 gia cố xi măng và tro bay ở mức cố định lựa chọn 3% cường độ chịu nén tăng theo tỷ lệ ngày tuổi và tỷ lệ xi măng gia cố đúng với quy luật của vật liệu cát gia cố xi măng. Theo cát gia cố làm lớp khác (có thể coi là lớp K98), TCVN 10186 là cường độ chịu nén $R_{n28đt}$≥ 1,0 MPa. Vậy để đạt được yêu cầu này thì lượng xi măng gia cố từ 6% trở lên theo nghiên cứu trước đây khi chưa xử lý về cấp phối tối ưu dùng cho làm đường, tương tự tiêu chuẩn Trung Quốc để làm lớp Base với tải trọng trung bình và cấp đường từ cấp II trở xuống thì cường độ chịu nén 7 ngày từ [3 MPa - 4 MPa], để đạt được giá trị này thì lượng xi măng gia cố cũng từ 6% trở lên. Cường độ ép chẻ của các hỗn hợp theo yêu cầu là $R_{ech28đt}$≥0,12 MPa tương ứng với lượng xi măng gia cố cũng từ 6% trở lên theo các nghiên cứu trước đây [9]. Như vậy, cường độ chịu nén đạt được với loại TX37CD48TB15, CTZ50CD40TB10 và HH-OptD125 lần lượt ở 28 ngày tuổi là 1,11 MPa, 1,24 MPa và 1,76 MPa đều lớn hơn theo yêu cầu của tiêu chuẩn cát gia cố xi măng là $R_{n28đt}$≥ 1,0 MPa; tương tự cường độ ép chẻ đạt được với loại TX37CD48TB15, CTZ50CD40TB10 và HH-OptD125 lần lượt ở 28 ngày tuổi là 0,14 MPa, 0,22 MPa và 0,27 MPa đều lớn hơn theo yêu cầu của tiêu chuẩn cát gia cố xi măng là $R_{ec28đt}$≥ 0,12 MPa.

3.3. Mô-đun đàn hồi

Kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ trên mẫu CBR tiêu chuẩn theo TCVN 10186:2014 [10], tuy nhiên trong quy định của tiêu chuẩn về yêu cầu của vật liệu móng gia cố chất kết dính vô cơ dùng làm lớp Base, Subbase lớp khác, tức là K98 trong xây dựng đường chủ yếu là cường độ chịu nén và ép chẻ ở các tuổi 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày. Còn mô-đun đàn hồi là giá trị quan trọng trong tính toán kết cấu áo đường được quy định trong 22TCN-211-06 quy định E cho lớp CTB đối với lớp móng dưới mọi trường hợp từ [400 MPa - 600 MPa], còn đối với lớp vật liệu K98 không quy định mô-đun đàn hồi, trong nghiên cứu này chọn ra các hỗn hợp tối ưu và đánh giá mô-đun đàn hồi ở 28 TX37CD48TB15, CTZ50CD40TB10 và HH-OptD125 lần lượt ở 28 ngày tuổi là 106 MPa, 302 MPa và 645 MPa, với mô-đun đàn hồi như vậy thì loại HH-OptD125 có thể làm lớp CTB.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu có thể đưa ra một số kết luận như sau:

- Hỗn hợp cốt liệu để làm lớp vật liệu đắp K98 khi sử dụng có tro bay nhiệt điện nên coi tro bay nhiệt điện là một thành phần cốt liệu nhỏ trong vật liệu đắp;

- Có thể chế tạo được vật liệu đắp K98 từ vật liệu không truyền thống như đất chọn lọc bằng cách sử dụng tổ hợp các hỗn hợp vật liệu thải bao gồm: Đá mi bụi, tro đáy nhiệt điện, tro bay nhiệt điện đạt được CBR để làm lớp móng mặt đường K98;

- Thi công hỗn hợp gồm 3 loại vật liệu thải đá mi bụi, tro đáy nhiệt điện, tro bay nhiệt điện nên dùng công nghệ trộn tại đường bằng các máy trộn sâu hoặc thùng trộn di động làm tương tự như bê tông đầm lăn đối với vật liệu đắp K98 này;

- Sử dụng phương pháp tối ưu hóa hỗn hợp cốt liệu cho vật liệu đắp K98 dễ dàng đạt được CBR yêu cầu cho lớp vật liệu K98 theo yêu cầu của tiêu chuẩn Pháp là 25%, do đó có thể dùng vật liệu hạt nhỏ D<4,75mm như cát đều có thể làm vật liệu đắp K98;

- Khi gia cố thành vật liệu liền khối làm lớp K98 với mức xi măng là rất ít 3% thì các hỗn hợp cốt liệu tối ưu đều đạt được cường độ chịu nén, cường độ ép chẻ để làm lớp móng mặt đường.

- Cần sớm tiến hành thử nghiệm đoạn đường hiện trường bằng vật liệu K98 gia cố đã nghiên cứu để có một đánh giá tổng quát hơn cũng như là công nghệ thi công như thế nào để thuận lợi trong kiểm soát chất lượng của vật liệu gia cố làm móng cứng hiện nay.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Xây dựng, Báo cáo số 27/BC-BXD ngày 18/02/2025 về việc kết quả triển khai thực hiện Chỉ thị số 08/CT-TTg năm 2021.

[2]. Thủ tướng Chính phủ, Chỉ thị số 08/CT-TTg ngày 26/3/2021 về việc đẩy mạnh xử lý, sử dụng tro, xỉ, thạch cao của các nhà máy nhiệt điện, hóa chất, phân bón làm nguyên liệu sản xuất vật liệu xây dựng và trong công trình xây dựng.

[3]. W. Gutt, R.J. Collins (1987), Sea-dredged aggregates in concrete, Build. Res. Establish Watford, UK (7).

[4]. IRC-SP-89-2010-Stabilized Pavements-Conventional Stabilizers, INDIAN ROADS CONGRESS Kama Koti Marg.

[5]. Văn. V. T. A., Nguyễn. V. P., Bùi. P. D., Hoàng. T. (2022), Vật liệu đắp nền đường và khả năng sử dụng cát nhiễm đỏ để đắp nền đường ô tô tại Việt Nam, Tạp chí Khoa học Công nghệ, Trường Đại học Kiến trúc, 45, tr.29-33.

[6]. Yang, Q.; Liu, Y.; Zou, H.; Wang, X.; Gong, G.; Cheng, Y.; Zhang, L.; Jiang Z. (2022), Experimental Application of Cement-Stabilized Pavement Base with Low-Grade Metamorphic Rock Aggregates, Buildings 2022, 12, 589, https://doi.org/10.3390/buildings12050589.

[7]. Gelu rawzvan gimiga, Silviu Cristian iriciuc and diana Nicoletedima (2022), Determination off the physical-Mechanical characteristics of non-cohesive sub-grade layers stabilized with Fly Ash (Part 1), Faculty of Civil Engineering and Building Services, Iaşi, Romania.

[8]. Tiêu chuẩn Quốc gia, Vật liệu nền, móng mặt đường - phương pháp xác định tỷ số CBR trong phòng thí nghiệm, TCVN 12792:2020, Việt Nam.

[9]. Tiêu chuẩn Quốc gia, Đất xây dựng-phương pháp xác định-khối lượng riêng trong phòng thí nghiệm, TCVN 4195:2012, Việt Nam.

[10]. Tiêu chuẩn Quốc gia, Móng cát gia cố xi măng trong kết cấu áo đường ô tô - thi công và nghiệm thu, TCVN 10186:2014, Việt Nam.

■Ngày nhận bài: 05/3/2025 ■Ngày sửa bài: 19/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 22/4/2025

Thực nghiệm phân tích và đánh giá dao động kết cấu cầu và ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu

An experimental investigation and assessment of structural vibrations in bridges and rail induced by train loads

> THS ĐỖ THỊ HẰNG*, NGÔ HOÀNG LONG, DƯƠNG MINH HIẾU, BÙI THỊ KIM DUNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: hangdo@utc.edu.vn

TÓM TẮT
Dao động của kết cấu cầu và ray dưới tác động của tải trọng đoàn tàu đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá độ bền, an toàn và hiệu suất vận hành của hạ tầng đường sắt. Nghiên cứu này thực hiện phân tích thực nghiệm nhằm so sánh đáp ứng dao động của kết cấu cầu và ray khi chịu tác động của đoàn tàu. Dữ liệu dao động được thu thập từ cả kết cấu nhịp và ray bằng hệ thống cảm biến gia tốc. Các thông số quan trọng như tần số dao động tự nhiên, biên độ dao động và đặc tính suy giảm dao động được phân tích để chỉ ra sự khác biệt trong phản ứng kết cấu. Kết quả cho thấy dao động của cầu có tần số thấp hơn nhưng biên độ lớn hơn, trong khi dao động của ray có tần số cao hơn do ảnh hưởng trực tiếp của tương tác bánh xe - ray. Nghiên cứu cũng đánh giá ảnh hưởng của tốc độ tàu, tải trọng trục và điều kiện kết cấu đến dao động tổng thể. Thông qua việc phân tích, đánh giá và so sánh kết quả thực nghiệm dao động của cầu và ray, nghiên cứu tạo tiền đề để đề xuất các giải pháp giảm dao động và tối ưu hóa kết cấu nhằm nâng cao tuổi thọ và độ an toàn của hệ thống cầu và ray.
Từ khóa: Dao động cầu, dao động ray, tải trọng tàu, phân tích thực nghiệm.

ABSTRACT
The vibration of bridge and rail structures under train loads plays an important role in assessing the durability, safety and operational performance of railway infrastructure. This study conducted an experimental analysis to compare the vibration response of bridge and rail structures under train loads. Vibration data were collected from both the span and rail structures using an accelerometer system. Important parameters such as natural frequency, amplitude and damping characteristics were analyzed to show the differences in structural responses. The results showed that the bridge vibration had a lower frequency but larger amplitude, while the rail vibration had a higher frequency due to the direct influence of wheel-rail interaction. The study also evaluated the effects of train speed, axle load and structural conditions on the overall vibration. Through analyzing, evaluating and comparing the experimental results of bridge and rail vibrations, the study creates a premise to propose solutions to reduce vibrations and optimize structures to improve the life and safety of the bridge and rail system.
Keywords: Bridge vibration, rail vibration, train load, experimental analysis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hệ thống giao thông đường sắt, kết cấu cầu và ray đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo khả năng vận hành an toàn, hiệu quả và bền vững của đoàn tàu. Khi tàu di chuyển qua cầu, tải trọng động từ bánh xe tác động trực tiếp lên ray, sau đó truyền qua tà vẹt và hệ dầm cầu, tạo ra các phản ứng dao động phức tạp trong toàn bộ hệ thống. Việc nghiên cứu và kiểm soát dao động của cầu và ray không chỉ giúp bảo vệ kết cấu công trình mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng chạy tàu và sự an toàn của hành khách. Nếu dao động vượt quá giới hạn cho phép có thể gây ra hư hỏng kết cấu, làm giảm tuổi thọ công trình và ảnh hưởng đến hiệu suất vận hành của đoàn tàu [1, 2].

Mặc dù cùng chịu tác động từ tải trọng đoàn tàu, nhưng dao động của cầu và ray có sự khác biệt rõ rệt về cơ chế và đặc điểm. Dao động cầu thường có tần số thấp, nằm trong khoảng từ 0,5 Hz đến 5 Hz, nhưng biên độ dao động lớn hơn do kết cấu cầu có kích thước lớn và chịu tải trọng phân bố trên một phạm vi rộng. Ngược lại, dao động của ray có tần số cao hơn, trong khoảng từ 20 Hz đến 200 Hz, nhưng biên độ nhỏ hơn do ray chịu tải trọng trực tiếp từ bánh xe tàu. Dao động cầu bị chi phối bởi các yếu tố như độ cứng kết cấu, chiều dài nhịp và điều kiện gối tựa, trong khi dao động ray chịu ảnh hưởng chủ yếu từ hệ thống liên kết ray - tà vẹt, nền đường và tương tác bánh xe - ray [3].

Nếu dao động của cầu và ray không được kiểm soát hiệu quả có thể dẫn đến nhiều vấn đề nghiêm trọng. Một trong những hiện tượng nguy hiểm nhất là cộng hưởng, xảy ra khi tần số dao động tự nhiên của cầu hoặc ray trùng với tần số kích thích từ tải trọng động của đoàn tàu, khiến dao động tăng đột biến và làm hư hại kết cấu.

Ngoài ra, dao động ray mạnh có thể làm mất ổn định nền đường, gây lún lệch hoặc làm hỏng liên kết ray - tà vẹt, ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn chạy tàu. Đối với cầu, tải trọng động có thể tạo ra ứng suất lớn tại các vị trí liên kết và gối cầu, dẫn đến nguy cơ nứt và suy giảm tuổi thọ công trình theo thời gian [4, 5].

Nhằm hiểu rõ hơn về đặc điểm dao động của cầu và ray trong hệ thống cầu đường sắt, nghiên cứu này tập trung vào việc đo đạc dao động thực tế trên cầu Thăng Long khi chịu tác động của đoàn tàu. Các dữ liệu thu thập sẽ được phân tích để so sánh sự khác biệt về tần số, biên độ và đặc tính suy giảm dao động giữa hai loại kết cấu. Đồng thời, nghiên cứu cũng đánh giá ảnh hưởng của tốc độ tàu, tải trọng trục và điều kiện nền đường đến dao động cầu và ray, từ đó đề xuất các giải pháp kiểm soát dao động nhằm nâng cao độ bền kết cấu và đảm bảo an toàn vận hành. Kết quả nghiên cứu không chỉ giúp tối ưu hóa thiết kế và bảo trì cầu đường sắt mà còn góp phần nâng cao chất lượng vận hành tàu, giảm chi phí bảo trì và kéo dài tuổi thọ công trình [6].

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ DAO ĐỘNG CẦU VÀ RAY DƯỚI TÁC DỤNG CỦA ĐOÀN TÀU

2.1. Dao động cầu dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu

Cầu đường sắt chịu tác động của tải trọng đoàn tàu dưới dạng tải trọng động, gây ra các dao động có biên độ và tần số khác nhau tùy thuộc vào đặc tính kết cấu cầu, đặc điểm đoàn tàu và điều kiện khai thác. Khi tàu di chuyển trên cầu, tải trọng của nó không chỉ tác động theo phương thẳng đứng mà còn tạo ra tải trọng ngang và tải trọng dọc do hiệu ứng quán tính và rung động từ bánh xe.

Dao động của cầu có thể được mô hình hóa bằng phương trình vi phân chuyển động dựa trên lý thuyết dao động của dầm chịu tải động. Nếu coi cầu là một dầm đơn giản có khối lượng phân bố đều và chịu tải trọng động từ các trục bánh xe của đoàn tàu, phương trình dao động của cầu có dạng tổng quát:

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = F(t) \quad (1)$$

Trong đó: m - Khối lượng kết cấu cầu trên một đơn vị chiều dài; *c* - Hệ số cản của cầu; *k* - Độ cứng kết cấu của cầu; *y* - Chuyển vị của cầu tại một điểm bất kỳ; *F(t)* - Tải trọng động từ đoàn tàu, thường được biểu diễn dưới dạng một chuỗi tải trọng di động.

Tần số dao động riêng của cầu có thể được tính theo công thức:

$$f_n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad (2)$$

Trong đó: f_n - Tần số dao động tự nhiên của cầu. Tần số này phụ thuộc vào độ cứng của kết cấu cầu, khối lượng bản thân cầu và các điều kiện biên. Nếu tần số dao động của cầu trùng với tần số kích thích từ tải trọng đoàn tàu, có thể xảy ra hiện tượng cộng hưởng, làm tăng biên độ dao động và ảnh hưởng đến độ bền kết cấu.

2.2. Dao động ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu

Ray đường sắt là phần kết cấu chịu tác động trực tiếp từ bánh xe đoàn tàu và truyền tải trọng xuống hệ thống tà vẹt, đá ballast hoặc dầm cầu. Dao động của ray có đặc điểm khác với dao động của cầu do kích thước nhỏ hơn, độ cứng cao hơn và chịu tải trọng tập trung từ bánh xe.

Mô hình phổ biến để mô phỏng dao động của ray là mô hình dầm trên nền đàn hồi Pasternak hoặc mô hình dầm Euler-Bernoulli trên nền đàn hồi Winkler. Trong mô hình này, ray được coi như một dầm liên tục trên nền đàn hồi với phương trình dao động tổng quát:

$$EI\frac{d^4y}{dx^4} + k_r y + m_r \ddot{y} = P(t) \quad (3)$$

Trong đó: EI - Độ cứng uốn của ray; k_r - Độ cứng của nền đường ray (bao gồm liên kết ray - tà vẹt - ballast); m_r - Khối lượng đơn vị chiều dài của ray; P(t) - Lực tác động từ bánh xe lên ray, phụ thuộc vào điều kiện tiếp xúc bánh xe - ray.

Dao động của ray có tần số cao hơn dao động của cầu do kích thước nhỏ và độ cứng lớn. Biên độ dao động của ray cũng bị ảnh hưởng bởi điều kiện tiếp xúc giữa bánh xe và ray. Các yếu tố như độ mòn bánh xe, hư hỏng mặt ray hoặc điều kiện liên kết ray - tà vẹt có thể làm tăng cường độ rung động và ảnh hưởng đến chất lượng chạy tàu.

Tốc độ tàu là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến dao động của cả cầu và ray. Khi tốc độ tàu tăng, tải trọng động tác động lên cầu và ray có thể trở nên lớn hơn do ảnh hưởng của lực quán tính và tải trọng xung kích. Đặc biệt, nếu tốc độ tàu trùng với tốc độ lan truyền sóng dao động trong cầu hoặc ray có thể xuất hiện hiệu ứng cộng hưởng động, làm tăng đáng kể biên độ dao động và gây nguy hiểm cho kết cấu.

Ngoài tốc độ tàu, điều kiện kết cấu của cầu và hệ thống đường ray cũng ảnh hưởng đến đặc điểm dao động. Các cầu có nhịp dài thường có tần số dao động thấp hơn, trong khi các cầu thép hoặc cầu dầm hộp có thể có dao động phức tạp hơn do cấu trúc đa phần tử. Đối với ray, sự xuống cấp của nền đường, tình trạng liên kết ray - tà vẹt và độ mòn bánh xe có thể làm tăng mức độ rung động, ảnh hưởng đến chất lượng vận hành của đoàn tàu.

3. THỰC NGHIỆM ĐO ĐẠC VÀ PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG KẾT CẤU CẦU VÀ RAY

3.1. Giới thiệu công trình cầu



a) b)

Hình 1. Cầu Thăng Long [7]

Trong nghiên cứu này, cầu Thăng Long - một cây cầu đặc biệt sẽ được sử dụng để nghiên cứu thực nghiệm. Cầu Thăng Long được thiết kế để khai thác giao thông đường bộ và đường sắt, tạo nên nét kiến trúc độc đáo. Cầu gồm hai tầng: Tầng trên dành riêng cho phương tiện đường bộ, trong khi tầng dưới được thiết kế cho tàu hỏa có khổ đường ray 1.000 mm và 1.435 mm. Các dầm công-xôn được lắp đặt ở cả hai bên tầng dưới để cho phép các phương tiện thô sơ và xe máy đi qua cầu.

Cầu giàn thép Thăng Long gồm 15 nhịp chia thành 5 mô-đun, mỗi mô-đun có ba nhịp giàn thép liên tục. Cầu được thiết kế theo Tiêu chuẩn 18-79TCN của Việt Nam. Tải trọng hoạt động của cầu là T24 cho tàu hỏa và H30-XB80 cho xe cộ. Cầu đã trải qua hai lần sửa chữa lớn và đã được nâng cấp để đáp ứng tiêu chuẩn tải trọng thiết kế mới - HL93. Các thành phần giàn được làm bằng thép hợp kim và có mặt cắt ngang hình hộp. Các thành phần giàn trên và dưới có chiều cao lên tới 800 mm, trong khi các thành phần dọc và chéo là 600 mm. Theo chiều ngang, các thanh giằng chéo được lắp đặt cách nhau 3,6 m để tăng cường độ cứng tổng thể của cầu. Hệ thống giằng gió trên và dưới cũng được thiết kế bằng thép hình chữ I để chống lại chuyển động ngang và tăng độ cứng của cầu.

3.2. Thực nghiệm đo đạc dao động kết cấu cầu, ray

Để nghiên cứu và đánh giá dao động của kết cấu cầu và ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu, các thí nghiệm đo đạc đã được thực hiện trên cầu Thăng Long bằng cách sử dụng các cảm biến gia tốc PCB lắp đặt trên kết cấu nhịp cầu và ray. Cảm biến gia tốc PCB là loại cảm biến gia tốc có độ nhạy cao, cho phép ghi nhận chính xác các dao động của cầu và ray trong quá trình tàu di chuyển. Đoàn tàu thử nghiệm là đoàn tàu hàng D19E-979 gồm 6 trục, mỗi trục 13,5 T và đoàn toa với trọng lượng 4,2 T/m.

Các cảm biến gia tốc PCB được lắp đặt trên các nhịp cầu để đo đạc các dao động của kết cấu cầu khi tàu chạy qua. Vị trí lắp đặt

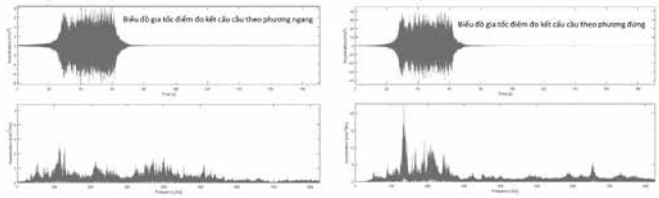
được chọn ở các vị trí gần với vị trí đo ray. Các cảm biến này đo được các gia tốc theo ba phương (x, y, z), giúp ghi nhận đầy đủ các dao động theo chiều dọc, ngang và xoay của cầu. Đồng thời, các cảm biến gia tốc PCB cũng được lắp đặt trên hệ thống ray, gần các vị trí tiếp xúc với bánh xe của tàu để đo đạc dao động của ray. Việc lắp đặt cảm biến trên ray giúp theo dõi sự thay đổi của các tín hiệu dao động dưới tác dụng của tải trọng động từ bánh xe tàu, đồng thời đo đạc các yếu tố như độ ổn định và độ mòn của ray theo thời gian. Cảm biến gia tốc trên ray có thể ghi lại các dao động có tần số cao, giúp phân tích tác động của lực động lên hệ thống đường sắt. Các cảm biến gia tốc PCB ghi lại tín hiệu dao động theo thời gian, sau đó tín hiệu này được chuyển đổi thành các dữ liệu số qua hệ thống thu thập dữ liệu. Các dữ liệu thu thập sẽ bao gồm các thông số như tần số dao động, biên độ và thời gian dao động, từ đó phục vụ cho việc phân tích và so sánh dao động giữa cầu và ray.



Hình 2. Thực nghiệm đo đạc dao động cầu và ray tại cầu Thăng Long

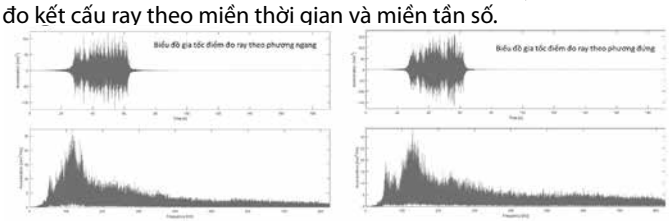
3.3. Phân tích và đánh giá kết quả

Sau khi thu thập dữ liệu từ các cảm biến gia tốc PCB được lắp đặt trên kết cấu nhịp cầu và ray của cầu Thăng Long, quá trình phân tích và đánh giá kết quả là bước quan trọng để hiểu rõ hơn về dao động của hệ thống cầu và ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu. Các dữ liệu thu được từ cảm biến sẽ được xử lý để tính toán các thông số dao động như tần số, biên độ và đặc tính của dao động theo các phương. Hình 3 thể hiện kết quả gia tốc, vận tốc và chuyển vị tại điểm đo kết cấu cầu theo miền thời gian và miền tần số.



Hình 3. Kết quả phân tích dao động tại điểm đo kết cấu cầu

Hình 4 thể hiện kết quả gia tốc, vận tốc và chuyển vị tại điểm đo kết cấu ray theo miền thời gian và miền tần số.



Hình 4. Kết quả phân tích dao động tại điểm đo kết cấu ray

Kết quả phân tích dao động cho thấy, khi tàu chạy qua cầu Thăng Long, dao động của cầu và ray có những đặc điểm khác nhau về tần số và biên độ. Dao động của kết cấu cầu có biên độ lớn hơn và tần số dao động thấp hơn, dao động chủ yếu nằm trong phạm vi từ 0,5 Hz đến 5 Hz. Tần số dao động này phản ánh sự dao động của các nhịp cầu lớn dưới tác động của tải trọng động từ đoàn tàu. Biên độ dao động tại các điểm gần gối cầu và các điểm giữa các nhịp là lớn hơn so với các điểm xa gối, do sự phân bố không đồng đều của tải trọng và đặc tính kết cấu của cầu. Dao động của ray có tần số cao hơn nhiều so với dao động cầu, thường dao động trong phạm vi từ 20 Hz đến 100 Hz. Dao động của ray chủ yếu là dao động dọc và ngang, do ảnh hưởng trực tiếp của tải trọng bánh xe. Biên độ dao động của ray nhỏ hơn so với cầu, nhưng tần số dao động của nó lại cao hơn rất nhiều, phản ánh sự tương tác mạnh mẽ giữa bánh xe tàu và bề mặt ray.

Phân tích kết quả cho thấy tần số dao động của cầu thấp hơn tần số dao động của ray. Điều này là do cầu có kết cấu lớn hơn và chịu tải trọng động tác động lên diện tích lớn hơn, dẫn đến tần số dao động thấp hơn. Trong khi đó, ray có kết cấu nhỏ hơn và chịu tải trọng tập trung từ bánh xe, vì vậy dao động của ray có tần số cao hơn nhiều. Biên độ dao động của cầu có xu hướng lớn hơn so với biên độ dao động của ray. Điều này là do kết cấu cầu có khối lượng lớn và diện tích chịu tải rộng, đồng thời dao động của cầu ảnh hưởng từ tải trọng tổng thể của đoàn tàu, tạo ra các biến động lớn hơn. Ngược lại, dao động của ray tuy có tần số cao nhưng biên độ nhỏ hơn, vì tải trọng động của đoàn tàu tập trung vào các bánh xe tiếp xúc với ray.

Một trong những kết quả đáng chú ý là sự tương tác giữa dao động của cầu và ray. Tải trọng động từ tàu có ảnh hưởng đồng thời đến cả cầu và ray, tuy nhiên độ lệch pha giữa các dao động của cầu và ray đã được ghi nhận trong quá trình thí nghiệm. Điều này cho thấy rằng, mặc dù chúng chịu tác động từ cùng một tải trọng nhưng dao động của cầu và dao động của ray có thể không đồng pha, tạo ra các hiệu ứng cộng hưởng hoặc tác động không đồng nhất giữa các bộ phận của hệ thống cầu - ray.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã thực hiện phân tích thực nghiệm về dao động của kết cấu cầu và ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu, với dữ liệu thu thập từ hệ thống cảm biến gia tốc lắp đặt trên cầu Thăng Long. Kết quả cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa dao động của cầu và dao động của ray: Cầu có tần số dao động thấp nhưng biên độ dao động lớn, trong khi ray có tần số dao động cao hơn nhưng biên độ nhỏ hơn. Sự khác biệt này xuất phát từ đặc điểm kết cấu và cơ chế chịu tải của hai loại kết cấu.

Kết quả phân tích và đánh giá dao động cầu và ray dưới tác dụng của tải trọng đoàn tàu cho thấy dao động của cầu và ray có những đặc điểm riêng biệt về tần số và biên độ. Việc theo dõi và đánh giá dao động này là rất quan trọng để đảm bảo tính ổn định và an toàn của kết cấu cầu và hệ thống đường sắt. Các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào việc giảm thiểu tác động của dao động động lực học, đặc biệt là trong các tình huống cộng hưởng, để bảo vệ kết cấu và nâng cao tuổi thọ của công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Hòa, P. D., HùngT. V., Thắng, P. B., & Hằng, N. T. N. (2021), Nghiên cứu phân tích động lực học của kết cấu cầu đường sắt cao tốc, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội, doi: https://doi.org/10.31814/stce.huce(nuce)2021-15(7V)-01.

[2]. Lê Văn Vũ và cộng sự (2023), Xây dựng mô hình động lực học kết hợp tàu - ray dựa trên thực nghiệm phản ứng động của kết cấu ray thuộc tuyến đường sắt đô thị, Tạp chí Khoa học GTVT, doi: 10.47869/tcsj.74.9.5.

[3]. L.R. Ticona Melo và các cộng sự (2020), Dynamic analysis of the train-bridge system considering the non-linear behaviour of the track-deck interface, Engineering Structures, doi: https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2020.110980.

[4]. Heiland, T., Stempniewski, L., & Stark, A. (2024), The Dynamic Characteristics of Railway Portal Frame Bridges: A Comparison between Measurements and Calculations, Applied Sciences.

[5]. N. T. C. Nhung, L. V. Vu, H. Q. Nguyen, D. T. Huyen, D. B. Nguyen and M. T. Quang (2023), Development and Application of Linear Variable Differential Transformer (LVDT) Sensors for the Structural Health Monitoring of an Urban Railway Bridge in Vietnam, Eng. Technol. Appl. Sci. Res., vol.13, doi: https://doi.org/10.48084/etasr.6192.

[6]. Nguyen Thi Cam Nhung, Tran Quang Minh, José C Matos, Hélder S Sousa (2021), Research and application of indirect monitoring methods for transport infrastructures to monitor and evaluate structural health.

[7]. Le Khanh (2023), Hà Nội: Chiêm ngưỡng cầu Thăng Long bắc qua sông Hồng sau gần 40 năm hoạt động, Báo Đại đoàn kết - Cơ quan Trung ương của MTTQ Việt Nam, doi: https://daidoanket.vn/ha-noi-chiem-nguong-cau-thang-long-bac-qua-song-hong-sau-gan-40-nam-hoat-dong-10258684.html.

■Ngày nhận bài: 18/3/2025 ■Ngày sửa bài: 02/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 16/4/2025

Nghiên cứu đánh giá vùng "lưỡng nan" tại nút giao thông có đèn tín hiệu sử dụng dữ liệu giao thông thực tế ở Hà Nội

An evaluation of the dilemma zone at signalized intersections using empirical traffic data in Hanoi

> TS ĐẶNG MINH TÂN*, PGS.TS ĐỖ QUỐC CƯỜNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: tandang@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung vào việc đánh giá và phân tích vùng "lưỡng nan" tại nút giao thông có đèn tín hiệu ở Hà Nội, sử dụng dữ liệu khảo sát tốc độ thực tế của các phương tiện giao thông trên một số tuyến đường ở Hà Nội. Vùng "lưỡng nan" là khu vực mà người lái xe gặp khó khăn trong việc quyết định dừng lại hay tiếp tục di chuyển khi đèn tín hiệu chuyển vàng, dẫn đến nguy cơ vượt đèn đỏ hoặc dừng đột ngột. Kết quả nghiên cứu cho thấy tốc độ xe chạy cao hơn dẫn đến vùng "lưỡng nan" rộng hơn, đặc biệt đối với xe máy và tại các tuyến đường đô thị có bề rộng lớn. Giảm thiểu vùng "lưỡng nan" tại nút giao tín hiệu có thể đạt được thông qua các chiến lược như quản lý tốc độ, kéo dài thời gian đèn vàng, ứng dụng hệ thống điều khiển tín hiệu thích ứng và sử dụng đồng hồ đếm ngược.

Từ khóa: Vùng "lưỡng nan", nút giao thông có đèn tín hiệu, an toàn giao thông, vượt đèn đỏ, dữ liệu giao thông thực nghiệm.

ABSTRACT

This study focuses on evaluating and analyzing the "dilemma zone" at signalized intersections in Hanoi, using real-world speed survey data of vehicles on several roads in Hanoi. The dilemma zone is the area where drivers struggle to decide whether to stop or continue moving when the traffic light turns yellow, leading to the risk of running red lights. The research results show that higher vehicle speeds result in a wider dilemma zone, especially for motorcycles and on urban streets with large width. Minimizing the dilemma zone at signalized intersections can be achieved through strategies such as speed management, extending yellow duration, implementing adaptive signal control systems, and countdown timers.

Keywords: Dilemma zone, signalized intersections, traffic safety, red-light running, empirical traffic data.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các nút giao thông có đèn tín hiệu là yếu tố then chốt trong việc điều tiết giao thông và đảm bảo an toàn cho người tham gia giao thông. Tuy nhiên, tình trạng xung đột giao thông, ùn tắc và tai nạn vẫn diễn ra phổ biến tại nhiều nút giao thông có đèn tín hiệu, đặc biệt là trong giai đoạn chuyển pha đèn. Việc vượt đèn đỏ trong thời gian này tiềm ẩn nguy cơ va chạm nghiêm trọng với các phương tiện từ hướng khác.

Mặc dù Nghị định 168/2024/NĐ-CP [1] gần đây đã tăng mức phạt và góp phần nâng cao ý thức giao thông, tình trạng vượt đèn đỏ vẫn chưa được giải quyết triệt để. Nguyên nhân của vấn đề này không chỉ xuất phát từ ý thức người tham gia giao thông mà còn liên quan đến nhiều yếu tố phức tạp khác như điều kiện giao thông, thiết kế nút giao, hệ thống đèn tín hiệu, điều kiện thời tiết, biện pháp răn đe và các yếu tố hỗn hợp [2, 3, 4, 5, 6]. Để đưa ra giải pháp toàn diện và bền vững, cần thiết phải có những nghiên cứu khoa học chuyên sâu và đa chiều.

Một khái niệm quan trọng trong nghiên cứu về tình trạng vượt đèn đỏ là vùng "lưỡng nan" (Dilemma zone). Vùng "lưỡng nan" là đoạn đường trước nút giao thông mà người lái xe gặp khó khăn trong việc quyết định dừng lại hay tiếp tục đi khi đèn tín hiệu bắt đầu thời điểm đèn vàng (Hình 1). Nếu không được xử lý đúng cách, có thể dẫn đến tình trạng vượt đèn đỏ hoặc dừng đột ngột, gây ra nguy cơ tai nạn giao thông. Mặc dù khái niệm này đã được nghiên cứu rộng rãi trên thế giới, nhưng hiện ít được quan tâm ở Việt Nam.

Nghiên cứu về vùng "lưỡng nan" đóng vai trò quan trọng trong việc thiết kế và tổ chức giao thông. Nhận thức được tầm quan trọng của vấn đề này, nghiên cứu này sử dụng dữ liệu khảo sát tốc độ thực tế tại Hà Nội để tính toán và đánh giá vùng "lưỡng nan". Dựa trên kết quả phân tích, nghiên cứu sẽ đề xuất các giải pháp nhằm nâng cao ATGT tại các nút giao thông có đèn tín hiệu.

2. XÁC ĐỊNH VÙNG "LƯỠNG NAN" VÀ MỘT SỐ NGHIÊN CỨU TRƯỚC ĐÂY VỀ VÙNG "LƯỠNG NAN"

Để xác định vùng "lưỡng nan", có nhiều phương pháp như tính toán giải tích, phương pháp thực nghiệm và mô phỏng. Phương pháp giải tích là phương pháp cơ bản phổ biến, sử dụng các công thức để tính toán vùng "lưỡng nan" dựa trên tốc độ xe, thời gian

phản ứng và gia tốc, thời gian đèn vàng... Để tính toán vùng "lưỡng nan", có thể áp dụng các công thức (1), (2) và (3), vận dụng theo nghiên cứu của Gazis và các đồng nghiệp [7].

$$d_{stop} = v \times t_r + \frac{v^2}{2 \times a} \quad (1)$$

$$d_{go} = v \times t_y \quad (2)$$

$$l_d = d_{stop} - d_{go} \quad (3)$$

Trong đó:

d_{stop} - Khoảng cách tối thiểu để phương tiện có thể dừng lại an toàn (m);

d_{go} - Khoảng cách tối đa phương tiện có thể đi vào nút giao thông trước khi đèn tín hiệu chuyển đỏ (m). Giả thiết khi phương tiện đi vào nút với vận tốc không đổi. Khi đi hết quãng đường d_{go}, bánh trước của xe đã cán qua vạch dừng ngay trước khi đèn chuyển đỏ;

l_d - Chiều dài vùng lưỡng nan (m);

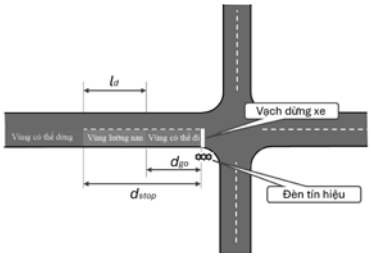
v - Tốc độ xe chạy khi di chuyển vào nút giao thông tại thời điểm đèn tín hiệu chuyển sang màu vàng (m/s);

t_r - Thời gian phản ứng tâm lý (s);

t_y - Thời gian đèn vàng (s);

a - Gia tốc xe có thể dừng lại một cách an toàn (m/s^2).

Chú ý: Các công thức tính toán được sử dụng trong nghiên cứu này áp dụng cho các nút giao thông không có đồng hồ đếm ngược thời gian đèn tín hiệu. Khi có đồng hồ đếm ngược, người lái xe có thể điều chỉnh tốc độ và quyết định của mình dựa trên thời gian còn lại, do đó các công thức này không còn chính xác. Trong công thức (2), giả thiết xe chạy qua nút với tốc độ không đổi (gia tốc bằng 0).



Hình 1. Minh họa vùng "lưỡng nan" và cách xác định chiều dài vùng "lưỡng nan" (l_d)

Có nhiều nghiên cứu trước đây trên thế giới về vùng "lưỡng nan". Chẳng hạn, nghiên cứu của Gazis và các đồng nghiệp [7] đã xây dựng mô hình toán học đầu tiên về hiện tượng này, trong khi Sheffi và Mahmassani [8] tập trung phân tích hành vi của tài xế khi tiếp cận nút giao có đèn tín hiệu. Nghiên cứu của Elmitiny và cộng sự [9] cho thấy khoảng cách đến nút giao, tốc độ xe chạy và vị trí trong dòng xe là các yếu tố chính ảnh hưởng đến quyết định dừng/tiếp tục và vi phạm đèn đỏ. Liu và các đồng nghiệp [10] đề xuất giải pháp điều chỉnh thời gian đèn vàng để giảm thiểu rủi ro. Papaioannou [11] cho thấy rằng có đến 62% các phương tiện tăng tốc trong thời gian đèn vàng. Việc áp dụng những giải pháp hiện đại như hệ thống điều chỉnh đèn vàng thông minh [12] đã góp phần mang lại hiệu quả giảm thiểu vùng "lưỡng nan". Thêm vào đó, Suzuki và Ishikura [13] đã chứng minh rằng đồng hồ đếm ngược có thể làm giảm đáng khả năng phải đối mặt với tình huống "lưỡng nan", nó khuyến khích người lái xe giảm tốc sớm hơn và dừng lại khi vào nút giao thông.

Nhìn chung, các nghiên cứu trước đây vẫn chưa làm rõ được việc cá thể hóa phương tiện giao thông khi vào nút giao thông có đèn tín hiệu. Khi tiếp cận nút giao thông, mỗi phương tiện di chuyển với hành vi, tốc độ khác nhau sẽ rơi vào các vùng "lưỡng nan" có kích thước khác nhau và có rủi ro tai nạn khác nhau. Đây là một khía cạnh cần được nghiên cứu sâu hơn để đưa ra các giải pháp hiệu quả hơn trong quản lý, tổ chức giao thông.

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong nghiên cứu này, dữ liệu được sử dụng là dữ liệu được khảo sát tại một số tuyến đường trong khu vực đô thị ở Hà Nội được trích xuất trong các nghiên cứu trước đây [14, 15]. Dữ liệu tốc độ được khảo sát đều là tốc độ tự do của các phương tiện ô tô (bao gồm xe con, xe buýt và xe tải) và xe máy, tại các tuyến đường LS2, Nguyễn Quốc Trị, Hoàng Quốc Việt (Bảng 1, 2 và 3). Giả định tình huống các tốc độ này là tốc độ xe chạy (tốc độ điểm) trên các tuyến đường vào các nút giao thông có đèn tín hiệu tại thời điểm đèn xanh chuyển sang vàng. Các tuyến đường vào nút giao thông có đèn tín hiệu giả định (giả định 3 nút giao thông tương ứng) có quy mô tương đương với tuyến đường được khảo sát. Dựa vào tốc độ này theo các công thức (1), (2), (3), khoảng cách dstop, dgo và chiều dài vùng lưỡng nan ld sẽ được tính. Các thông số được dùng trong các công thức trên được vận dụng từ các nghiên cứu trước đây. Theo AASHTO [16], thời gian phản ứng tâm lý sử dụng phanh là 1,5s, gia tốc dừng xe để đảm bảo an toàn đối với các phương tiện ô tô là 3,4 m/s2, gia tốc dừng xe đối với các phương tiện xe máy là 2,75 m/s2 [17]. Thời gian đèn vàng được lấy là 3s. Trên cơ sở các giá trị dstop và dgo , ld được tính, các biểu đồ đường cong tích lũy được xây dựng. Kết quả được thống kê trong Bảng 4, 5 và Hình 2, 3 và 4.

Bảng 1. Bảng tổng hợp thông số các đoạn đường được khảo sát

Ký hiệu	Tên tuyến đường	Bề rộng mặt đường (m)	Số làn xe (làn)	Ghi chú
1	LS2	8,2	2	Chiều đi từ Nguyễn Chánh đi Vành đai 3
2	Nguyễn Quốc Trị (NQT)	10,8	2	Chiều đi từ Trung Hòa đi Cầu Giấy
3	Hoàng Quốc Việt (HQV)	32	6	- Chiều đi từ đường Võ Chí Công đến đường Vành đai 3 - Có dải phân cách trung tâm

Bảng 2. Bảng tổng hợp một số thông số thống kê về tốc độ xe máy chạy tự do

Thông số thống kê	Đơn vị	LS2	NQT	HQV
Lớn nhất	m/s	13,04	13,98	20,00
85%	m/s	10,47	11,58	12,50
Trung bình	m/s	9,17	9,81	9,98
15%	m/s	7,69	8,20	7,09
Nhỏ nhất	m/s	6,51	6,24	3,63
Độ lệch chuẩn		1,37	1,56	2,56
Số mẫu		57	108	1158

Bảng 3. Bảng tổng hợp một số thông số thống kê về tốc độ ô tô chạy tự do

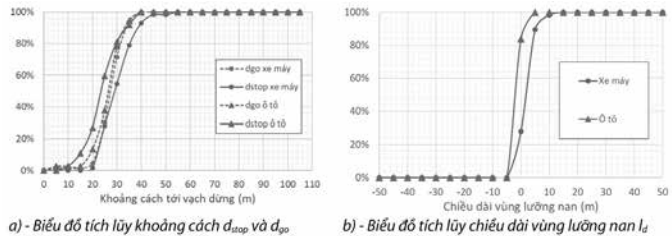
Thông số thống kê	Đơn vị	LS2	NQT	HQV
Lớn nhất	m/s	11,73	13,95	17,24
85%	m/s	10,20	11,49	12,33
Trung bình	m/s	8,86	9,72	9,94
15%	m/s	7,62	7,67	7,04
Nhỏ nhất	m/s	5,21	5,85	2,83
Độ lệch chuẩn		1,43	1,77	2,53
Số mẫu	mẫu	31	55	245

Bảng 4. Bảng tổng hợp một số thông số thống kê về giá trị d_{stop} và d_{go}

Thông số thống kê	LS2				NQT				HQV			
	d_{stop} (m)	d_{go} (m)	d_{stop} (m)	d_{go} (m)	d_{stop} (m)	d_{go} (m)	d_{stop} (m)p	d_{go} (m)	d_{stop} (m)	d_{go} (m)	d_{stop} (m)	d_{go} (m)
	Xe máy	Xe máy	Ô tô	Ô tô	Xe máy	Xe máy	Ô tô	Ô tô	Xe máy	Xe máy	Ô tô	Ô tô
Lớn nhất	50,50	39,13	37,84	35,20	56,49	41,93	49,55	41,86	102,73	60,00	69,58	51,72
85%	36,63	31,97	30,30	30,40	41,75	34,74	36,26	34,23	47,16	37,50	40,89	37,01
Trung bình	29,67	27,69	24,39	26,02	32,57	29,38	28,95	29,17	34,30	29,95	30,37	29,81
15%	22,47	23,20	18,37	21,56	24,47	24,56	20,81	23,53	19,78	21,28	17,86	21,13
Nhỏ nhất	17,47	19,53	11,82	15,64	16,45	18,73	13,81	17,55	6,34	9,23	6,42	9,74
Độ lệch chuẩn	6,78	4,09	6,02	4,48	8,03	4,69	7,75	5,36	13,15	7,69	11,03	7,61

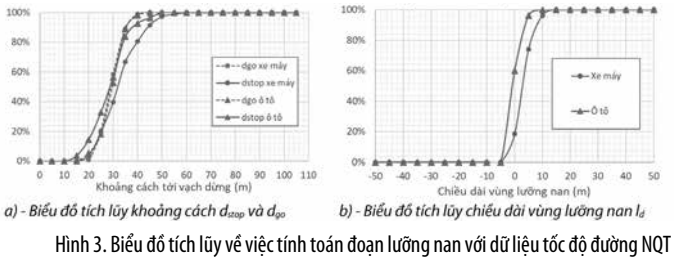
Bảng 5. Bảng tổng hợp một số thông số thống kê về chiều dài vùng "lưỡng nan"

Thông số thống kê	LS2		NQT		HQV	
	l_d (m)		l_d (m)		l_d (m)	
	Xe máy	Ô tô	Xe máy	Ô tô	Xe máy	Ô tô
Lớn nhất	11,37	2,64	14,56	7,70	42,73	17,85
85%	4,66	-0,10	7,01	2,03	9,66	3,88
Trung bình	1,98	-1,63	3,19	-0,22	4,34	0,56
15%	-0,73	-3,19	-0,09	-2,72	-1,49	-3,27
Nhỏ nhất	-2,06	-3,82	-2,28	-3,74	-3,09	-3,82
Độ lệch chuẩn	2,71	1,58	3,37	2,45	5,62	3,58



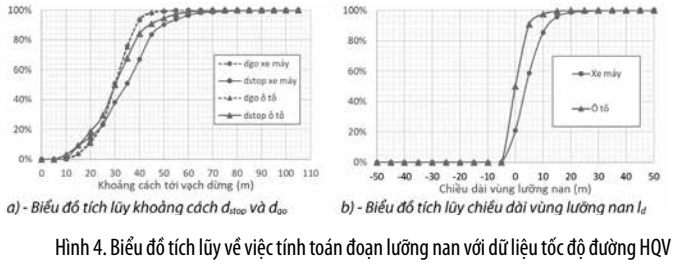
a) - Biểu đồ tích lũy khoảng cách d_{stop} và d_{go} *b) - Biểu đồ tích lũy chiều dài vùng lưỡng nan l_d*

Hình 2. Biểu đồ tích lũy về việc tính toán đoạn lưỡng nan với dữ liệu tốc độ đường LS2



a) - Biểu đồ tích lũy khoảng cách d_{stop} và d_{go} *b) - Biểu đồ tích lũy chiều dài vùng lưỡng nan l_d*

Hình 3. Biểu đồ tích lũy về việc tính toán đoạn lưỡng nan với dữ liệu tốc độ đường NQT



a) - Biểu đồ tích lũy khoảng cách d_{stop} và d_{go} *b) - Biểu đồ tích lũy chiều dài vùng lưỡng nan l_d*

Hình 4. Biểu đồ tích lũy về việc tính toán đoạn lưỡng nan với dữ liệu tốc độ đường HQV

Hình 2a, 3a và 4a thể hiện biểu đồ tích lũy khoảng cách d_{stop} (đường nét liền) và dgo (đường nét đứt). Hình 2b, 3b và 4b thể hiện biểu đồ tích lũy chiều dài vùng lưỡng nan ld. Đường tích lũy lệch về bên phải thang đo thể hiện xu hướng giá trị lớn hơn. Đối với biểu đồ tích lũy chiều dài vùng lưỡng nan ld, phần biểu đồ ở giá trị dương càng lớn thể hiện chiều dài vùng lưỡng nan lớn và khi đó nguy cơ các phương tiện rơi vào vùng này nhiều hơn. Cụ thể, kết quả cho thấy tuyến đường HQV có tốc độ xe chạy cao nhất và tốc độ ở tuyến đường LS2 là thấp nhất. Tuyến đường xe chạy cao hơn cho thấy khoảng cách tối thiểu để phương tiện có thể dừng lại an toàn d_{stop} lớn hơn, từ đó vùng lưỡng nan lớn hơn (Xem Bảng 4, 5 và Biểu đồ hình 2, 3, 4, các chỉ tiêu có giá trị lớn hơn thì biểu đồ tích lũy càng dịch chuyển về phía bên phải). Bảng 5 và Hình 2b, 3b, 4b cho thấy nút giao ở đường Hoàng Quốc Việt ghi nhận vùng "lưỡng nan" cao nhất (9,66 m với xe máy, 3,88 m với ô tô ở tần suất 85%), trong khi tuyến LS2 có giá trị thấp nhất. Xe máy có xu hướng dừng với khoảng cách lớn hơn và tốc độ cao hơn dẫn đến vùng "lưỡng nan" rộng hơn.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu đã thực hiện việc xác định và phân tích vùng "lưỡng nan" tại nút giao thông có đèn tín hiệu, sử dụng dữ liệu giao thông thực tế ở một số tuyến đường ở Hà Nội. Kết quả cho thấy, vùng "lưỡng nan" có tính chất động, tốc độ xe chạy cao hơn dẫn đến vùng "lưỡng nan" rộng hơn, làm tăng đáng kể nguy cơ vượt đèn đỏ và tai nạn giao thông. Đặc biệt, xe máy, do đặc tính tốc độ và khả năng dừng xe khác biệt có xu hướng tạo ra vùng "lưỡng nan" lớn hơn so với ô tô. Quy mô tuyến đường cũng ảnh hưởng đáng kể, với các tuyến đường lớn như Hoàng Quốc Việt có vùng "lưỡng nan" rộng nhất do có nhiều phương tiện chạy với tốc độ cao, trong khi các tuyến đường nhỏ hơn có giá trị thấp hơn. Để hạn chế được vấn đề này, thông thường có giải pháp như hạn chế tốc độ, tăng thời gian đèn vàng, áp dụng các công nghệ điều khiển đèn thích ứng, bố trí đồng hồ đếm ngược.

Cần lưu ý rằng, nghiên cứu này được thực hiện trong điều kiện nút giao thông có đèn tín hiệu không bố trí đồng hồ đếm ngược và chỉ xét hành vi vượt đèn đỏ. Trong thực tế giao thông Việt Nam, việc lắp đặt đồng hồ đếm ngược và quy định xử phạt cả hành vi vượt đèn vàng có thể làm thay đổi đáng kể kích thước và ảnh hưởng của vùng "lưỡng nan". Do đó, cần có các nghiên cứu tiếp theo để xem xét tác động của các yếu tố này, nhằm đưa ra giải pháp toàn diện và hiệu quả hơn cho việc cải thiện ATGT tại các nút giao ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Chính phủ (2024), Nghị định 168/2024/NĐ-CP Quy định xử phạt vi phạm hành chính về trật tự, an toàn giao thông trong lĩnh vực giao thông đường bộ; trừ điểm, phục hồi điểm giấy phép lái xe.

[2]. Retting, R. A., Williams, A. F., & Greene, M. A. (1999), Red-light running and sensible countermeasures, Transportation Research Record, 1693(1), 1-6.

[3]. Porter, B. E., & England, K. J. (2000), Predicting red-light running behavior: A traffic safety study in three urban settings, Journal of Safety Research, 31(1), 1-8.

[4]. Bonneson, J. A., & Zimmerman, K. (2004), Effect of yellow-interval timing on red-light violation frequency at urban intersections, Transportation Research Record, 1865(1), 20-27.

[5]. Retting, R. A., Williams, A. F., & Greene, M. A. (1999), Red-light running and sensible countermeasures, Transportation Research Record, 1693(1), 1-6.

[6]. Retting, R. A., & Kyrychenko, S. Y. (2002), Reductions in injury crashes associated with red-light camera enforcement in Oxnard, California, American Journal of Public Health, 92(11), 1822-1825.

[7]. Gazis, D., Herman, R., & Maradudin, A. A. (1960), The problem of the amber signal light in traffic flow, Operations Research, 8(1), 112-132, DOI: 10.1287/opre.8.1.112.

[8]. Sheffi, Y., & Mahmassani, H. (1981), A model of driver behavior at high-speed signalized intersections, Transportation Science, 15(1), 50-61.

[9]. Elmitiny, N., Yan, X., Radwan, E., Russo, C., & Nashar, D. (2010), Classification analysis of driver's stop/go decision and red-light running violation, Accident Analysis & Prevention, 42(1), 101-111.

[10]. Liu, Y., Chang, G. L., Tao, R., Hicks, T., & Tabacek, E. (2007), Empirical observations of dynamic dilemma zones at signalized intersections, Transportation Research Record, 2035(1), 122-133. [DOI: 10.3141/2035-14].

[11]. Papaioannou, P. (2007), Driver behaviour, dilemma zone and safety effects at urban signalised intersections in Greece, Accident Analysis & Prevention, 39(1), 147-158.

[12]. Hurwitz, D. S., Wang, H., Knodler Jr, M. A., Ni, D., & Moore, D. (2012), Fuzzy sets to describe driver behavior in the dilemma zone of high-speed signalized intersections. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 15(2), 132-143.

[13]. Suzuki, H., & Ishikura, T. (2015), Green Phase Countdown Timer for Reducing Drivers' Dilemma at Signalized Intersection, In FAST-zero'15: 3rd International Symposium on Future Active Safety Technology Toward zero traffic accidents.

[14]. Đặng Minh Tân và Lê Hoàng Tuấn Anh (2023), Nghiên cứu tốc độ của phương tiện giao thông tại vị trí người đi bộ qua đường trên một số tuyến đường trục chính TP Hà Nội, Tạp chí GTVT, số 733, tháng 9.

[15]. Đặng Minh Tân và Trần Danh Hợi (2021), Nghiên cứu quy luật thời gian xe đến thực tế với dòng giao thông hỗn hợp trên một số tuyến đường đô thị ở Hà Nội, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, tập 72, số 5, tháng 6, 580-590.

[16]. AASHTO (2018), A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 6 th edition, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C. ISBN: 978-1-56051-508-1.

[17]. Davoodi, Seyed Rasoul (2011), Motorcycle - stopping sight distance model for geometric design of exclusive motorcycle lanes. PhD thesis, Universiti Putra Malaysia.

■Ngày nhận bài: 17/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/4/2025

Nghiên cứu mô-đun đàn hồi của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải trong xây dựng mặt đường cứng

Study on the elastic modulus of concrete using recycled aggregates from waste concrete in rigid pavement construction

> THS PHẠM QUANG THÔNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: phamthongdsb@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá khả năng sử dụng phế thải bê tông xi măng (BTXM) trong xây dựng kết cấu áo đường ô tô và sân bay. Một trong những chỉ tiêu cơ lý quan trọng của bê tông được nghiên cứu là mô-đun đàn hồi. Nghiên cứu thực nghiệm trong phòng đã được tiến hành trên vật liệu bê tông tái chế (RAC), với mục đích đo lường hiệu suất và tính chất cơ học của vật liệu này được sản xuất từ phế thải BTXM. Nghiên cứu tập trung vào việc thu thập dữ liệu về tính chất của phế thải BTXM, nghiên cứu thử nghiệm vật liệu phế thải và vật liệu truyền thống, phân tích dữ liệu để đánh giá tính khả thi và hiệu suất sử dụng phế thải BTXM trong kết cấu áo đường ô tô và sân bay. Kết quả thử nghiệm mô-đun đàn hồi của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế đã được phân tích để xác định ảnh hưởng của tỷ lệ cốt liệu tái chế thô thay thế đá tự nhiên, loại cát sử dụng (cát tự nhiên hoặc cát xay từ RCA) và tuổi mẫu đến chỉ tiêu này. Nghiên cứu chỉ ra rằng mô-đun đàn hồi là một đặc trưng quan trọng của vật liệu trong các kết cấu chịu lực.

Từ khóa: Phế thải xây dựng, phế thải bê tông, cốt liệu bê tông tái chế, bê tông cốt liệu tái chế, mặt đường bê tông xi măng, mặt đường cứng.

ABSTRACT

This study evaluates the potential use of waste cement concrete in the construction of road and airport pavement structures. One of the key mechanical properties of concrete investigated is the modulus of elasticity. Laboratory experiments were conducted on recycled aggregate concrete (RAC) to measure the performance and mechanical characteristics of this material made from waste cement concrete. The research focuses on collecting data on the properties of cement concrete waste, testing both recycled and conventional materials and analyzing the data to assess the feasibility and performance of using waste cement concrete in road and airport pavement structures. The experimental results of the modulus of elasticity of concrete using recycled aggregates were analyzed to determine the influence of the replacement ratio of coarse recycled aggregate for natural stone, the type of sand used (natural sand or sand crushed from RCA) and the specimen age on this property. The study indicates that the modulus of elasticity is a critical characteristic of materials used in load-bearing structures.

Keywords: Construction waste, concrete waste, recycled concrete aggregate, recycled aggregate concrete, cement concrete pavement, rigid pavement.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông phế thải phát sinh từ trong quá trình phá dỡ mặt đường BTXM nói riêng và công trình xây dựng nói chung là một nguồn vật liệu có giá trị và có thể tái sử dụng. Trên thế giới, cốt liệu bê tông tái chế (Recycled Concrete Aggregate, RCA) đã được nghiên cứu sử dụng trong nhiều lĩnh vực, đặc biệt là sử dụng trong xây dựng mặt đường [3-4]. Để đánh giá sơ bộ khả năng tái sử dụng các loại phế thải BTXM RCA làm cốt liệu trong xây dựng mặt đường ô tô và sân bay trong điều kiện Việt Nam, nhóm nghiên cứu tiến hành thí nghiệm chỉ tiêu mô-đun đàn hồi của BTXM sử dụng cốt liệu tái chế (Recycled Aggregate Concrete, RAC). Thành phần bê tông RAC bao gồm cốt liệu thô và cốt liệu mịn tái chế RCA và đá dăm nghiền có nguồn gốc tự nhiên (Natural Aggregate, NA) được phối trộn theo các tỷ lệ khác nhau, kết hợp với các loại nguyên vật liệu thành phần truyền thống (cát vàng, xi măng, nước) [4].

Bài báo trình bày quá trình và các kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm mô-đun đàn hồi của bê tông RAC định hướng ứng dụng trong xây dựng mặt đường ô tô, sân bay trong điều kiện tại Việt Nam.

2. THÍ NGHIỆM

Mục đích chính của nghiên cứu này là sử dụng cốt liệu bê tông tái chế làm cốt liệu cho sản xuất bê tông trong các cấu trúc mới. Điều cần thiết là phải biết liệu việc thay thế đá tự nhiên (NA) với cốt liệu bê tông tái chế (RCA) trong bê tông kết cấu có chấp nhận được không. Nghiên cứu thực nghiệm trong phòng về vật liệu bê tông tái chế đã được tiến hành.

2.1. Vật liệu

a) Cốt liệu thô

Thành phần cốt liệu của RAC thí nghiệm được thiết kế sử dụng trong thí nghiệm bao gồm hai loại là: (1) Cốt liệu gia công từ bê tông phế thải (RCA) và (2) Cốt liệu đá nghiền tự nhiên (NA), được thí nghiệm với thay thế 0%, 30%, 50%, 70% và 100% NA bằng RCA.

Cốt liệu bê tông phế thải (RCA) sử dụng trong nghiên cứu được phân loại, gia công từ phế thải xây dựng thu gom từ các bãi phế thải tại Hà Nội. Cốt liệu đá dăm nghiền tự nhiên (NA) được lấy từ mỏ đá Hà Nam. Đá dăm sử dụng có nguồn gốc là mác ma, cường độ đá gốc từ 110 - 120 MPa. Các đặc trưng vật lý của RCA và NA sử dụng trong thí nghiệm đều đảm bảo các yêu cầu đối với cốt liệu thô sử dụng trong hỗn hợp BTXM mặt đường của Việt Nam [3, 4, 6, 12].

Công tác gia công chuẩn bị cấp phối hạt RCA và NA được tiến hành thủ công. Cấp phối cốt liệu thô danh định được lựa chọn sử dụng trong thí nghiệm có đường kính 4,75 - 25 mm, đảm bảo nằm trong giới hạn cấp phối quy định đối với cấp phối cốt liệu thô cho BTXM làm mặt đường như được quy định trong quy trình thi công của Bộ GTVT [4] và Bộ Xây dựng [6].

b) Các thành phần vật liệu khác

Các thành phần vật liệu khác sử dụng trong hỗn hợp bê tông RAC thí nghiệm có các đặc trưng cơ lý như nhau, đảm bảo sự thống nhất trong quá trình đánh giá kết quả thí nghiệm.

1) Cát: Cát đóng vai trò cốt liệu nhỏ trong thành phần bê tông thử nghiệm. Loại cát sử dụng trong thí nghiệm là cát vàng tự nhiên khai thác từ sông Lô (Phú Thọ) và cát xay có nguồn gốc từ RCA. Các thông số của loại cát sử dụng trong thí nghiệm được xác định theo tiêu chuẩn hiện hành [4], đồng thời đảm bảo yêu cầu quy định đối với cát sử dụng trong thiết kế BTXM [7, 8, 9, 12]. Thành phần hạt của cát vàng có mô-đun độ lớn M=2,55 và cát xay từ RCA có mô-đun độ lớn M=2,91.

2) Xi măng: Loại xi măng dùng thí nghiệm là loại PCB40 VICEM đáp ứng theo tiêu chuẩn Việt Nam [10].

3) Nước: Nước sử dụng trộn bê tông là nước máy sinh hoạt Hà Nội, có các chỉ tiêu kỹ thuật đảm bảo các quy định kỹ thuật đối với nước sử dụng trong BTXM [11].

2.2. Thiết kế thành phần bê tông

Tỷ lệ thành phần của các loại vật liệu trong hỗn hợp của bê tông được thiết kế theo định mức vật liệu của bê tông mác M300, là mác bê tông được thiết kế trong xây dựng mặt đường BTXM.

2.3. Chế bị mẫu và thí nghiệm

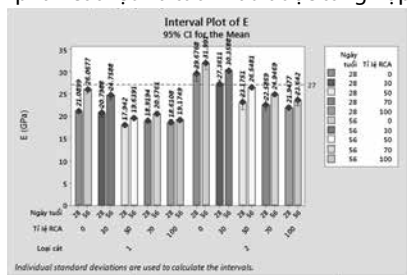
Các thành phần vật liệu của bê tông được cân đong theo tỷ lệ thiết kế và trộn đều bằng máy trộn tự do dung tích 150 lít. Các mẫu bê tông được chế bị trong điều kiện phòng và bảo dưỡng theo quy định hiện hành.

Các mẫu thí nghiệm sau khi đúc xong được bảo dưỡng theo quy định. Quá trình thí nghiệm theo các chỉ số được tiến hành theo đúng trình tự, ở các ngày tuổi khác nhau theo các quy định của hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam [12, 13].

Thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi: Mô-đun đàn hồi của bê tông (E0) được xác định theo TCVN 5726:2022. Phương pháp thí nghiệm sử dụng mẫu trụ kích thước D150xH300. Đối với mỗi tổ hợp (tỷ lệ RCA/NA, loại cát, tuổi), 3 mẫu trụ được chế bị và thí nghiệm. Tổng số mẫu thí nghiệm mô-đun đàn hồi được thực hiện với 5 tỷ lệ RCA (0%, 30%, 50%, 70%, 100%), 2 loại cát (cát tự nhiên cát loại 2, cát xay RCA cát loại 1) và 2 tuổi mẫu (28, 56 ngày), với 3 mẫu cho mỗi tổ hợp. Tổng số mẫu là 5x2x2x3 = 60 mẫu.

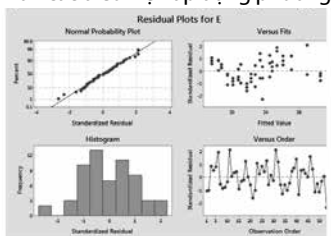
3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH

Kết quả thí nghiệm mô-đun đàn hồi theo các tổ mẫu được thiết kế theo thành phần cốt liệu và tuổi mẫu được tổng hợp trong Hình 1.

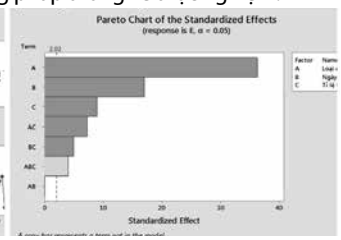


Hình 1. Mô-đun đàn hồi E trung bình theo ngày tuổi, loại cát và tỷ lệ phần trăm RCA

Phân tích điều kiện áp dụng phương pháp thống kê mẫu mô-đun đàn hồi được thể hiện trong Biểu đồ phần dư (Hình 2). Biểu đồ này cho thấy phần dư tuân theo quy luật phân bố chuẩn, các giá trị ngẫu nhiên, không theo quy luật và phân bố đều hai bên qua đường "0", như vậy thỏa mãn các điều kiện áp dụng phương pháp thống kê thực nghiệm.

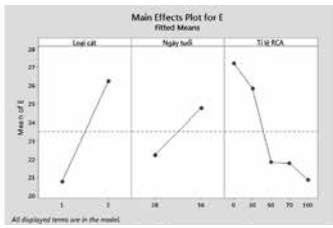


Hình 2. Biểu đồ phân tích điều kiện áp dụng phương pháp thống kê mẫu mô-đun đàn hồi

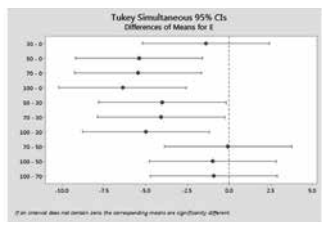


Hình 3. Biểu đồ Pareto các yếu tố ảnh hưởng mô-đun đàn hồi

Biểu đồ Pareto các yếu tố ảnh hưởng mô-đun đàn hồi (Hình 3) chỉ ra rằng, 3 biến: Tỷ lệ RCA (tỷ lệ), tuổi mẫu (ngày tuổi) và loại cát đều có ảnh hưởng đến mô-đun đàn hồi và có ý nghĩa thống kê. Điều này được hỗ trợ bởi phân tích phương sai (Analysis of Variance) với giá trị P-Value rất nhỏ (0,000) cho các yếu tố tuyến tính (linear) và riêng từng yếu tố loại cát, ngày tuổi, tỷ lệ.



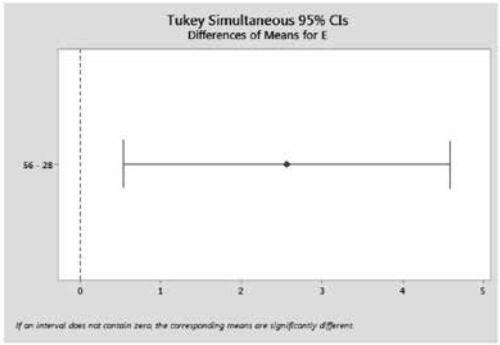
Hình 4. Ảnh hưởng các yếu tố đến mô-đun đàn hồi E



Hình 5. Phân tích phương sai và hậu định mô-đun đàn hồi E theo tỷ lệ phần trăm RCA

- Ảnh hưởng của tỷ lệ RCA: Biểu đồ ảnh hưởng các yếu tố đến mô-đun đàn hồi E (Hình 4) và biểu đồ mô-đun đàn hồi E trung bình theo ngày tuổi, loại cát và tỷ lệ phần trăm RCA (Hình 1) cho thấy mô-đun đàn hồi của bê tông giảm khi tỷ lệ RCA thay thế NA trong cốt liệu thô tăng lên. Phân tích phương sai và phân tích hậu định (phương pháp Tukey›s HSD) so sánh sự khác biệt giá trị mô-đun đàn hồi giữa các mẫu RAC và NAC theo tỷ lệ %RCA (Hình 5) xác nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm tỷ lệ RCA khác nhau. Xu hướng giảm mô-đun đàn hồi khi tăng tỷ lệ RCA được quan sát ở

cả hai tuổi mẫu (28 và 56 ngày) và cả hai loại cát.



Hình 6. Phân tích phương sai và hậu định mô-đun đàn hồi E theo thời gian

- Ảnh hưởng của tuổi mẫu: Biểu đồ ảnh hưởng các yếu tố đến mô-đun đàn hồi E (Hình 4) và biểu đồ mô-đun đàn hồi E trung bình theo ngày tuổi, loại cát và tỷ lệ phần trăm RCA (Hình 1) cho thấy mô-đun đàn hồi của mẫu RAC tăng theo thời gian. Phân tích phương sai và phân tích hậu định so sánh sự khác biệt giá trị mô-đun đàn hồi giữa các mẫu RAC và NAC theo ngày tuổi (Hình 6) có ý nghĩa thống kê. Sự tăng mô-đun đàn hồi theo thời gian này tỉ lệ nghịch với tỉ lệ RCA trong cốt liệu thô.

- Ảnh hưởng của loại cát: Kết quả cũng cho thấy mô-đun đàn hồi của mẫu dùng loại cát 2 (cát tự nhiên) cao hơn loại cát 1 (cát xay từ RCA) ở mọi nhóm tuổi mẫu và tỷ lệ RCA. Phân tích phương sai và phân tích hậu định so sánh sự khác biệt giá trị mô-đun đàn hồi giữa các mẫu RAC và NAC theo loại cát (Hình 5) có ý nghĩa thống kê. Mô-đun đàn hồi của các mẫu ở 28 ngày tuổi và cùng tỷ lệ RCA khi sử dụng cát loại 1 (cát xay từ RCA) thấp hơn so với khi sử dụng cát loại 2 (cát tự nhiên).

4. BÀN LUẬN VÀ KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải (RAC) với các tỷ lệ RCA thay thế cốt liệu thô tự nhiên (NA) khác nhau (0%, 30%, 50%, 70%, 100%) và sử dụng hai loại cốt liệu mịn khác nhau (cát tự nhiên và cát xay từ RCA) ở các tuổi 28 và 56 ngày. Các thí nghiệm được tiến hành tuân thủ các tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam và quốc tế.

Các kết quả phân tích thống kê chỉ ra rằng tỷ lệ RCA trong cốt liệu thô, loại cát sử dụng và tuổi mẫu đều có ảnh hưởng đáng kể (có ý nghĩa thống kê) đến mô-đun đàn hồi của bê tông.

Quan sát các biểu đồ và kết quả phân tích, có thể thấy rõ xu hướng giảm của mô-đun đàn hồi khi tỷ lệ RCA tăng lên. Điều này có thể liên quan đến chất lượng thấp hơn của RCA so với NA, đặc biệt là sự hiện diện của lớp vữa cũ bám dính làm tăng độ rỗng và giảm độ cứng tổng thể của cốt liệu tái chế. Mặc dù RCA có thể đáp ứng các yêu cầu về thành phần hạt và một số chỉ tiêu cơ lý cơ bản theo tiêu chuẩn, nhưng đặc tính đàn hồi của nó có thể khác biệt so với đá tự nhiên.

Mô-đun đàn hồi của bê tông tăng theo thời gian trưởng thành (từ 28 đến 56 ngày tuổi) đối với tất cả các tổ hợp mẫu RAC và NAC. Đây là quy luật phát triển cường độ và độ cứng thông thường của bê tông do quá trình thủy hóa xi măng tiếp diễn. Tuy nhiên, tốc độ tăng này có vẻ bị ảnh hưởng bởi tỷ lệ RCA, với sự tăng mô-đun đàn hồi theo thời gian tỉ lệ nghịch với tỷ lệ RCA. Điều này có thể hàm ý rằng quá trình phát triển độ cứng ở bê tông RAC có thể diễn ra hơi khác so với NAC, hoặc sự hiện diện của RCA làm hạn chế một phần khả năng phát triển độ cứng theo tuổi.

Sự khác biệt về mô-đun đàn hồi giữa bê tông sử dụng cát tự nhiên và bê tông sử dụng cát xay từ RCA cũng được xác nhận là có ý nghĩa thống kê. Bê tông dùng cát tự nhiên cho mô-đun đàn hồi cao hơn. Điều này có thể được giải thích bởi sự khác biệt về tính chất vật lý và cơ học giữa hai loại cát. Cát xay từ RCA, tương tự như cốt liệu thô RCA, có thể chứa lớp vữa cũ hoặc có cấu trúc hạt khác biệt so với cát tự nhiên, ảnh hưởng đến độ đặc chắc của vữa xi măng-cát và do đó ảnh hưởng đến mô-đun đàn hồi của toàn bộ khối bê tông.

Mô-đun đàn hồi là một chỉ tiêu quan trọng trong thiết kế kết cấu áo đường cứng, vì nó ảnh hưởng đến sự phân bố ứng suất và biến dạng dưới tải trọng. Mặc dù mô-đun đàn hồi của RAC có xu hướng giảm khi tăng tỷ lệ RCA và khi sử dụng cát xay từ RCA so với cát tự nhiên, nghiên cứu này đã chứng minh khả năng sử dụng cốt liệu RCA trong BTXM cho kết cấu áo đường ô tô. Các chỉ tiêu làm việc cơ bản khác (cường độ nén, kéo uốn) của RAC cũng đáp ứng tốt yêu cầu kỹ thuật [1, 2].

Việc sử dụng vật liệu phế thải BTXM phù hợp làm cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ trong mặt đường BTXM được coi là phù hợp dựa trên các tiêu chuẩn TCCS 39 và TCCS 40, giống như việc sử dụng các loại đá thông thường khác. Tuy nhiên, chất lượng vật liệu phế thải BTXM phụ thuộc rất nhiều vào nguồn vật liệu đầu vào, do đó việc nghiên cứu, đánh giá, thực nghiệm trong phòng một cách đầy đủ và bài bản trước khi sử dụng rộng rãi là hết sức cần thiết.

Các kết quả nghiên cứu thí nghiệm mô-đun đàn hồi, cùng với các chỉ tiêu khác, cho thấy cốt liệu RCA hoàn toàn có thể sử dụng làm cốt liệu trong BTXM sử dụng làm kết cấu áo đường ô tô với hàm lượng thay thế đá, cát tự nhiên lên đến 30%. Kết quả này cũng phù hợp với một số nghiên cứu ở nước ngoài. Bê tông tái chế RAC sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông RCA có các chỉ tiêu làm việc (bao gồm cả mô-đun đàn hồi, mặc dù có xu hướng giảm) cơ bản đáp ứng tốt các yêu cầu về mặt kỹ thuật đối với mặt đường BTXM. Tiềm năng tái sử dụng cốt liệu bê tông phế thải là rất lớn nếu được thu gom, xử lý và gia công phù hợp, đặc biệt trong bối cảnh và điều kiện áp dụng tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Trọng Hiệp, Phạm Quang Thông, Bùi Xuân Cậy (2021), Bê tông phế thải và khả năng sử dụng trong xây dựng mặt đường ô tô ở Việt Nam, Tạp chí GTVT, số tháng 9.

[2]. Nguyễn Trọng Hiệp, Phạm Quang Thông, Đoàn Việt Trung, Phan Thị Khánh Hằng, Nguyễn Tiến Thành, Bùi Đức Thắng (2021), Nghiên cứu một số tính chất cơ lý của bê tông sử dụng cốt liệu tái chế từ bê tông phế thải trong xây dựng mặt đường cứng, Tạp chí GTVT, số tháng 10.

[3]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), TCCS 39: 2022/TCĐBVN, Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.

[4]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), TCCS 40: 2022/TCĐBVN, Thi công và nghiệm thu mặt đường bê tông xi măng trong xây dựng công trình giao thông.

[5]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2022), TCVN 3118:2022, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ chịu nén.

[6]. Bộ Xây dựng (2018), TCVN 11969:2018, Cốt liệu lớn tái chế cho bê tông.

[7]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2006), TCVN 7570:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

[8]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 9382:2012, Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông sử dụng cát nghiền.

[9]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 9205:2012, Cát nghiền cho bê tông và vữa.

[10]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2020), TCVN 6260:2020 Xi măng pooc-lăng hỗn hợp (PCB).

[11]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2012), TCVN 4506:2012, Nước cho bê tông và vữa - Yêu cầu kỹ thuật.

[12]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2006), TCVN 7572:2006, Cốt liệu cho bê tông và vữa - Phương pháp thử.

[13]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2022), TCVN 5726:2022, Bê tông - Phương pháp xác định cường độ lăng trụ, mô-đun đàn hồi và hệ số poisson.

■Ngày nhận bài: 17/3/2025 ■Ngày sửa bài: 02/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 23/4/2025

Cải tạo đất nền bằng phương pháp nổ mini (microblasting)

Soil improvement by the method of microblasting

> THS LÊ THỊ LỆ
Khoa Công trình, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: lelt.ctt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT

Công nghệ nổ mini được sử dụng khi xây dựng nền đường, các công trình công nghiệp, cảng, sân bay, đập nước và các công trình xây dựng khác. Nó cho phép cải thiện khối lượng lớn đất yếu trong thời gian ngắn, đồng thời đảm bảo nhận được các thông số cường độ tốt nhất. Công nghệ nổ mini sử dụng năng lượng của các khối chất nổ nhỏ được đặt trên bề mặt, đặt dưới lòng đất hoặc trên mặt đất sát đáy khu nước.

Với đất tơi xốp không dính kết công nghệ nổ mini gây ra sự nén chặt đất. Nhờ áp lực cao trong các lỗ rỗng của đất, cấu trúc trước đây của đất không kết dính bị phá hủy và sau một thời gian hóa lỏng tạm thời, các hạt đất bị nén chặt lại trong khi nước bị ép thoát lên bề mặt. Thực hiện một chuỗi quá trình nổ sẽ mang lại những hiệu quả như thế. Công nghệ nổ mini có thể áp dụng thành công cả dưới nước cũng như trên bờ.

Với đất hữu cơ no nước, công nghệ nổ mini cho phép tăng tốc đáng kể quá trình cố kết của đất thông qua việc hình thành các cột cát hoạt động như các kênh thoát nước, đồng thời củng cố lớp đất bị nén chặt. Chất nổ được lắp đặt trong các lỗ khoan và kích nổ theo một vài chuỗi với trình tự được thiết kế đặc biệt. Lớp vật liệu không kết dính bổ sung, ví dụ như cát tạm thời được hóa lỏng thành hang động (khoang hình thành do vụ nổ) tạo ra các cột cát có đường kính lớn (lên đến 2 m).

Từ khóa: Công nghệ nổ mini, cải tạo, đất yếu.

ABSTRACT

Micro blasting technology is used when constructing roads, industrial objects, ports, airports breakwaters, retention dams and other buildings. It enables improvement of large volumes of weak soil in a short time as well as guarantees receiving first rate strength parameters Micro blasting technology employs the energy of small explosive charges placed on surface, laid underground or just above the bottom of the water body.

Loose non-cohesive soil improvement (DDC - Deep Dynamic Compaction) Micro blasting causes saturated subsoil compaction. Thanks to excessive pressure in the soil pores previous structure of non-cohesive soil is destroyed and after a momentary liquefaction the particles settle in a denser configuration while water filters up to the surface. Repeating of blastings in series supports these processes. Microblasting may be successfully applied underwater as well as on land.

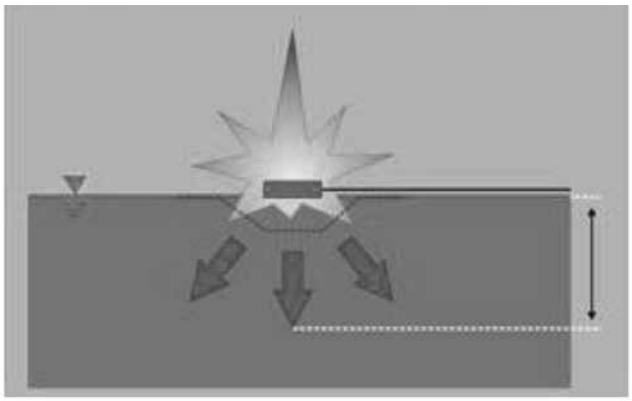
Saturated organic soil improvement (DDR - Deep Dynamic Replacement). Microblasting technology enables significant acceleration of the consolidation process through formation of sand columns which act as drain channel and - at the same time - strengthen the subsoil. Explosive charges are installed in boreholes and detonated in a couple of specially designed sequence series. Additional layer of non-cohesive material, e.g. sand is temporarily liquefied into caverns (cavity formed as a result of the explosion) creating sand columns of big diameter (up to 2 meters).

Keywords: Micro blasting, improve, weak soil.

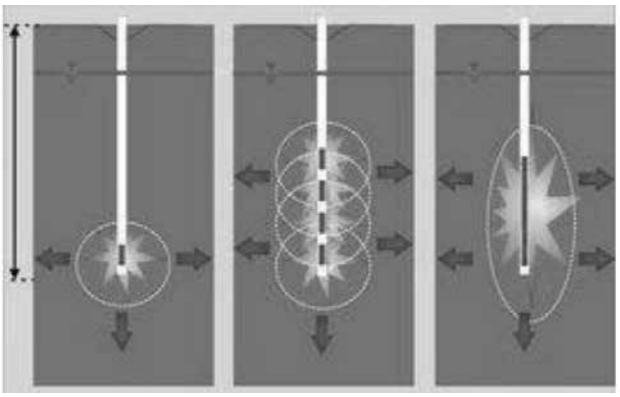
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ nổ mini được sử dụng để cải tạo đất nền nằm dưới móng các công trình xây dựng dân dụng và thủy lợi. Nó sử dụng các vụ nổ năng lượng cao để thay đổi cấu trúc đất xung quanh. Năng lượng được tạo ra từ vụ nổ 1 kg TNT tương đương với năng lượng của một quả búa 5 tấn rơi tự do từ độ cao 100 m.

Công nghệ nổ mini có thể được thực hiện cả dưới nước nên nó rất phù hợp với việc xử lý nền các khu đất trong vùng nước của cảng, tua-bin năng lượng gió, đập chắn nước, vùng đất quanh các hải đảo…



Hình 1. Khối nổ đặt trên bề mặt

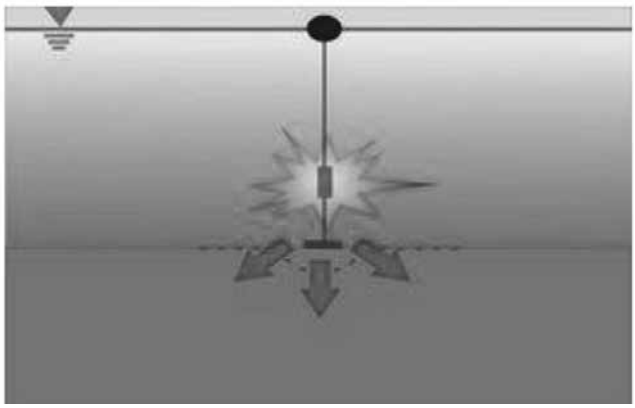


Hình 2. Khối nổ nằm trong đất

Nó cũng có thể được sử dụng để cải tạo đất dưới nền đường đắp, nền sân bay. Trong các vùng đất hạt mịn no nước, công nghệ nổ mimi đảm bảo khả năng đạt được độ chặt thỏa mãn yêu cầu của các công trình quan trọng như nhà máy điện hạt nhân hoặc các đập nước.

Các loại đất phù hợp với phương pháp cải tạo bằng công nghệ nổ mini:

- Đất hạt mịn tơi xốp bão hòa nước (kể cả đất đáy khu nước ngoài khơi);
- Đất yếu hạt mịn (than, bùn).

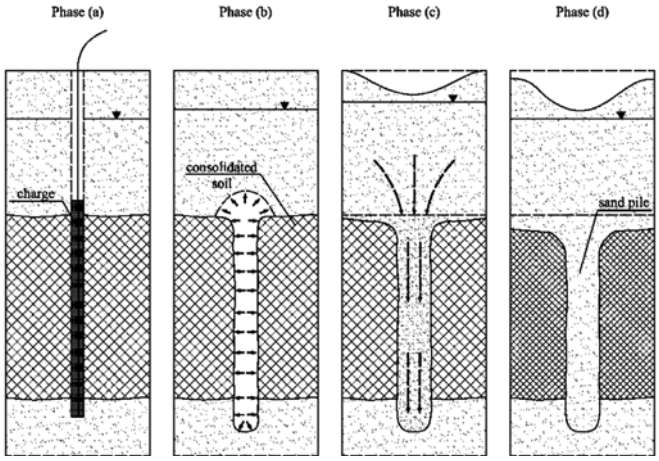


Hình 3. Nổ mìn dưới nước

Trong công nghệ nổ mini, năng lượng thu được từ khối thuốc nổ nhỏ đặt trong lòng đất hoặc trên bề mặt đất. Khối lượng và cách thức bố trí các khối thuốc nổ cần được tính toán cẩn thận theo các điều kiện về trạng thái đất nền và các yêu cầu cải tạo đất.

Cách thức bố trí các khối chất nổ được minh họa trong Hình 1, 2 và 3. Trong trường hợp nổ mini dưới nước, các khối thuốc nổ cần được đặt thật sát đáy khu nước.

Các chi tiết cụ thể của phương pháp này sẽ được đề cập đến trong các phần tiếp theo.



a) - Bố trí các khối chất nổ; b) - Tiến hành kích nổ tạo các cột rỗng trong đất; c) - Vật liệu tràn vào các cột rỗng; d) - Hình thành các cọc cát và phễu cát trên bề mặt khu vực đất cũ

Hình 4. Sơ đồ cải tạo đất yếu bằng công nghệ nổ mini

2. NGUYÊN LÝ

Nguyên lý của phương pháp cải tạo đất này khá đơn giản. Một hoặc một số khối chất nổ được đặt trong các lỗ khoan đến độ sâu cần cải tạo. Sau khi các khối chất nổ được kích nổ thì đất sẽ nhanh chóng được nén chặt lại.

Có rất nhiều trường hợp thực nghiệm nén đất bằng phương pháp nổ mini thành công đã được biết đến với chiều sâu cần cải tạo trong khoảng 10 - 20 m và mật độ chất nổ được sử dụng ($m_{e,sp}$) vào khoảng 10 - 35 g/cm^3. Khoảng cách đặc trưng giữa các hố khoan Δr được chọn trong khoảng 5 - 10 m. Khoảng cách này được lựa chọn tùy thuộc vào phạm vi vùng đất cần cải tạo, kích thước khối thuốc nổ, mức độ no nước ban đầu của đất và cấu trúc ban đầu của đất (Gohl W.B. 659).

Đối với các loại đất tơi xốp, bão hòa nước, không chặt, vụ nổ sẽ khiến cho áp lực nước lỗ rỗng tăng và phá vỡ cấu trúc ban đầu của đất. Sau một khoảng thời gian tương đối ngắn (khoảng 3 tuần), áp lực nước lỗ rỗng sẽ bị tiêu tán và cấu trúc đất mới với độ chặt cao hơn sẽ được hình thành.

Đối với đất hữu cơ và đất có độ chặt thấp, cơ chế cải tạo lại khác - vụ nổ mini tạo ra các cột cát trong nền khu vực thi công là đất hạt mịn và các lớp vật liệu san lấp là cát. Các lớp cát này sẽ tràn xuống, lấp kín các cột rỗng được tạo ra từ các vụ nổ mini (Hình 4). Các cột cát được tạo ra có đường kính từ 0,6 đến 2,0 m, tùy thuộc vào khối lượng chất nổ được sử dụng.

Phương pháp nén đất chặt và đất tơi xốp bằng phương pháp nổ mini là một trong những phương pháp cải tạo đất hiệu quả nhất, đặc biệt đối với các vùng đất rộng lớn (cỡ vài chục ngàn m^2) với độ sâu đến 30 m.

Ngay sau vụ nổ, kết cấu tự nhiên của đất bị phá vỡ và lỏng ra. Rồi ngay sau đó, độ chặt của đất sẽ tăng dần lên. Quá trình này dẫn đến việc lượng nước dư sẽ chảy tràn sang vùng đất được cải tạo làm quá trình lắng đọng (cố kết) đất diễn ra nhanh chóng và giúp tăng độ chặt tương đối của đất.

Các điều kiện cần phải đảm bảo để đạt được kết quả tốt nhất:

- Đất bão hòa nước hoàn toàn;
- Tỷ lệ khí chiếm chỗ trong đất phải nhỏ hơn 1% tổng thể tích khối đất;
- Trọng lượng và số lượng các khối thuốc nổ phải được tính

toán sao cho hạn chế được hiện tượng các khối đất trào ra ngoài phạm vi các hố khoan.

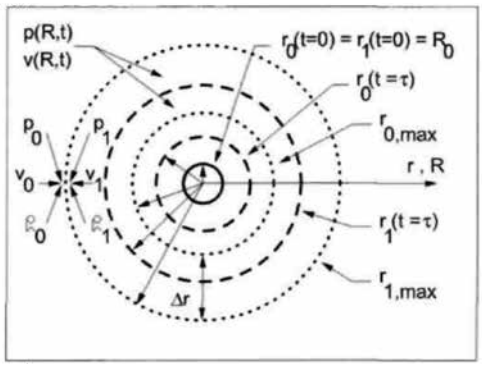
Các yếu tố có ảnh hưởng đến độ chặt của đất sau các vụ nổ mini:

- Khối lượng và hình dạng các khối thuốc nổ;
- Số lượng các khối thuốc nổ cùng được kích nổ trong một thời điểm;
- Tổng số các khối thuốc nổ được kích nổ trong mỗi đợt (series);
- Số lượng các đợt nổ (thông thường có từ 4 đến 6 đợt);
- Vị trí của các khối chất nổ (theo cả phương ngang và phương thẳng đứng);
- Đặc tính của chất nổ;
- Khoảng thời gian giữa các đợt nổ.

Tùy thuộc vào tính chất tự nhiên của đất nền và chiều dày lớp đất cần cải tạo, quá trình cố kết của đất tơi xốp có thể kéo dài từ 1 đến 3 tuần sau khi tiến hành nổ mini. Trong trường hợp đất cần cải tạo là đất chặt thì quá trình cố kết có thể kéo dài đến 3 tháng.

3. TÍNH TOÁN LÝ THUYẾT

Trong phần lớn các trường hợp, quá trình chuẩn bị các biện pháp cải tạo đất được tiến hành theo kinh nghiệm tùy thuộc kết quả thí nghiệm và khảo sát tại hiện trường ghi nhận trạng thái ban đầu, trạng thái kế tiếp của đất nền trước và sau quá trình chịu tải trọng nổ mini.



Hình 5. Mô hình lý thuyết

Các mô hình lý thuyết tính toán tải trọng nổ trong lòng đất hiện nay chưa đưa ra được lời giải cho bài toán tính toán phân bố độ chặt của đất trong không gian khối đất nhưng có thể hỗ trợ đắc lực cho việc chuẩn bị các dự án cải tạo đất bằng phương pháp nổ ngầm thông qua việc xác định các đặc trưng cơ học của đất cũng như hiệu quả lan truyền năng lượng vụ nổ trong đất.

Một lý thuyết mang tính thực tiễn do Tamaskovics đề xuất cho phép tính toán được các đặc trưng cơ học một cách gần tuyến tính trong hệ tọa độ trụ do các sóng xung kích của vụ nổ gây ra lan tỏa từ một nguồn duy nhất ra toàn bộ không gian trong lòng khối đất.

Trong mô hình tính toán, quá trình lan truyền sóng xung kích diễn ra trong toàn bộ không gian đất là hỗn hợp của ba thành phần gồm kết cấu các hạt đất mịn có chứa nước và khí đồng thời trong lỗ rỗng. Trong đó, các hạt cứng và nước được xem là không thể nén được, còn thành phần khí có thể nén được. Kết cấu các hạt đất mịn được xem có tính nén cho đến khi bão hòa nước hoàn toàn.

Từ kết quả tính toán lý thuyết có thể xác định được vùng chịu ảnh hưởng của tác động nổ. Tuy nhiên, việc tính toán lý thuyết độ chặt đạt được dưới tác động của vụ nổ hiện vẫn chưa thực hiện được.

Hình 5 minh họa mô hình lý thuyết về lan truyền sóng xung kích. Tại thời điểm xảy ra vụ nổ, một làn sóng xung kích xuất phát từ bề mặt khối chất nổ lan truyền ra toàn bộ không gian xung quanh với vận tốc lan truyền $c_{(t)}$. Tọa độ không gian của tường sóng xung kích được xác định bằng hàm $r_{0(t)}$. Do hiện tượng nén đột ngột pha khí tại vị trí mặt sóng xung kích, độ chặt của đất được giả thiết sẽ thay đổi từ giá trị độ chặt ban đầu p_0 đến giá trị độ chặt cuối cùng p_1 và (duy trì) không đổi trong suốt quá trình lan truyền của sóng. Trên bề mặt sóng cung kích, vận tốc và áp lực trong đất cũng thay đổi đột ngột từ giá trị ban đầu v_0, p_0 sang giá trị v_1, p_1 tương ứng. Giả thiết tại tọa độ không gian r_{1max} nhất định quá trình lan truyền sóng kết thúc. Tại thời điểm này, biên phễu khí nổ sẽ lan đến tọa độ $r_{0,max}$ của hệ tọa độ không gian.

Việc đơn giản hóa các giả thiết cho phép chúng ta giải bài toán lan truyền sóng xung kích trong đất bằng phương trình vi phân thông thường dưới đây:

$$\ddot{r}_0^* + F^*(r_0^*, \beta, \nu).\dot{r}_0^{*2} = Q^*(r_0^*, p_0^*, \kappa^*, \beta, \nu)$$

Phương trình cho ta thấy mức độ phụ thuộc tọa độ không gian của biên phễu khí nổ $r_{0(t^*)}^*$ theo tham số thời gian t^*. Dấu "." trên đầu các đại lượng là ký hiệu đạo hàm theo thời gian. Các hàm ảnh hưởng không thứ nguyên F^* và Q^* trong phương trình (1) không chỉ phụ thuộc vào tọa độ không gian của biên phễu khí nổ r_0^* mà còn phụ thuộc vào tỷ lệ thể tích ban đầu của pha khí trong đất p, hệ số đẳng truyền nhiệt entropy của khí nổ Ke, áp suất ban đầu trong đất p_0^* và hệ số đối xứng v, có xét đến các dạng khác nhau của khối chất nổ trong hệ tọa độ phẳng, trụ và cầu.

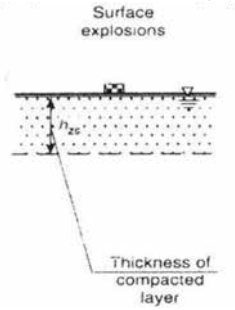
Cải tạo đất yếu bằng công nghệ nổ mini có hai cách phân loại chính:

- Tùy thuộc vào hình dạng khối chất nổ;
- Tùy thuộc vào sơ đồ bố trí các khối chất nổ.

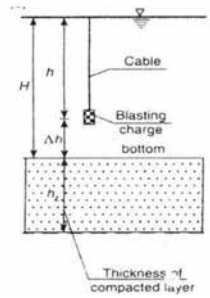
Hình dạng khối chất nổ có thể có dạng cầu hoặc dạng trụ.

Theo sơ đồ bố trí khối chất nổ, có thể phân chia thành các loại sau:

- Nổ trên bề mặt: Khi các khối chất nổ được đặt trên mặt đất (Hình 6) hoặc trên mặt đáy khu nước (Hình 7).

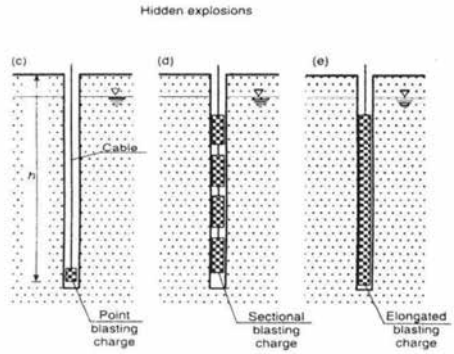


Hình 6. Khối nổ đặt trên mặt đất



Hình 7. Khối nổ đặt trong nước

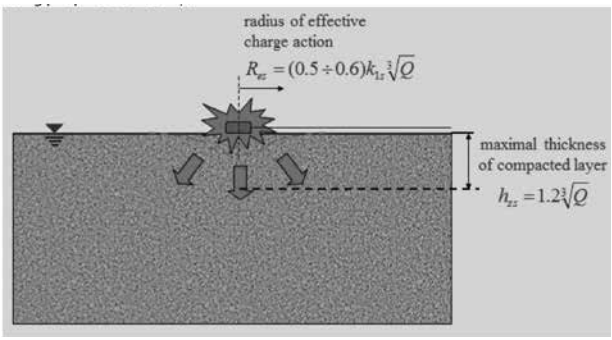
- Nổ ngầm: Khi các khối chất nổ được đặt trong lòng lớp đất cần cải tạo (Hình 8c, d, e).



Hình 8. Khối nổ đặt ngầm trong đất

Dưới đây là các công thức cần thiết cho việc tính toán thực tế và triển khai các đồ án thiết kế. Các công thức này được thiết lập trên cơ sở thực nghiệm và cần phải xác định được các yếu tố: Khối lượng thuốc nổ, bán kính ảnh hưởng, chiều dày của lớp đất cần cải tạo, chiều dày lớp đất phía trên (khối chất nổ), bán kính của rãnh tiêu nước bằng cát.

- Đối với phương pháp nổ trên bề mặt:



Hình 9. Bán kính ảnh hưởng của nổ trên mặt đất

Bán kính vùng tác động R_{es} (m) được xác định bằng công thức sau:

$R_{es} = (0,5 \mid 0,6)k_{13}.\sqrt[3]{Q}$

Trong đó:

Q - Khối lượng của khối chất nổ (kg);

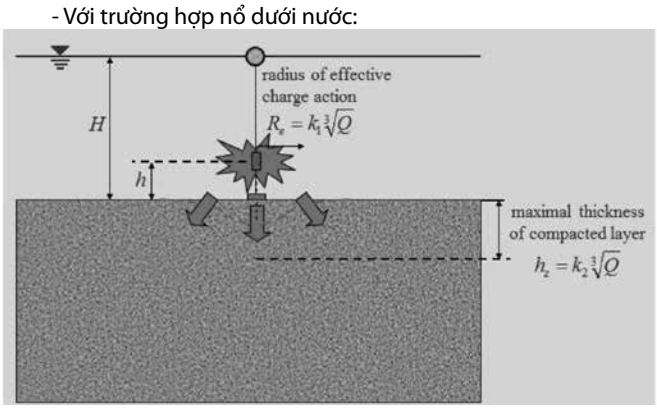
k_{13} = 2,5 ÷ 3,0 [5];

Chiều dày của lớp đất được cải tạo h_{zs}:

$$h_{zs} = 1,2.k_{13}.\sqrt[3]{Q}$$

Tác động nén đất của nổ trên bề mặt nhỏ hơn đáng kể so với nổ dưới nước hoặc nổ ngầm.

- Với trường hợp nổ dưới nước:



Hình 10. Bán kính ảnh hưởng khi nổ dưới nước

Trọng lượng khối chất nổ Q (kg) được tính bằng công thức:

$Q = 0,1.H^{2,46}$

Trong đó: H - Chiều sâu khu nước (m).

Bán kính ảnh hưởng của vụ nổ R_e được tính bằng:

$R_e = k_1.\sqrt[3]{Q}$ Với k_1 = 2,5 ÷ 3,0

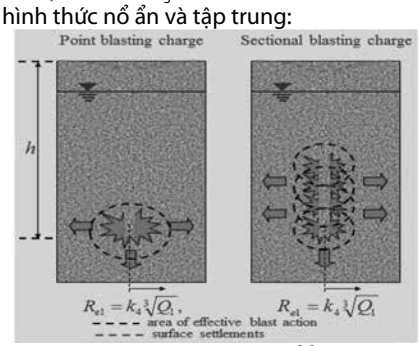
Chiều dày của lớp đất bị nén:

$h_z = k_2.\sqrt{Q}$ Với k_2= 4,5 ÷ 5,0

Khoảng cách giữa vị trí đặt khối chất nổ với đáy khu nước Δ*h* được tính bằng:

$\Delta h = k_3.(\sqrt[3]{Q})^{1,95}$ Với k_3 = 0,35.h

- Với hình thức nổ ẩn và tập trung:



Hình 11. Bán kính ảnh hưởng với trường hợp nổ ẩn và tập trung

Trọng lượng khối chất nổ Q1 (kg) được tính bằng công thức:

$Q_1 = 0,055.h^3$

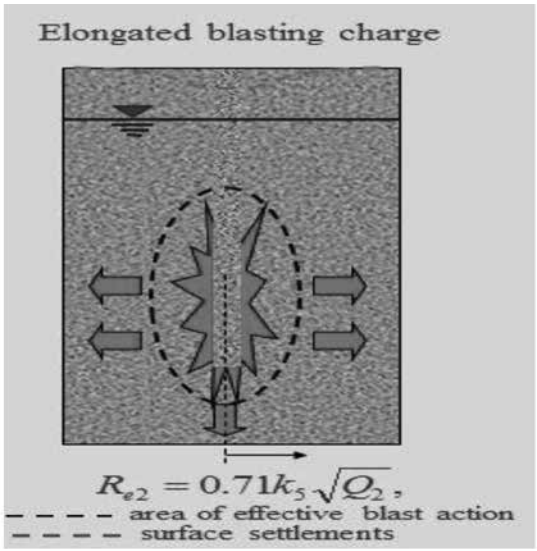
Trong đó: h (m) - Chiều sâu của khối thuốc nổ dưới mặt đất.

Bán kính ảnh hưởng của vụ nổ R_{e1} được tính bằng:

$R_{e1} = k_4.\sqrt[3]{Q_1}$

Với k_4 = 2,5 ÷ 3,0

- Với hình thức nổ ẩn và kéo dài:



Hình 12. Bán kính ảnh hưởng với trường hợp nổ ẩn và kéo dài

Bán kính ảnh hưởng của vụ nổ R_{e2} được tính bằng:

$R_{e2} = 0,71k_5.\sqrt{Q_2}$ Với k_5 = 2,5 ÷ 3,0

Trong đó: Q2 - Khối lượng đơn vị của khối thuốc nổ.

Bán kính R_p của rãnh tiêu nước bằng cát:

$R_p = k_p.\sqrt{Q_2}$ Với k_p = 0,20 ÷ 0,35

Bán kính R_{ep} khối chất nổ được đặt trong lòng lớp đất cần cải tạo:

$R_{ep} = k_6.\sqrt{Q}$ Với k_6 = 3.5 ÷ 4.5

4. KẾT LUẬN

Công nghệ nổ mini làm tăng đáng kể sức chịu tải của nền đất lại không gây nguy hiểm cho tính mạng hoặc sức khỏe con người cũng như các tòa nhà lân cận với điều kiện quy trình cải tạo đất được lên kế hoạch phù hợp, được thiết kế cẩn thận và thực hiện bởi các nhà thầu có trình độ, kinh nghiệm và khoảng cách phù hợp với hiện trường vụ nổ là khoảng 30 - 50 m. Đây là một trong các biện pháp cải tạo đất hiệu quả và rất đáng được quan tâm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Ngọc Bích (2011), Các phương pháp cải tạo đất yếu trong xây dựng, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[2]. D.T. Bergado, J.C. Chai, M.C. Alfaro, A.S. Balasubramaniam (1993), Những biện pháp kỹ thuật mới cải tạo đất yếu trong xây dựng, NXB. Giáo dục.

[3]. W.B Gohj, M.G: Jefferies, J.A: Howie and D. Diggle (2000), Explosive compaction: design, implementation and effectiveness, Géotechnique.

[4]. Walker R. and Indraratna B. (2009), Consolidation analysis of a stratified soil with vertical and horizontal drainage using the spectral method, Geotechnique.

[5]. Joseph E. Bowles (1997), Foundation Analysis and Design (Fifth edition), Mc-Graw-Hill.

[6]. R.F. Craig (2004), Soil Mechanics, Spon Press.

■Ngày nhận bài: 06/3/2025 ■Ngày sửa bài: 25/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp Local Outlier Factor trong phát hiện ngoại lai kết quả đo GNSS-RTK quan trắc chuyển dịch cầu hệ dây tại Việt Nam

Research on the application of local outlier factor in detecting outliers in GNSS-RTK measurements for monitoring cable-stayed bridge displacements in Vietnam

> TS NGUYỄN THÙY LINH, TS LÊ KHÁNH GIANG*
Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: gianglk@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống GNSS-RTK đã được triển khai rộng rãi trong quan trắc chuyển dịch cầu dây văng. Tuy nhiên, dữ liệu thu thập thường chứa các giá trị ngoại lai do nhiều nguyên nhân khác nhau, ảnh hưởng đến độ tin cậy của kết quả phân tích. Trong nghiên cứu này, thuật toán Local Outlier Factor (LOF) được áp dụng để phát hiện và loại bỏ các điểm dữ liệu ngoại lai trong tập dữ liệu GNSS-RTK thu thập tại cầu Cần Thơ. Kết quả cho thấy, LOF có khả năng nhận diện hiệu quả các giá trị bất thường, giúp cải thiện độ chính xác của dữ liệu quan trắc. Những phát hiện từ nghiên cứu này góp phần cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn và áp dụng thuật toán phát hiện ngoại lai, từ đó nâng cao độ chính xác trong giám sát và bảo trì các công trình cầu hệ dây.

Từ khóa: GNSS-RTK, ngoại lai, Local Outlier Factor, quan trắc chuyển dịch, cầu hệ dây.

ABSTRACT

The monitoring of cable-stayed bridge displacements using the GNSS-RTK system has been widely implemented. However, the collected data often contain outliers due to various factors, affecting the reliability of the analysis results. In this study, the Local Outlier Factor (LOF) algorithm is applied to detect and eliminate outliers in the GNSS-RTK dataset collected from the Can Tho Bridge. The results demonstrate that LOF effectively identifies anomalous values, enhancing the accuracy of monitoring data. These findings provide a scientific basis for selecting and applying outlier detection algorithms, thereby improving the accuracy of bridge monitoring and maintenance.

Keywords: GNSS-RTK, outliers, Local Outlier Factor, displacement monitoring, cable-stayed bridges.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh hiện nay, việc đảm bảo an toàn và duy trì hiệu quả hoạt động của các công trình cầu, đặc biệt là cầu hệ dây luôn là mối quan tâm hàng đầu của các nhà quản lý và kỹ sư xây dựng. Quan trắc chuyển dịch của cầu thông qua hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu - đo động thời gian thực (Global Navigation Satellite System-Real-Time Kinematic - GNSS-RTK) đã được áp dụng rộng rãi nhờ tính linh hoạt và độ chính xác cao [1-2]. Tuy nhiên, dữ liệu thu thập từ hệ thống GNSS-RTK thường gặp phải vấn đề nhiễu loạn và xuất hiện các giá trị ngoại lai do các nguyên nhân như lỗi đo, điều kiện thời tiết khắc nghiệt, nhiễu tín hiệu từ môi trường hoặc các tác động bên ngoài không lường trước [3-4].

Việc có mặt của các giá trị ngoại lai không chỉ làm giảm độ tin cậy của dữ liệu mà còn ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình phân tích, đánh giá tình trạng của kết cấu cầu. Các phương pháp xử lý dữ liệu truyền thống, mặc dù đã được áp dụng nhưng vẫn chưa thể hoàn toàn khắc phục được vấn đề này, đặc biệt trong các bộ dữ liệu có độ phức tạp cao [5]. Trong những năm gần đây, các thuật toán học máy không giám sát, điển hình là Local Outlier Factor (LOF) - được giới thiệu bởi tác giả Breunig và cộng sự (2000) [6] - đã chứng tỏ khả

năng phát hiện ngoại lai hiệu quả trong nhiều lĩnh vực. Tuy nhiên, hiện nay vẫn chưa có nghiên cứu nào đề cập đến việc ứng dụng của LOF trong việc xử lý dữ liệu GNSS-RTK cho quan trắc chuyển dịch cầu hệ dây, đặc biệt trong điều kiện Việt Nam.

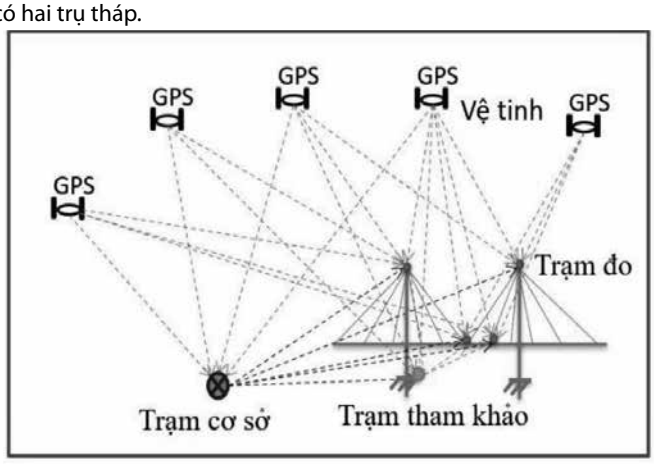
Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá khả năng ứng dụng của phương pháp LOF trong việc phát hiện các giá trị ngoại lai từ dữ liệu GNSS-RTK thu thập trong quá trình quan trắc tại các công trình cầu hệ dây ở Việt Nam. Qua đó, nghiên cứu mong muốn đưa ra các khuyến nghị cụ thể nhằm nâng cao độ tin cậy của dữ liệu quan trắc, từ đó hỗ trợ quá trình đánh giá và bảo trì công trình một cách hiệu quả hơn.

2. NỘI DUNG

2.1. Cơ sở lý thuyết nghiên cứu

2.1.1. Nguyên lý hoạt động của GNSS-RTK trong quan trắc cầu dây văng

GNSS-RTK là một kỹ thuật định vị tiên tiến dựa trên hệ thống vệ tinh toàn cầu (GNSS) kết hợp với phương pháp hiệu chuẩn vi sai thời gian thực cho kết quả đo là giá trị tọa độ và độ cao tức thời của điểm đo. Nguyên tắc định vị GNSS-RTK trong các hệ thống quan trắc sức khỏe kết cấu (SHM) của cầu dây văng được triển khai bằng cách xây dựng một trạm cơ sở (Base) thường đặt tại một điểm đã biết tọa độ, độ cao hoặc được kết nối với điểm đã biết tọa độ, độ cao gần công trình cầu, cùng với một hoặc nhiều máy thu (Rover) đặt tại điểm cần xác định tọa độ, độ cao bao gồm tại các vị trí đặc trưng cần theo dõi như: Đỉnh tháp, giữa các nhịp cầu và đỉnh trụ. Cả hai loại máy đồng thời thu tín hiệu từ vệ tinh. Tại trạm Base, máy có thêm thiết bị phát sóng Radio link hoặc sóng 4G liên tục phát ra tín hiệu cải chính, số cải chính này sẽ được truyền tới các máy thu (Rover) nhằm mục đích hiệu chỉnh vị trí để đạt được độ chính xác cao. Hình 1 mô tả sơ đồ quan trắc GNSS-RTK của một cầu dây văng có hai trụ tháp.



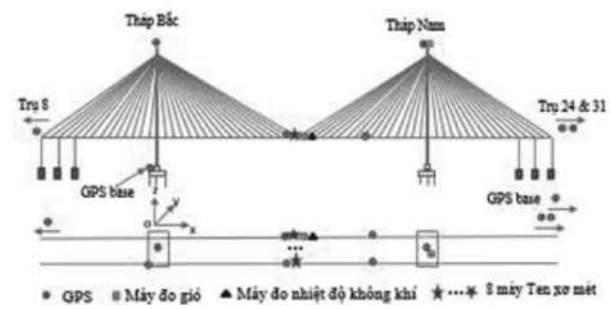
Hình 1. Sơ đồ quan trắc GNSS-RTK của cầu dây văng [7]

2.1.2. Hệ thống quan trắc GNSS-RTK của cầu dây văng Cần Thơ

Cầu Cần Thơ là cầu dây văng hai mặt phẳng dây, có chiều rộng 26 m, chiều dài cầu chính 2.750 m, trụ tháp cao 164,8 m. Nhịp chính dài 550 m, với đoạn giữa 210 m dùng dầm hộp thép lắp ghép với hộp bê tông đúc tại chỗ.

Hệ thống SHM được lắp đặt ngay khi cầu đưa vào sử dụng, gồm: Ăng-ten GNSS, cảm biến gió, camera, cảm biến nhiệt độ kết cấu và không khí, cảm biến mưa, ten-xơ-mét, gia tốc kế, cảm biến lực căng dây văng... Dữ liệu đo đồng thời được truyền qua cáp quang đến bộ lưu trữ và trung tâm quản lý cầu. Kết quả đo theo thời gian thực được tính trung bình theo các mốc 1 phút, 10 phút, 1 giờ, 1 ngày, làm cơ sở phân tích, đánh giá và báo cáo hàng quý.

Thuộc hệ thống SHM, hệ thống GNSS trên cầu gồm 2 trạm base, 9 máy rover, quan trắc liên tục bằng kỹ thuật RTK. Độ chính xác đo: Phương ngang ±(10mm+1ppm), phương đứng ±(20 mm+1 ppm) [8]. Sơ đồ vị trí thiết bị được thể hiện ở Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ vị trí lắp anten GNSS, máy đo gió, nhiệt độ không khí, ứng suất [8]

Trong quá trình quan trắc, dữ liệu GNSS-RTK chứa nhiều giá trị bất thường do nhiều nguyên nhân gây ra, ảnh hưởng đến độ tin cậy khi phân tích độ chính xác và tính toán chuyển vị thực tế. Dó đó, các dữ liệu ngoại lai cần thiết phải được phát hiện và loại bỏ trước khi tiến hành các phân tích chuyên sâu.

2.1.3. Phương pháp Local Outlier Factor

Phương pháp Local Outlier Factor (LOF) là một kỹ thuật khai thác ý tưởng về việc sử dụng các mẫu lân cận để phát hiện ngoại lệ. LOF hoạt động dựa trên nguyên tắc rằng các điểm dữ liệu bình thường có mật độ phân bố dày đặc, trong khi điểm ngoại lai thường có mật độ thấp hơn và cách xa các điểm khác. Phương pháp này tính toán hệ số LOF cho từng điểm, phản ánh mức độ "ngoại lai" dựa trên sự chênh lệch mật độ so với các điểm lân cận [6]. Thuật toán Local Outlier Factor (LOF) thực hiện các bước sau để xác định điểm ngoại lai trong tập dữ liệu:

- Bước 1: Xác định tập k-láng giềng gần nhất (k-nearest neighbors)

+ Với mỗi điểm dữ liệu A, xác định tập k-láng giềng gần nhất $N_k(A)$ dựa trên khoảng cách Euclidean (hoặc một metric khác).

+ Khoảng cách k-th gần nhất của điểm A là khoảng cách từ A đến điểm xa nhất trong nhóm k hàng xóm.

- Bước 2: Tính khoảng cách tiếp cận (Reachability Distance)

+ Khoảng cách tiếp cận từ một điểm A đến một điểm hàng xóm B được tính bằng:

$$RD_k(A,B) = \max\left(k - distance(B), d(A,B)\right) \quad (1)$$

Trong đó:

K - distance (B) - Khoảng cách của B đến hàng xóm xa nhất trong tập k-láng giềng.

d(A,B) - Khoảng cách thực tế giữa A và B.

+ Nếu A nằm rất gần B thì giá trị $RD_k(A,B)$ được điều chỉnh để tránh ảnh hưởng của nhiễu.

- Bước 3: Tính mật độ tiếp cận địa phương (Local Reachability Density - LRD)

+ Mật độ tiếp cận địa phương của điểm A là nghịch đảo của giá trị trung bình của khoảng cách tiếp cận đến tất cả các hàng xóm:

$$LRD_k(A) = \frac{1}{\frac{\sum_{B \in N_k(A)} RD_k(A,B)}{|N_k(A)|}} \quad (2)$$

+ Nếu A nằm trong vùng có mật độ cao, thì $LRD_k(A)$ lớn.

- Bước 4: Tính Local Outlier Factor (LOF)

+ Hệ số LOF của A là tỷ số giữa mật độ tiếp cận trung bình của hàng xóm so với mật độ tiếp cận của A:

$$LOF_k(A) = \frac{\sum_{B \in N_k(A)} LRD_k(B)}{|N_k(A)| . LRD_k(A)} \quad (3)$$

+ Giá trị LOF thể hiện mức độ khác biệt của mật độ điểm A so với các điểm lân cận:

$LOF_k(A) \approx 1 \rightarrow$ A có mật độ tương đương với các điểm lân cận (không phải ngoại lai).

$LOF_k(A) < 1 \rightarrow$ A nằm trong vùng có mật độ cao hơn lân cận (inlier - điểm dữ liệu bình thường).

$LOF_k(A) > 1 \rightarrow$ A nằm trong vùng có mật độ thấp hơn lân cận (outlier - ngoại lai tiềm năng).

Phương pháp LOF không chỉ xác định điểm ngoại lai dựa trên các đặc trưng thống kê mà còn xem xét mối quan hệ giữa các điểm dữ liệu trong không gian. Đây là một công cụ hiệu quả trong việc phát hiện điểm bất thường, đặc biệt khi chúng không tuân theo phân phối chuẩn và không có ranh giới rõ ràng.

- Bước 5: Đánh giá và gán nhãn ngoại lai

+ Chọn một ngưỡng $LOF_{threshold}$, thường là LOF > 1.5 hoặc LOF > 2, để xác định điểm ngoại lai.

+ Các điểm có giá trị LOF lớn hơn ngưỡng được coi là ngoại lai, trong khi các điểm khác được coi là bình thường.

2.1.4. Phương pháp đánh giá hiệu quả mô hình - Sử dụng chỉ số Silhouette

Silhouette Score là một chỉ số thường dùng để đánh giá chất lượng phân cụm. Nó đo mức độ tách biệt giữa các cụm và mức độ chặt chẽ trong mỗi cụm. Công thức:

$$S(i) = \frac{b(i) - a(i)}{max\,(b(i), a(i))} \quad (4)$$

Trong đó:

a(i) - Khoảng cách trung bình từ điểm i đến các điểm trong cùng cụm;

b(i) - Khoảng cách trung bình từ điểm i đến các điểm trong cụm gần nhất khác;

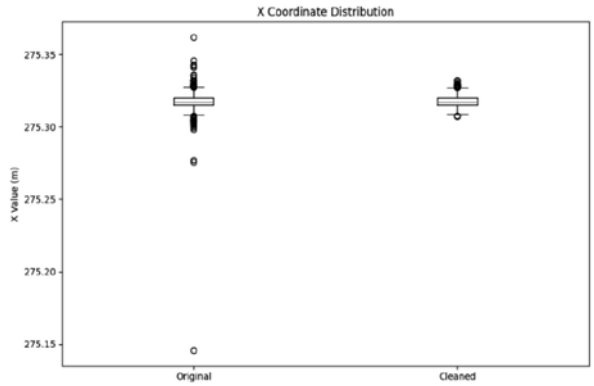
S(i) có giá trị từ –1 đến 1:

Phân cụm kém từ –1.0 đến 0,2;

Phân cụm khá từ 0,2 đến 0,5;

Phân cụm tốt từ 0.5 đến 1,0.

2.2. Tính toán thực nghiệm



Hình 3. Sự phân bố của tọa độ X trước và sau khi lọc nhiễu bằng thuật toán LOF

Một bộ dữ liệu quan trắc GSNN-RTK với thời gian dài, liên tục của điểm giữa nhịp chính theo cả 3 phương X, Y, Z lúc cầu hoạt động bình thường theo chuỗi thời gian trung bình trong 10 phút của cầu Cần Thơ được trích xuất để nghiên cứu từ ngày 01/01 đến ngày 18/02/2016 bao gồm 2.078 dữ liệu. Trong quá trình quan trắc có một số lượng nhỏ mẫu bị ngoại lai. Áp dụng thuật toán LOF để phát hiện và loại bỏ ngoại lai trong bộ dữ liệu.

Kết quả phân tích cụ thể như sau:

Hình 3 biểu diễn sự phân bố của tọa độ X trước và sau khi lọc nhiễu bằng thuật toán LOF.

** Trước khi lọc (Original):*

- Có nhiều điểm ngoại lai (outliers) thể hiện qua các dấu tròn phía trên và dưới hộp boxplot.
- Phạm vi của dữ liệu gốc khá rộng, có một số giá trị rất thấp (≈275,15 m) và rất cao (≈275,35 m).
- Khoảng tứ phân vị lớn, cho thấy sự phân tán đáng kể của dữ liệu.

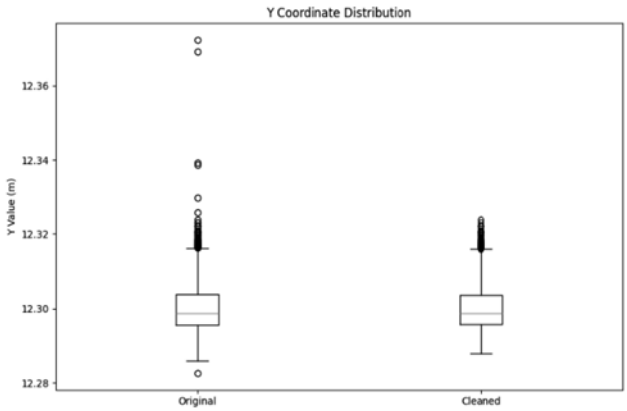
** Sau khi lọc (Cleaned):*

- Số lượng điểm ngoại lai giảm đáng kể, chỉ còn một số điểm nằm ngoài hộp boxplot.
- Dữ liệu sau lọc tập trung hơn quanh trung vị (median), cho thấy việc loại bỏ nhiễu hiệu quả.
- Khoảng tứ phân vị thu hẹp, chứng tỏ dữ liệu ít biến động hơn và ít bị ảnh hưởng bởi giá trị bất thường.

** Nhận xét kết quả phân tích trên trục X:*

- Số điểm ngoại lai: 62 (2,98%).
- Độ lệch chuẩn trước/sau: 0,0059/0,0037.

LOF đã làm sạch dữ liệu hiệu quả, giúp loại bỏ nhiễu và tập trung vào các giá trị chính xác hơn; phân bố sau lọc gần hơn với một phân bố chuẩn, cho thấy dữ liệu sau xử lý có độ tin cậy cao hơn.



Hình 4. Sự phân bố của tọa độ Y trước và sau khi lọc nhiễu bằng thuật toán LOF

Hình 4 biểu diễn sự phân bố của tọa độ Y trước và sau khi lọc nhiễu bằng thuật toán LOF.

** Trước khi lọc (Original):*

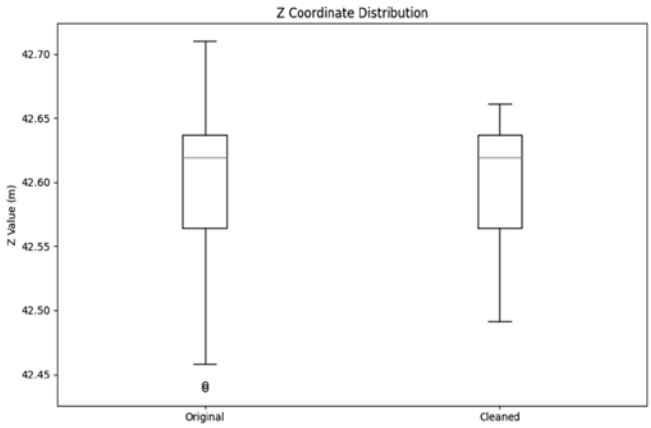
- Có nhiều điểm ngoại lai nằm phía trên khoảng 12,32 m, trong đó có một số điểm vượt quá 12,36 m.

** Sau khi lọc (Cleaned):*

- Vẫn giữ lại phần lớn phân bố chính của dữ liệu, nhưng số lượng điểm ngoại lai đã giảm đáng kể.
- Trung vị của dữ liệu gần như không thay đổi, điều này chứng tỏ phương pháp làm sạch chủ yếu nhắm đến các điểm bất thường mà không làm dịch chuyển phân bố trung tâm.

** Nhận xét kết quả phân tích trên trục Y:*

- Số điểm ngoại lai: 62 (2,98%).
- Độ lệch chuẩn trước/sau: 0,0072/0,0066.
- Loại bỏ hiệu quả các điểm ngoại lai: Đặc biệt là các giá trị cao bất thường (> 12,34 m).
- Giữ nguyên cấu trúc phân bố chính: Trung vị và vùng phân bố chính (~12,29 m - 12,31 m) không thay đổi đáng kể.
- Dữ liệu làm sạch có chất lượng tốt hơn: Ít nhiễu hơn, phù hợp để tiếp tục các bước phân tích.



Hình 5. Sự phân bố của độ cao Z trước và sau khi lọc nhiễu bằng thuật toán LOF

Hình 5 biểu diễn sự phân bố của độ cao Z trước và sau khi lọc nhiễu bằng thuật toán LOF.

** Trước khi lọc (Original):*

- Có một số điểm ngoại lai thấp (outliers) nằm dưới 42,45 m.

** Sau khi lọc (Cleaned):*

- Có phân bố tương tự nhưng đã loại bỏ một số điểm ngoại lai.
- Phần thân hộp không thay đổi nhiều, cho thấy dữ liệu chủ yếu được lọc các giá trị bất thường mà không ảnh hưởng đến phân phối chung.

** Nhận xét kết quả phân tích trên trục Z:*

- Số điểm bị loại bỏ: 62 (2,98%).
- Độ lệch chuẩn trước/sau: 0,0433/0,0419.

Việc lọc nhiễu chủ yếu tác động đến các giá trị bất thường mà không làm thay đổi đáng kể phần thân hộp, cho thấy quá trình xử lý đảm bảo duy trì tính toàn vẹn của dữ liệu gốc.

** Sử dụng chỉ số Silhouette đánh giá hiệu quả mô hình:*

- Giá trị Silhouette Score = 0,523 > 0,5, cho thấy mô hình có độ chính xác tốt trong phát hiện ngoại lai.
- Ngoại lai có xu hướng chênh lệch nhẹ ở trục X và Y, nhưng có sự chênh lệch đáng kể theo trục Z, cho thấy có thể liên quan đến lỗi đo độ cao.

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

3.1. Kết luận

Nghiên cứu này đã áp dụng thuật toán LOF để phát hiện và loại bỏ nhiễu trong dữ liệu quan trắc GNSS của cầu dây văng. Kết quả cho thấy:

- Cải thiện chất lượng dữ liệu: LOF đã loại bỏ hiệu quả các điểm ngoại lai, giúp dữ liệu trở nên tập trung hơn, giảm biến động và tăng độ tin cậy.
- Phân bố dữ liệu hợp lý hơn: Sau khi lọc, dữ liệu có xu hướng gần với phân bố chuẩn hơn, tránh ảnh hưởng của các giá trị bất thường.
- Tăng cường độ chính xác của mô hình phân tích: Việc loại bỏ nhiễu giúp cải thiện chất lượng đầu vào cho các mô hình dự đoán và phân tích dao động của cầu.

Tuy nhiên, một số điểm ngoại lai nhẹ vẫn còn tồn tại trong dữ liệu sau lọc, cho thấy cần có sự cân nhắc trong việc điều chỉnh tham số của thuật toán.

3.2. Kiến nghị

- Xác minh nguồn gốc lỗi: Kiểm tra lại dữ liệu đầu vào, đặc biệt là tọa độ Z.
- Có thể điều chỉnh các tham số như contamination hoặc k (n_neighbors) để tối ưu hóa kết quả.
- Thử nghiệm các phương pháp khác như DBSCAN, Isolation Forest hoặc One-Class SVM để so sánh hiệu suất.
- Áp dụng AI và học sâu (Deep Learning) để xây dựng mô hình nhận diện bất thường trong dữ liệu quan trắc cầu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-CT-010.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Xi, R., Jiang, W., Meng, X., Chen, H., & Chen, Q. (2018), Bridge monitoring using BDS-RTK and GPS-RTK techniques. Measurement, 120, 128-139.

[2]. Nguyễn Thùy Linh, Hồ Lan Hương, Lê Văn Hiến, Lê Đức Hải (2018), Nghiên cứu đánh giá độ chính xác số liệu quan trắc chuyển dịch cầu dây văng theo phương đứng bằng kỹ thuật đo GPS - RTK, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, số 67, tr.41-48.

[3]. Yang Deng, Yingjie Zhao, Hanwen Ju, Ting-Hua Yi, Aiqun Li. (2024), Abnormal data detection for structural health monitoring: State-of-the-art review, Developments in the Built Environment 17 - 100337.

[4]. Huy Dinh Nguyen, Trong Dinh Tran (2023), Detecting outliers in GNSS position time series using machine learning techniques, Journal of Mining and Earth Sciences, 64 (4).

[5]. Zilong Wang, Young-Jin Cha. (2022), Unsupervised machine and deep learning methods for structural damage detection: A comparative study, Engineering Reports.

[6]. Breunig, M. M., Kriegel, H. P., Ng, R. T., & Sander, J. (2000), LOF: identifying density-based local outliers, In Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on Management of data.

[7]. Lê Văn Hiến, Lê Minh Ngọc, Trần Đức Công (12/2024), Nghiên cứu phương pháp tiền xử lý dữ liệu quan trắc liên tục GNSS của cầu dây văng nhiều trụ tháp, Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, tập 75, số 9, 2345-2355.

[8]. Nippon Koei Co. LTD, Chodai Co, LTD liên doanh với Tedi South (2010), Tóm tắt Báo cáo kỹ thuật thiết kế hệ thống quan trắc kết cấu cầu Cần Thơ.

■Ngày nhận bài: 10/3/2025 ■Ngày sửa bài: 25/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 15/4/2025

Kế toán doanh thu của doanh nghiệp vận tải theo Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế

Accounting for revenue of transport enterprises according to International Financial Reporting Standard

> TS PHẠM THỊ LAN ANH
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: ptlananh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Áp dụng Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế (IFRS) nhằm tăng tính minh bạch, nâng cao chất lượng báo cáo tài chính và thu hút đầu tư nước ngoài. IFRS 15 "Doanh thu từ hợp đồng với khách hàng" giúp doanh nghiệp vận tải quản lý doanh thu bền vững hơn, tránh các rủi ro về báo cáo tài chính. Các doanh nghiệp vận tải cần nghiên cứu, có phương án chủ động triển khai để hội nhập quốc tế và tối ưu quản trị tài chính. Bài báo tóm lược những khác biệt trong kế toán doanh thu theo Chuẩn mực Kế toán Việt Nam VAS 14 "Doanh thu và thu nhập khác" và theo Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế IFRS 15 "Doanh thu từ hợp đồng với khách hàng"; những thuận lợi, khó khăn khi triển khai kế toán doanh thu theo IFRS và các yếu tố đặc thù doanh nghiệp vận tải cần xem xét khi thực hiện quá trình chuyển đổi kế toán.

Từ khóa: Áp dụng IFRS 15, doanh nghiệp vận tải, chuyển đổi sang IFRS.

ABSTRACT

Apply International Financial Reporting Standards (IFRS) to increase transparency, improve financial reporting quality and attract foreign investment. IFRS 15 "Revenue from contracts with customers" helps transport businesses manage revenue more sustainably, avoiding financial reporting risks. Transport businesses need to research and have proactive implementation plans to integrate internationally and optimize financial management. The article summarizes the differences in revenue accounting according to Vietnamese Accounting Standards VAS 14 "Revenue and other income" and according to International Financial Reporting Standards IFRS 15 "Revenue from contracts with customers"; Advantages and disadvantages of implementing revenue accounting according to IFRS and specific factors that transport enterprises need to consider when implementing the accounting conversion process.

Keywords: Applying IFRS 15, transportation businesses, converting to IFRS.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày 16/3/2020, Bộ Tài chính đã ban hành Quyết định số 345/QĐ-BTC phê duyệt đề án áp dụng Chuẩn mực Báo cáo Tài chính tại Việt Nam. Theo đó, lộ trình áp dụng Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế (IFRS) chia làm 3 giai đoạn, trong đó áp dụng bắt buộc sau năm 2025 với một số đối tượng doanh nghiệp. Ngành vận tải đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế, với các hợp đồng dịch vụ dài hạn, thanh toán trước và các mô hình kinh doanh phức tạp. Việc áp dụng IFRS 15 "Doanh thu từ hợp đồng với khách hàng" (Revenue from Contracts with Customers) là xu hướng tất yếu để giúp các doanh nghiệp vận tải chuẩn hóa báo cáo tài chính theo thông lệ quốc tế. Việc nghiên cứu triển khai kế toán doanh thu theo IFRS 15 không chỉ là yêu cầu tuân thủ mà còn giúp doanh nghiệp nâng cao năng lực cạnh tranh và tối ưu hóa quản lý tài chính.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Doanh thu trong doanh nghiệp vận tải

Doanh thu trong doanh nghiệp vận tải phản ánh số tiền thu được từ hoạt động vận chuyển hàng hóa, hành khách và các dịch vụ liên quan. Các loại doanh thu có thể khác nhau tùy theo mô hình kinh doanh của doanh nghiệp.

- Doanh thu từ vận tải hàng hóa: Cước phí vận chuyển hàng hóa; phí dịch vụ bổ sung (phí bốc xếp, phí bảo hiểm hàng hóa, phí lưu kho); phí phụ trội (phí cầu đường, phí giao hàng nhanh…).

- Doanh thu từ vận tải hành khách: Thu từ bán vé vận chuyển hành khách; thu từ cung cấp dịch vụ bổ sung (suất ăn, dịch vụ ghế VIP…).

- Doanh thu từ dịch vụ logistics đi kèm: Dịch vụ lưu kho, phân phối hàng hóa; dịch vụ giao nhận, khai báo hải quan; dịch vụ cho thuê xe tải, container, phương tiện vận chuyển.

- Doanh thu khác: Phí hủy chuyến, phí trễ hạn; dịch vụ bảo dưỡng, sửa chữa phương tiện thuê; kinh doanh quảng cáo trên xe khách, tàu hỏa, máy bay.

2.2. Kế toán doanh thu theo chuẩn mực kế toán

Kế toán doanh thu của doanh nghiệp vận tải theo Chuẩn mực Kế toán Việt Nam (VAS) thực hiện theo VAS 14 - doanh thu và thu nhập khác, theo Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế (IFRS) thực hiện theo IFRS 15: Doanh thu từ hợp đồng với khách hàng (Revenue from Contracts with Customers). Hai chuẩn mực này có một số điểm khác biệt quan trọng, đặc biệt là trong cách ghi nhận doanh thu, thời điểm ghi nhận và cách hạch toán các nghĩa vụ thực hiện. Dưới đây là các khác biệt chính:

* VAS tập trung ghi nhận doanh thu khi đã phát sinh giao dịch bán hàng hoặc cung cấp dịch vụ và khách hàng chấp nhận thanh toán, trong khi đó IFRS dựa trên hợp đồng và quyền lợi kinh tế, yêu cầu doanh thu được ghi nhận khi kiểm soát hàng hóa hoặc dịch vụ được chuyển giao.

** Nguyên tắc ghi nhận doanh thu:*

- VAS 14: Áp dụng nguyên tắc dựa trên cơ sở dồn tích và khi thỏa mãn 5 điều kiện (chuyển giao phần lớn rủi ro và lợi ích, quyền kiểm soát hàng hóa/dịch vụ đã chuyển giao, doanh thu được xác định một cách đáng tin cậy, có khả năng thu được lợi ích kinh tế, xác định được chi phí liên quan). Doanh thu vận tải được ghi nhận khi:

+ Hợp đồng có hiệu lực;

+ Doanh thu có thể xác định một cách đáng tin cậy;

+ Dịch vụ đã hoàn thành phần lớn hoặc hoàn thành toàn bộ.

- IFRS 15: Áp dụng nguyên tắc ghi nhận doanh thu theo nghĩa vụ thực hiện, tức là doanh thu được ghi nhận theo từng giai đoạn hoặc khi nghĩa vụ hợp đồng được hoàn thành. Ghi nhận doanh thu theo 5 bước (xác định hợp đồng với khách hàng; xác định các nghĩa vụ thực hiện trong hợp đồng; xác định giá giao dịch; phân bổ giá giao dịch cho từng nghĩa vụ thực hiện; ghi nhận doanh thu khi thực hiện hoặc khi hoàn thành nghĩa vụ). Doanh thu vận tải có thể được ghi nhận:

+ Theo từng giai đoạn cung cấp dịch vụ nếu dịch vụ được thực hiện liên tục (ví dụ: Hợp đồng vận tải dài hạn).

+ Hoặc ghi nhận một lần tại thời điểm hoàn thành dịch vụ nếu nghĩa vụ hoàn thành tại một thời điểm (ví dụ: Vé máy bay, vận tải hàng hóa một lần).

** Phân bổ doanh thu:*

- VAS 14: Không có yêu cầu bắt buộc về phân bổ doanh thu theo nghĩa vụ thực hiện.

- IFRS 15: Yêu cầu xác định nghĩa vụ thực hiện riêng biệt trong hợp đồng, doanh thu được phân bổ theo giá trị hợp lý của từng phần dịch vụ.

Ví dụ: Một doanh nghiệp vận tải bán gói dịch vụ bao gồm vận tải hàng hóa và bảo hiểm hàng hóa. Theo VAS 14: Có thể ghi nhận toàn bộ doanh thu khi dịch vụ chính (vận tải) hoàn thành. Theo IFRS 15: Phải phân bổ doanh thu cho từng nghĩa vụ thực hiện (vận tải, bảo hiểm) và ghi nhận doanh thu tương ứng khi từng phần hoàn thành.

** Hợp đồng vận tải dài hạn:*

- VAS 14: Doanh thu thường được ghi nhận khi dịch vụ hoàn thành.

- IFRS 15: Có thể ghi nhận doanh thu theo phương pháp tỷ lệ hoàn thành nếu hợp đồng đủ điều kiện.

Ví dụ: Hợp đồng vận tải hàng hóa theo tuyến cố định kéo dài 6 tháng. Theo VAS 14: Có thể ghi nhận doanh thu vào cuối kỳ khi dịch vụ hoàn tất. Theo IFRS 15: Ghi nhận doanh thu từng tháng theo tiến độ thực hiện.

** Giảm giá, chiết khấu và bồi thường:*

- *VAS 14:* Giảm giá, chiết khấu được ghi nhận vào khoản giảm trừ doanh thu khi có quyết định từ công ty.

- *IFRS 15:* Giảm giá, chiết khấu phải được ước tính và ghi nhận ngay từ đầu hợp đồng (nếu có thể ước tính đáng tin cậy).

** Ghi nhận doanh thu từ vé vận tải trước (vé máy bay, tàu hỏa, xe khách…):*

- VAS 14: Thường ghi nhận khi dịch vụ vận tải hoàn tất.

- IFRS 15: Doanh thu từ vé được ghi nhận vào khoản nghĩa vụ thực hiện khi khách hàng mua vé trước và chỉ ghi nhận vào doanh thu khi dịch vụ được thực hiện.

Ví dụ: Khách hàng mua vé máy bay trước 3 tháng. Theo VAS 14: Ghi nhận doanh thu khi chuyến bay diễn ra. Theo IFRS 15: Trước khi bay, số tiền này được ghi nhận là nghĩa vụ thực hiện, sau khi chuyến bay hoàn tất thì mới chuyển sang doanh thu.

** Chi phí phát sinh liên quan đến doanh thu vận tải:*

- VAS 14: Ghi nhận theo từng kỳ kế toán khi phát sinh chi phí.

- IFRS 15: Chi phí liên quan đến hợp đồng có thể được vốn hóa nếu đáp ứng điều kiện (chi phí thu được hợp đồng), ví dụ chi phí phát triển hệ thống đặt vé có thể được vốn hóa và phân bổ dần.

** Tình huống kế toán doanh thu của doanh nghiệp vận tải*: Giả sử Công ty A là doanh nghiệp vận tải cung cấp dịch vụ vận chuyển hàng hóa từ Hà Nội đến TP.HCM theo hợp đồng với Công ty B. Tổng giá trị hợp đồng là 1 tỷ đồng (chưa bao gồm thuế giá trị gia tăng 10%), trong đó:

- Phí vận chuyển: 800 triệu đồng;

- Dịch vụ lưu kho tại TP.HCM trong 3 tháng: 200 triệu đồng.

Ngày ký hợp đồng: 01/01/N.

Khách hàng đã thanh toán trước: 300 triệu đồng khi ký hợp đồng.

Ngày vận chuyển hàng hóa: 15/01/N.

Ngày hàng đến TP.HCM: 20/01/N.

Dịch vụ lưu kho hoàn tất: 20/04/N.

1) Kế toán doanh thu theo VAS 14 - Doanh thu và thu nhập khác.

Theo VAS, doanh thu chỉ ghi nhận khi doanh nghiệp đã chuyển giao rủi ro và lợi ích của dịch vụ. Trong trường hợp này:

- Ngày 01/01/N, ghi nhận tiền ứng trước.

- Ngày 20/01/N, khi hàng đến TP.HCM, Công ty ghi nhận toàn bộ 1 tỷ đồng vào doanh thu, vì rủi ro hàng hóa đã được chuyển giao.

- Không cần tách riêng phần lưu kho, có thể ghi nhận toàn bộ cùng thời điểm.

Bút toán ghi nhận ứng trước:

Nợ 111/112 - Tiền mặt/Tiền gửi ngân hàng: 300.000.000

Có 131 - Phải thu khách hàng: 300.000.000

Bút toán ghi nhận doanh thu theo VAS (20/01/N):

Nợ 131 - Phải thu khách hàng: 1.100.000.000

Có 511 - Doanh thu cung cấp dịch vụ: 1.000.000.000

Có 3331 - Thuế GTGT đầu ra: 100.000.000

(Doanh thu từ dịch vụ lưu kho (200 triệu đồng) cũng được ghi nhận ngay trong tháng 1/N, mặc dù dịch vụ này kéo dài đến tháng 4/N.)

2) Kế toán doanh thu theo IFRS 15 - Doanh thu từ hợp đồng với khách hàng

Theo IFRS 15, doanh thu được ghi nhận khi quyền kiểm soát được chuyển giao cho khách hàng. Ở đây, có hai nghĩa vụ thực hiện:

- Dịch vụ vận chuyển hàng hóa (800 triệu đồng) → Ghi nhận khi hàng đến TP.HCM ngày 20/01/N.

- Dịch vụ lưu kho (200 triệu đồng) → Ghi nhận dần theo từng tháng (từ 20/01 - 20/04/N).

Bút toán ghi nhận ứng trước:

Nợ 111/112 - Tiền mặt/Tiền gửi ngân hàng: 300.000.000

Có 338 - Phải trả, phải nộp khác (nghĩa vụ thực hiện): 300.000.000

Bút toán ghi nhận doanh thu vận tải (20/01/N):

Nợ 338 - Phải trả, phải nộp khác (nghĩa vụ thực hiện): 880.000.000

Có 511 - Doanh thu dịch vụ vận tải: 800.000.000

Có 3331 - Thuế GTGT đầu ra: 80.000.000

Bút toán ghi nhận doanh thu lưu kho (mỗi tháng 66,67 triệu đồng từ 20/01 đến 20/04):

Nợ 338 - Phải trả, phải nộp khác (nghĩa vụ thực hiện): 73.340.000

Có 511 - Doanh thu dịch vụ lưu kho: 66.670.000

Có 3331 - Thuế GTGT đầu ra: 6.670.000

(Số này được ghi nhận vào các tháng 1, 2, 3 và 4)

(Doanh thu từ lưu kho được phân bổ hợp lý, phản ánh đúng bản chất dịch vụ)

Qua ví dụ trên có thể tóm tắt sự khác biệt như sau:

Tiêu chí	VAS 14	IFRS 15
Thời điểm ghi nhận doanh thu	Toàn bộ 1 tỷ đồng ghi nhận ngày 20/01/N	800 triệu ghi nhận ngày 20/01/N, 200 triệu phân bổ từ 20/01 đến 20/4
Cách ghi nhận nghĩa vụ thực hiện	Không phân tách vận chuyển và lưu kho	Phân tách vận chuyển và lưu kho
Doanh thu lưu kho	Ghi nhận ngay trong tháng 1	Ghi nhận dần theo tiến độ dịch vụ
Ảnh hưởng đến báo cáo tài chính	Doanh thu dồn vào 1 kỳ, không phản ánh đúng thời gian thực hiện dịch vụ	Doanh thu được phản ánh phù hợp với quá trình cung cấp dịch vụ

2.3. Thuận lợi, khó khăn khi chuyển đổi kế toán doanh thu từ VAS 14 sang IFRS 15

Việc chuyển đổi kế toán doanh thu của doanh nghiệp vận tải từ VAS 14 sang IFRS 15 mang lại cả thuận lợi và khó khăn, đặc biệt liên quan đến cách ghi nhận doanh thu, phân bổ nghĩa vụ thực hiện và hạch toán hợp đồng vận tải dài hạn.

** Thuận lợi:*

- Nâng cao tính minh bạch và chuẩn hóa báo cáo tài chính

+ IFRS 15 yêu cầu ghi nhận doanh thu theo nghĩa vụ thực hiện, giúp phản ánh chính xác hơn tình hình hoạt động của doanh nghiệp;

+ Giúp so sánh dễ dàng với các công ty vận tải quốc tế áp dụng IFRS, tạo lợi thế khi gọi vốn hoặc hợp tác với đối tác nước ngoài.

- Phản ánh đúng bản chất kinh tế của hợp đồng vận tải

IFRS 15 yêu cầu ghi nhận doanh thu theo tiến độ thực hiện hoặc khi hoàn thành dịch vụ, giúp doanh nghiệp phản ánh chính xác doanh thu hơn so với VAS 14, vốn chỉ dựa vào thời điểm hoàn thành dịch vụ.

- Hỗ trợ quản lý tài chính tốt hơn

+ Doanh thu và chi phí được phân bổ hợp lý hơn, giúp lập kế hoạch dòng tiền chính xác hơn;

+ Hạn chế tình trạng biến động lớn về lợi nhuận do doanh thu được ghi nhận đều theo tiến độ thay vì dồn vào cuối kỳ.

- Tăng khả năng tiếp cận vốn quốc tế

+ Nhà đầu tư và ngân hàng quốc tế ưu tiên các doanh nghiệp sử dụng IFRS do tính minh bạch cao hơn;

+ Các doanh nghiệp vận tải niêm yết trên thị trường chứng khoán có thể thu hút nhiều nguồn vốn hơn.

** Khó khăn:*

- Phức tạp trong ghi nhận doanh thu

IFRS 15 yêu cầu doanh nghiệp phải xác định nghĩa vụ thực hiện riêng biệt trong hợp đồng vận tải, trong khi VAS 14 chỉ ghi nhận doanh thu chung.

Ví dụ: Một công ty vận tải bán vé máy bay kèm dịch vụ ăn uống trên máy bay, theo IFRS 15, phải tách riêng doanh thu của từng dịch vụ thay vì ghi nhận chung một lần.

- Đòi hỏi thay đổi hệ thống kế toán và phần mềm quản lý

+ Cần nâng cấp hệ thống quản lý thông tin, phần mềm kế toán để phù hợp với IFRS 15, đặc biệt là việc theo dõi doanh thu theo nghĩa vụ thực hiện;

+ Tốn kém chi phí triển khai và đào tạo nhân sự kế toán.

- Cần đánh giá lại hợp đồng và chính sách giá

Hợp đồng vận tải dài hạn cần được điều chỉnh để phù hợp với IFRS 15 (tách riêng nghĩa vụ thực hiện, ghi nhận doanh thu từng giai đoạn).

Ví dụ: Hợp đồng vận tải hàng hóa 6 tháng, trước đây ghi nhận doanh thu một lần khi hoàn tất, giờ phải ghi nhận theo từng tháng → ảnh hưởng đến báo cáo tài chính và chỉ số lợi nhuận.

- Ảnh hưởng đến kết quả kinh doanh trong giai đoạn đầu chuyển đổi

+ Khi chuyển từ VAS 14 sang IFRS 15, doanh thu có thể bị điều chỉnh lại, dẫn đến chênh lệch doanh thu và lợi nhuận trong năm đầu tiên;

+ Nếu doanh thu trước đây được ghi nhận sớm theo VAS, khi chuyển sang IFRS, có thể bị trì hoãn, gây ảnh hưởng đến lợi nhuận trong kỳ.

- Yêu cầu đội ngũ kế toán có chuyên môn cao về IFRS

+ IFRS 15 đòi hỏi nhân sự kế toán phải có hiểu biết chuyên sâu về chuẩn mực quốc tế, trong khi các doanh nghiệp vận tải Việt Nam hiện tại vẫn quen với VAS;

+ Cần tổ chức đào tạo hoặc thuê chuyên gia tư vấn IFRS, làm tăng chi phí chuyển đổi.

2.4. Triển khai áp dụng IFRS 15 trong doanh nghiệp vận tải

Để chuyển đổi kế toán theo IFRS, về cơ bản doanh nghiệp cần: Lập kế hoạch chuyển đổi theo lộ trình; đầu tư nâng cấp hệ thống kế toán; đào tạo đội ngũ kế toán và tài chính; tư vấn chuyên gia IFRS; xây dựng lại mô hình tài chính (điều chỉnh mô hình dự báo doanh thu, lợi nhuận theo IFRS để tránh ảnh hưởng đến kế hoạch kinh doanh).

IFRS 15 - Doanh thu từ hợp đồng với khách hàng quy định cách ghi nhận doanh thu dựa trên việc chuyển giao quyền kiểm soát hàng hóa hoặc dịch vụ cho khách hàng. Đối với doanh nghiệp vận tải Việt Nam, việc áp dụng IFRS 15 cần xem xét các yếu tố sau:

- Xác định hợp đồng với khách hàng

Doanh nghiệp vận tải có nhiều loại hợp đồng khác nhau, như:

+ Vận tải hàng hóa (hợp đồng dài hạn hoặc từng chuyến);

+ Vận tải hành khách (vé lẻ, vé tháng, hợp đồng vận chuyển);

+ Dịch vụ logistics đi kèm (bốc dỡ, lưu kho, bảo hiểm hàng hóa).

Cần xác định rõ điều khoản hợp đồng, nghĩa vụ thực hiện và quyền lợi của các bên.

- Xác định nghĩa vụ thực hiện

Nghĩa vụ thực hiện là các dịch vụ mà doanh nghiệp cam kết cung cấp. Một số trường hợp phổ biến:

+ Vận tải đơn thuần (chỉ bao gồm di chuyển hàng hóa hoặc hành khách);

+ Dịch vụ trọn gói (gồm cả vận chuyển, lưu kho, bảo hiểm);

+ Dịch vụ bổ sung (chẳng hạn như phí bảo trì phương tiện cho khách hàng thuê dài hạn).

Doanh nghiệp phải phân tách các nghĩa vụ nếu chúng có thể được thực hiện riêng lẻ.

- Xác định giá giao dịch

Giá trị hợp đồng có thể bao gồm:

+ Giá cước vận tải cơ bản;

+ Phụ phí (nhiên liệu, phí cầu đường, bảo hiểm);

+ Biến động giá (chiết khấu, phạt chậm thanh toán, thưởng doanh số).

Cần ghi nhận giá giao dịch dựa trên giá trị có thể thu được hợp lý.

- Phân bổ giá giao dịch cho các nghĩa vụ thực hiện

Nếu hợp đồng có nhiều nghĩa vụ, doanh nghiệp phải phân bổ doanh thu hợp lý theo giá trị độc lập của từng phần.

- Ghi nhận doanh thu khi hoàn thành nghĩa vụ thực hiện

Doanh thu được ghi nhận khi khách hàng nhận được quyền kiểm soát dịch vụ.

+ Dịch vụ vận tải: Ghi nhận doanh thu khi hàng hóa/hành khách đến đích;

+ Hợp đồng dài hạn (ví dụ: hợp đồng thuê xe nhiều năm): Có thể ghi nhận doanh thu theo tiến độ nếu đáp ứng tiêu chí.

Nếu khách hàng trả trước, cần ghi nhận khoản tiền này là nghĩa vụ thực hiện và chỉ ghi nhận doanh thu khi dịch vụ hoàn tất.

3. KẾT LUẬN

Việc chuyển đổi kế toán từ VAS 14 sang IFRS 15 giúp phản ánh tình hình tài chính doanh nghiệp vận tải minh bạch hơn, nâng cao khả năng gọi vốn và quản lý tài chính, nhưng cũng gặp thách thức lớn về hệ thống kế toán, xác định hợp đồng với khách hàng và đào tạo nhân sự. Do đó, doanh nghiệp cần có chiến lược chuyển đổi từng bước để giảm thiểu rủi ro và đảm bảo tuân thủ chuẩn mực mới.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bdo. IFRS 15: revenue from contracts with customers - accounting issues in shipping, https://www.bdo.co.uk/getmedia/891ce9e0-f2a4-4063-be46-c9eb415a940d/IFRS15-Accounting-issues-in-shipping.pdf.aspx.

[2]. Deloitte (2021), Chuyển đổi Chuẩn mực Kế toán Việt Nam sang Chuẩn mực Báo cáo Tài chính quốc tế, Ấn phẩm 1 - phạm vi ảnh hưởng.

[3]. KPMG (2017), Accounting for revenue is changing, What's the impact on transport companies?, https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/cn/pdf/en/2017/03/Flyer-Revenue-for-Transport.pdf.

[4]. PWC (2017), New revenue guidance, Implementation in the transportation and logistics sector, https://www.pwc.com/gx/en/audit-services/ifrs/publications/ifrs-15/pwc-revenue-from-contracts-with-customers.pdf.

■Ngày nhận bài: 28/02/2025 ■Ngày sửa bài: 19/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Cải tiến thuật toán định tuyến địa lý chống tắc nghẽn cho mạng VANET dựa vào độ trễ cho phép của các gói tin

Improving congestion-aware geographical routing algorithm in VANET based on the allowable delay of packets

> TS VÕ TRƯỜNG SƠN
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: vtson@utc2.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu phương pháp cải tiến thuật toán định tuyến địa lý chống tắc nghẽn, có xét đến độ trễ cho phép của các gói tin của các ứng dụng khác nhau trong mạng VANET (IPGR). Phương pháp này sử dụng độ trễ cho phép của mỗi gói tin để thay thế cho giá trị TTL cố định. Đồng thời, một hệ mờ được sử dụng để quyết định xem một gói tin có được lưu vào bộ nhớ đệm hay không, tùy thuộc vào mức độ ưu tiên của gói tin đó và mức độ bị chiếm dụng của bộ nhớ đệm, nhằm phục vụ tốt hơn các dịch vụ có độ ưu tiên cao.

Từ khóa: Định tuyến địa lý, hệ số chiếm dụng bộ nhớ đệm, độ trễ cho phép của gói tin, mạng VANET, ITS.

ABSTRACT

This paper introduces a method to improve the congestion-aware geographic routing algorithm, taking into account the allowable delay of packets in various applications within VANET networks (IPGR). The proposed method uses the allowable delay of each packet to replace the fixed TTL value; additionally, a fuzzy system is employed to determine whether a packet should be stored in the buffer, depending on the packet's priority level and the buffer's occupancy level, to better serve high-priority services.

Keywords: Geographical routing, buffer occupancy factor, priority of applications, VANET, ITS.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mạng VANET đóng vai trò quan trọng trong việc truyền dữ liệu giữa các phương tiện giao thông với nhau hoặc giữa phương tiện giao thông với trạm bên đường (V2X). Hiệu quả hoạt động của thuật toán định tuyến là một trong những yếu tố quan trọng quyết định đến hiệu quả của mạng VANET nói riêng và của hệ thống giao thông thông minh (ITS) nói chung. Các nghiên cứu [1, 2] đã chia các giao thức định tuyến trong VANET thành hai nhóm là định tuyến theo vị trí địa lý và định tuyến theo đồ hình mạng. Tại [1], K.Z.Ghaarfor cũng đã chỉ ra rằng, hầu hết các giao thức định tuyến đang được áp dụng cho VANET đều thuộc nhóm theo vị trí địa lý. Đã có nhiều nghiên cứu về loại giao thức định tuyến địa lý [1-16]. Tuy nhiên, các giao thức của các nghiên cứu này đều không quan tâm tới mức độ ưu tiên khác nhau của các ứng dụng hoặc chỉ chia các ứng dụng thành hai nhóm: Vì mục đích an toàn và không vì mục đích an toàn nên hiệu quả định tuyến không cao. Trên thực tế, các ứng dụng vì mục đích an toàn có nhiều cấp độ ưu tiên về thời gian khác nhau [19]. Nghiên cứu [17] đã giới thiệu phương pháp định tuyến địa lý chống tắc nghẽn trong mạng VANET, có xét đến độ trễ cho phép (ĐTCP) của mỗi ứng dụng. Tuy nhiên, độ trễ này mới chỉ được áp dụng cho hệ mờ để tính toán chi phí chuyển tiếp gói tin mà chưa được áp dụng thay thế cho giá trị TTL cố định làm giảm hiệu quả của thuật toán định tuyến. Ngoài ra, việc lưu tất cả các gói tin vào bộ nhớ đệm của một nút khi không tìm thấy nút lân cận và bộ nhớ đệm chưa đầy sẽ dẫn đến tình huống gói tin của các ứng dụng có mức độ ưu tiên thấp chiếm hết bộ nhớ đệm và không còn chỗ cho gói tin của các ứng dụng có mức độ ưu tiên cao.

Bài báo này giới thiệu phương pháp cải tiến thuật toán định tuyến APGR và được gọi là IPGR. Phương pháp này xem xét chi tiết độ trễ cho phép của mỗi gói tin để so sánh với độ trễ cho phép của loại gói tin đó thay thế cho giá trị TTL. Bên cạnh đó, một hệ mờ được sử dụng để quyết định xem gói tin nào được lưu vào bộ nhớ đệm, tùy thuộc vào mức độ ưu tiên của gói tin và mức độ bị chiếm dụng của bộ nhớ đệm nhằm tránh hiện tượng quá tải cho bộ nhớ đệm này. Phần còn lại của bài báo gồm có các phần sau: Phần 2 mô tả thuật toán định tuyến, Phần 3 mô tả hệ mờ ra quyết định lưu trữ tại bộ nhớ đệm, kết quả mô phỏng được cho ở Phần 4 và cuối cùng, Phần 5 là kết luận.

2. THUẬT TOÁN ĐỊNH TUYẾN

VANET là một loại mạng WLAN tùy biến đặc biệt được dùng để kết nối V2X trong ITS. VANET mang lại nhiều ứng dụng tiện ích cho người tham gia giao thông. Có thể chia các ứng dụng này thành ba nhóm chính: (1) Vì mục đích an toàn, (2) không vì mục đích an toàn và (3) các ứng dụng khác [18-19]. Các ứng dụng như cảnh báo va chạm tại giao lộ, cảnh báo vi phạm tín hiệu điều khiển giao thông (ĐKGT), trợ giúp rẽ trái… thuộc nhóm thứ nhất. Các ứng dụng như thu phí không dừng, tải và cập nhật bản đồ… thuộc nhóm thứ hai. Các ứng dụng như hỗ trợ giới hạn tốc độ, định vị bãi đỗ xe, thanh toán xăng dầu, thu phí… thuộc nhóm thứ ba. Tùy theo tính chất quan trọng, [19] đã xác định độ trễ cho phép của từng ứng dụng trong các nhóm một và hai với các mức độ là 20 ms, 50 ms, 100 ms, 500 ms, 1s, 5s và không áp dụng độ trễ cho phép. Các ứng dụng thuộc nhóm ba cũng không áp dụng độ trễ cho phép.

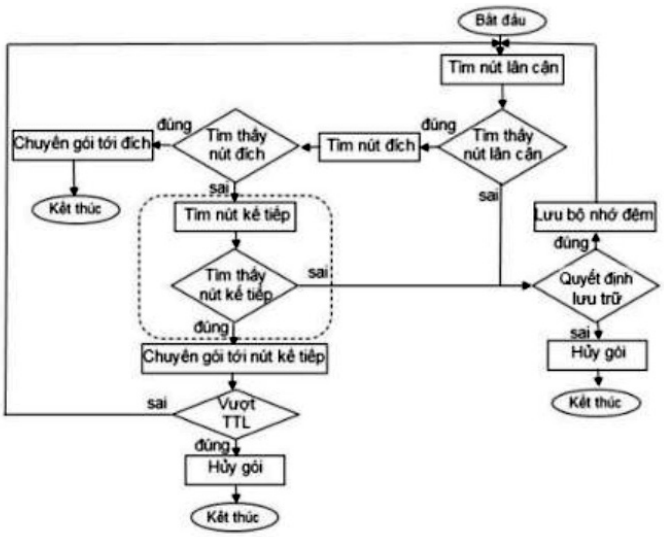
Định tuyến trong mạng Vanet là quá trình xác định một tuyến đường bao gồm các nút kế tiếp tiếp nhau để chuyển tiếp gói tin đến đích. Trong định tuyến địa lý, quyết định chuyển tiếp của nút hiện tại chủ yếu được thực hiện dựa trên vị trí của nút đích của gói tin và vị trí của các nút lân cận với nút hiện tại [14]. Sơ đồ các bước xử lý của giao thức định tuyến IPGR được biểu diễn tại Hình 1. Sơ đồ này khác với sơ đồ được giới thiệu tại APGR [17] ở điểm: (1) phép toán kiểm tra tại khối "*Vượt TTL*" và (2) khối kiểm tra "*Bộ nhớ đệm còn*" được thay thế bằng khối kiểm tra "*Quyết định lưu trữ*". Trước khi chuyển tiếp gói tin tới nút kế tiếp, nút hiện tại sẽ kiểm tra độ trễ của gói tin. Khác với các nghiên cứu trước đây, nơi mà giá trị TTL được sử dụng chung cho tất cả các gói tin, trong IPGR, giá trị của TTL của mỗi gói tin được gán bằng độ trễ cho phép của dịch vụ mà gói tin đó mang tin. Bảng 1 biểu diễn TTL của một số dịch vụ, được sử dụng để thay thế cho giá trị TTL cố định.

Bảng 1. Độ trễ cho phép của một số dịch vụ được gán cho giá trị TTL

Ứng dụng	TTL (*ms*)
Cảnh báo va chạm tại giao lộ	100
Cảnh báo vi phạm tín hiệu ĐKGT	100
Trợ giúp rẽ trái	100
Điều khiển luồng giao thông thông minh	1.000
Thu phí không dừng	50
Tải và cập nhật bản đồ	1.000

Ứng dụng	TTL (*ms*)
Cảnh báo va chạm tại giao lộ	100
Cảnh báo vi phạm tín hiệu ĐKGT	100
Trợ giúp rẽ trái	100
Điều khiển luồng giao thông thông minh	1.000
Thu phí không dừng	50
Tải và cập nhật bản đồ	1.000

Trong quá trình lựa chọn nút kế tiếp, IPGR vẫn sử dụng ba số liệu đầu vào bao gồm: (1) Vector khoảng cách của nút hiện tại với một nút lân cận, có tham chiếu đến vector nối nút hiện tại và nút đích, (2) tỷ lệ còn trống của bộ nhớ đệm tại nút lân cận và (3) độ trễ cho phép của gói tin. Có thể xem chi tiết hoạt động của thuật toán định tuyến tại [17].



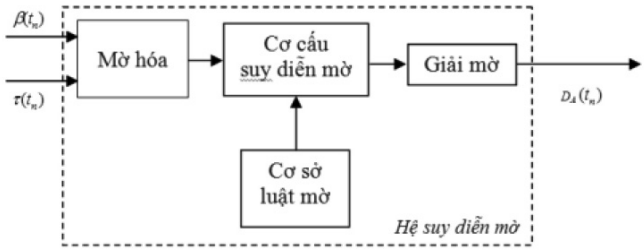
Hình 1. Sơ đồ khối các bước xử lý của giao thức định tuyến IPGR

3. HỆ MỜ QUYẾT ĐỊNH LƯU TRỮ

Hình 2 biểu diễn sơ đồ khối của hệ mờ được sử dụng để ra quyết định có thực hiện lưu trữ gói tin và bộ nhớ đệm hay không của IPGR. Hệ này được đặt tại các nút, hoạt động tại nút hiện tại C vào thời điểm t_n khi nút này không tìm được nút kế tiếp để chuyển tiếp gói tin và phải quyết định lưu trữ gói tin này vào vùng nhớ đệm hay hủy bỏ gói. Hệ mờ bao gồm một bộ mờ hóa, một cơ sở luật mờ, một cơ cấu suy diễn và một bộ giải mờ; lấy thông tin về mức độ ưu tiên của gói tin và mức độ chiếm bộ nhớ đệm làm các biến đầu vào, sử dụng một hệ suy diễn mờ để quyết định lưu trữ hay hủy bỏ gói tin. Một gói tin thuộc dịch vụ có độ ưu tiên cao sẽ được lưu trữ ngay cả khi bộ nhớ đệm gần đầy. Ngược lại, một gói tin thuộc dịch vụ có độ ưu tiên thấp sẽ bị hủy ngay cả khi bộ nhớ đệm chưa đến mức gần đầy. Biến đầu vào của hệ mờ là mức độ chiếm dụng bộ nhớ

đệm $\beta(t_n)$ và ĐTCP của gói tin $\tau(t_n)$, biến đầu ra của hệ mờ là giá trị rõ $D_A(t_n) \in [0; 1]$ của gói tin. Một gói tin sẽ được phép lưu trữ nếu giá trị $D_A(t_n)$ lớn hơn một giá trị ngưỡng D_{A0}. Trong hệ mờ này, bộ mờ hóa chuyển đổi giá trị tính được tại mỗi đầu vào $\beta(t_n)$ và $\tau(t_n)$ thành các giá trị ngôn ngữ tương ứng của các tập mờ. Hàm thuộc được lựa chọn cho biến đầu vào $\beta(t_n)$ có dạng tam giác và hình thang với các giá trị ngôn ngữ có dạng: $U(\beta(t_n))$ = {*Rỗng(R)*, *Vơi(V)*, *Đầy(Đ)*} [2]. Hàm thuộc được lựa chọn cho biến đầu vào $\tau(t_n)$ có dạng tam giác và hình thang với các giá trị ngôn ngữ có dạng: $U(\tau(t_n))$ = {Cực nhỏ (CN), Rất nhỏ (RN), Nhỏ (N), Trung bình (TB), Lớn (L), Rất lớn(RL), Không áp dụng(NA)}. Tập mờ của biến ngôn ngữ đầu ra của hệ mờ là $U(D_A(t_n))$ = {Chấp nhận (A), Chấp nhận yếu (WA), Từ chối yếu (WR), Từ chối (R)}.

Hình 2. Hệ suy diễn mờ của giao thức định tuyến



Luật hợp thành mờ được đặc trưng bởi một tập các trình bày ngôn ngữ dưới dạng các luật *If-Then*, theo đó các luật này mô tả mối quan hệ logic mờ giữa các biến ngôn ngữ đầu vào là $\beta(t_n)$ và $\tau(t_n)$ với biến ngôn ngữ đầu ra $D_A(t_n)$. Luật thứ *m* có dạng sau:

R_m: If (($\beta(t_n)$ is $\beta^m(t_n)$) and ($\tau(t_n)$ is $\tau^m(t_n)$)) Then ($D_A(t_n)$ is $D_A^m(t_n)$).

Bảng 2 biểu diễn ví dụ một số luật hợp thành của hệ mờ IPGR.

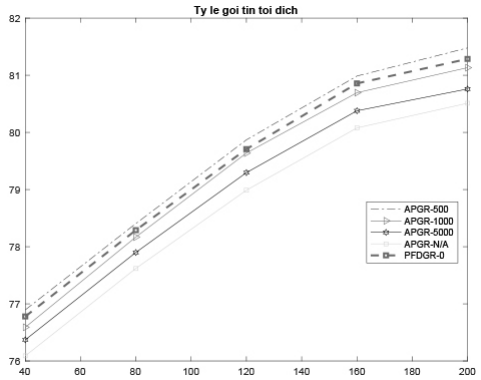
Bảng 2. Một số luật hợp thành của hệ mờ trong IPGR

$\beta(t_n)$	$\tau(t_n)$	$D_A(t_n)$
Đ	CN	WA
V	CN	A
R	N	A
V	RL	R

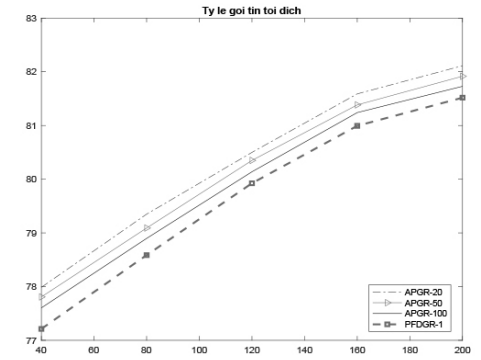
4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Kết quả nghiên cứu được mô phỏng trong môi trường MATLAB. Tuyến đường mô phỏng bao gồm ba đoạn có hai làn xe ngược chiều nhau với kích thước vùng mô phỏng là (1.000x3.000)m và bán kính đoạn đường cong là 200 m như trong [16, 17]. Số lượng phương tiện được phân bố đều trên cả tuyến đường và trên hai làn xe. Trong đó, số lượng nút nguồn phát các bản tin là 5 cũng được phân bố đều trong số các phương tiện đã có. Với mỗi nút, tốc độ di chuyển là ngẫu nhiên, phân bố đều từ 0 m/s đến 25 m/s; bán kính phủ sóng là 200 m; chu kỳ phát bản tin Hello là 1 giây; kích thước bộ nhớ đệm là 10 gói tin. Quá trình mô phỏng được thực hiện lặp lại 250 lần với thời gian cho mỗi lần mô phỏng là 160 giây; kết quả mô phỏng chỉ xem xét 100 giây, từ giây thứ 31 đến giây thứ 130 để tránh giai đoạn chuyển tiếp. Thông số được sử dụng để đánh giá hoạt động của mô hình là tỷ lệ gói tin tới đích (TLGTTĐ) và thời gian tới đích trung bình (TGTĐTB). Kết quả mô phỏng của IPGR được so sánh với kết quả của APGR trong [17] để chứng tỏ rằng cả hai thông số của IPRG đều hiệu quả hơn APGR ở các ứng dụng có độ ưu tiên cao và kém hơn ở các ứng dụng có độ ưu tiên thấp.

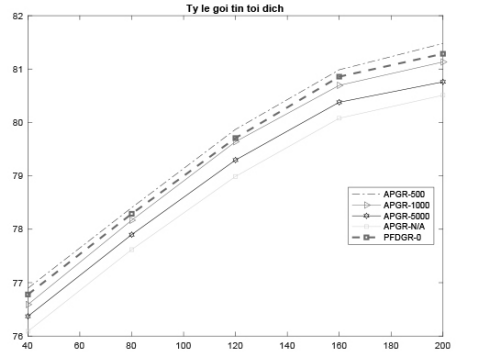
Hình 3 biểu diễn TLGTTĐ (%) của hai hai thuật toán tương ứng với mật độ phương tiện tăng dần *n x 40*, *n = 1, 2, 3, 4, 5*. Trong đó, Hình 3a biểu diễn kết quả của các dịch vụ có độ trễ cho phép 20 ms và 50 ms; Hình 3b là của các dịch vụ có độ trễ cho phép 100 ms và 500 ms; Hình 3c là của các dịch vụ có độ trễ cho phép 1.000 ms, 5.000 ms và N/A.



a)



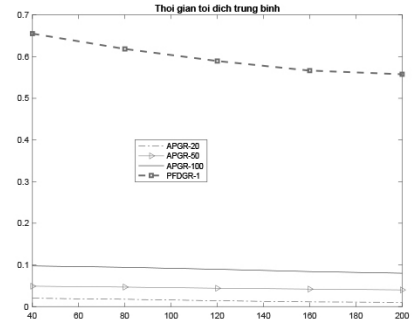
b)



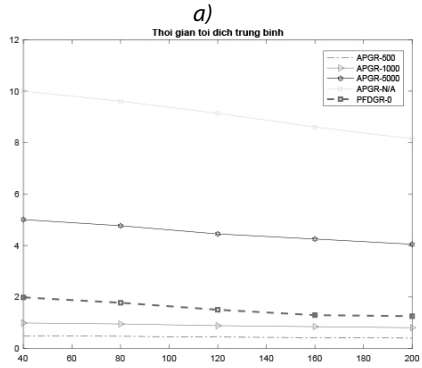
c)

Hình 3. TLGTTĐ (%) theo mật độ phương tiện

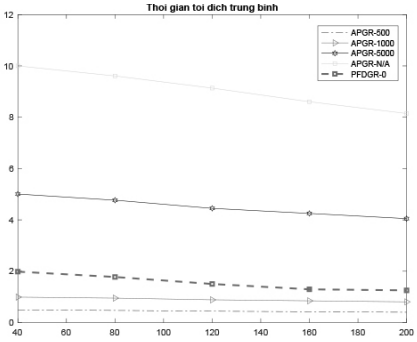
Hình 4 biểu diễn TGTĐTB (s) của gói tin trong hai thuật toán tương ứng với mật độ phương tiện tăng dần n x 40, n = 1, 2, 3, 4, 5. Trong đó, Hình 3a biểu diễn kết quả của các dịch vụ có độ trễ cho phép 20 ms và 50 ms; Hình 3b là của các dịch vụ có độ trễ cho phép 100 ms và 500 ms; Hình 3c là của các dịch vụ có độ trễ cho phép 1.000 ms, 5.000 ms và N/A.



a)



b)



c)

Hình 4. TGTĐTB (s) của các gói tin theo mật độ phương tiện

Kết quả mô phỏng ở Hình 3 cho thấy TLGTTĐ của các dịch vụ có ĐTCP 20 ms, 50 ms, 100 ms và 500 ms trong IPGR luôn cao hơn các dịch vụ tương ứng trong APGR; đồng thời thông số này của các dịch vụ có ĐTCP 1.000 ms, 5.000 ms và N/A trong IGRP luôn thấp hơn các dịch vụ tương ứng trong APGR. Kết quả mô phỏng ở Hình 4 cho thấy TGTĐTB của các gói tin thuộc các dịch vụ có ĐTCP 20 ms, 50 ms, 100 ms và 500 ms trong IPGR luôn thấp hơn các dịch vụ tương ứng trong APGR; đồng thời, thông số này của các dịch vụ có ĐTCP 1.000 ms, 5.000 ms và N/A trong IGRP luôn cao hơn các dịch vụ tương ứng trong APGR. Kết quả này chứng tỏ rằng IPGR đã có hiệu quả rõ rệt trong việc ưu tiên tài nguyên cho việc định tuyến các gói tin theo ĐTCP, tức là các gói tin thuộc các dịch vụ có yêu cầu về ĐTCP nhỏ sẽ được ưu tiên tài nguyên để định tuyến.

5. KẾT LUẬN

Bài báo này đã giới thiệu phương pháp định tuyến IPGR trong mạng VANET. Thuật toán này xem xét chi tiết ĐTCP của mỗi gói tin để so sánh với ĐTCP của loại gói tin đó thay thế cho giá trị TTL cố định. Bên cạnh đó, một hệ mờ được sử dụng để quyết định xem gói tin nào được lưu vào bộ nhớ đệm, tùy thuộc vào mức độ ưu tiên của gói tin và mức độ bị chiếm dụng của bộ nhớ đệm nhằm ưu tiên bộ nhớ đệm cho các dịch vụ có yêu cầu mức ưu tiên cao. Kết quả mô phỏng cho thấy rằng, thuật toán IPGR hoạt động hiệu quả trong việc ưu tiên tài nguyên mạng để định tuyến và chuyển tiếp các gói tin thuộc các ứng dụng yêu cầu độ ưu tiên cao, phục vụ cho các mục đích khác nhau của người dùng trong hệ thống ITS.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Kayhan Zrar Ghaarfor (July, 2012), Fuzzy logic-assisted geographical routing over vehicular ad hoc networks, Internationnal Journal of Innovative Computing, Information and Control, vol.8, Number 7(B).

[2]. Asst. Prof. Joel C. Delos Angeles, et al. (2015), Fuzzy Logic-Based Congestion-Aware Geographical Routing (CAGR) for Vehicular Ad-Hoc Networks (VANETs), APAMS.

[3]. Brad Karp, H. T. Kung (2000), GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks, Proc. Of the 2000 ACM International Conference on Mobile Computer and Netwwork, Boston, MA.

[4]. C. Lochert, et al. (2005), Geographic routing in city scenarios, ACM SIGMOBILE05, vol.9, no.1, pp.69-72.

[5]. B.C. Seet, et al. (9-14, May, 2004), A-STAR: A mobile ad hoc routing strategy for metropolis vehicular communications, in Proc. of the 3rd International IFIP-TC6 Networking Conference (Networking), pp.989-999.

[6]. Jiayu Gong, et al. (2007), Predictive Directional Greedy Routing in Vehicular Ad hoc Networks, 27th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW'07), Toronto, Canada.

[7]. B.Jarupan, et al. (2009), Location - and delay-aware cross-layer communication in v2i multihop vehicular networks, IEEE Communications Magazine, vol.47, no.11.

[8]. Deling Huang, et al. (2016), Prediction-Based Geographic Routing over VANETs, Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, vol.39, no.2, pp.157-164.

[9]. N.V. Dharani Kumari, et al. (2017), AMGRP: AHP-based Multimetric Geographical Routing Protocol for Urban environment of VANETs, Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences.

[10]. Vongpasith Phouthone, et al. (2017), Movement Direction Algorithm for Geographic Routing Protocol in Vehicular Networks, International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, vol.3, Issue2, pp.1175-1183.

[11]. Nguyễn Hồ Bá Hải (2014), Nghiên cứu giao thức định tuyến dựa trên hướng di chuyển của phương tiện trên mạng VANET, Luận văn Thạc sĩ, Đại học Bách khoa TP Hồ Chí Minh.

[12]. Đỗ Đình Cường (2017), Nghiên cứu cải tiến hiệu năng giao thức định tuyến AODV và AOMDV trong mạng MANET, Luận án Tiến sĩ, Học viện Khoa học và Công nghệ, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

[13]. Andrea Tomatis, et al. (2009), A Test Architecture for V-2-X Cooperative Systems Field Operational Tests, 9th International Conference on Intelligent Transport Systems Telecommunications, (ITST).

[14]. Võ Trường Sơn (2020), Một phương pháp định tuyến địa lý cho mạng VANET trong hệ thống giao thông thông minh, Tạp chí GTVT, số tháng 5.

[15]. Võ Trường Sơn, Lương Công Du (2020), Định tuyến địa lý chống tắc nghẽn trong mạng VANET dựa trên mức độ ưu tiên dịch vụ, Tạp chí GTVT, số tháng 9.

[16]. Võ Trường Sơn (2021), Định tuyến địa lý chống tắc nghẽn trong mạng VANET dựa vào hướng di chuyển của các phương tiện có xét đến mức độ ưu tiên, Tạp chí GTVT, số tháng 6.

[17]. Võ Trường Sơn (2024), Định tuyến địa lý chống tắc nghẽn trong mạng VANET dựa vào hướng di chuyển của các phương tiện có xét đến mức độ ưu tiên, Tạp chí GTVT, số tháng 5.

[18]. Adhao Prashant M, et al. (May, 2013), VANET: Application And Routing Protocol, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), vol.2, Issue 5.

[19]. Vehicle Safety Communications Project Task 3 Final Report, the U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, March 2005.

■Ngày nhận bài: 28/02/2025 ■Ngày sửa bài: 21/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/4/2025

Ảnh hưởng của kênh Tắt và cảng Duyên Hải đến diễn biến dòng chảy, xói lở và bồi lắng vùng cửa sông và ven biển tỉnh Trà Vinh

Influence of kenh Tat Channel on the current, erosion and deposition in the estuaries and coast of Tra Vinh

> PGS.TS NGUYỄN VIẾT THANH
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: vietthanh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Kênh Tắt được khơi thông tháng 01/2016 đã mở cửa cho tàu có trọng tải lớn vào sông Hậu và cảng Cần Thơ. Những năm đầu khai thác đã cho thấy hiệu quả cao trong quá trình vận tải hàng hóa của khu vực đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Tuy nhiên, hệ thống công trình đê chắn sóng của cảng Duyên Hải và kênh Tắt đã có những tác động đáng kể đến diễn biến xói lở và bồi lắng vùng cửa sông và ven biển tỉnh Trà Vinh. Nghiên cứu này dựa vào kết quả mô hình toán mô phỏng trong điều kiện gió mùa cho thấy việc phân chia lưu lượng ở cửa Đại An đã làm gia tăng bồi lắng cửa Định An và cả cửa Đại An, các tuyến đê của bể cảng Duyên Hải đã làm gián đoạn trường dòng chảy từ cửa Định An và cửa Cổ Chiên, tạo ra hai khu vực hoàn lưu gần bờ. Phía Nam đê Nam có xu hướng xói lở, nhưng giảm cường độ về phía Nam. Bãi biển khu vực Ba Động có xu thế dần ổn định, đảm bảo các hoạt động du lịch tắm biển.

Từ khóa: Bồi lắng, xói lở, lan truyền sóng, thủy động lực, vận chuyển bùn cát.

ABSTRACT

The Kenh Tat Channel was opened in January 2016 to allow large tonnage ships to enter the Hau River and Can Tho Port. The first years of operation have shown high efficiency in transporting goods in the Mekong Delta region. However, the breakwater system of Duyen Hai Port and Kenh Tat channel has significantly impacted the erosion and deposition of the estuary and coastal areas of Tra Vinh Province. This study is based on the results of simulation models under monsoon conditions, showing that the flow division at Dai An estuary has increased sedimentation at Dinh An estuary and Dai An estuary, the breakwaters of Duyen hai Port basin have interrupted the flow field from Dinh An estuary and Co Chien estuary and created two nearshore circulation areas. The south of the southern dyke tends to erode, but the intensity decreases towards the south. The beach in the Ba Dong area tends to stabilize gradually, ensuring beach tourism activities.

Keywords: Deposition, erosion, wave transmission, hydrodynamics, sediment transport.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bờ biển tỉnh Trà Vinh có chiều dài 65 km, được giới hạn bởi hai cửa sông lớn là cửa Cung Hầu ở phía Bắc và cửa Định An ở phía Nam. Cửa Định An là cửa ngõ giao thương quốc tế bằng đường biển của khu vực ĐBSCL, kết nối Trà Vinh với các tỉnh trong khu vực và với Vương quốc Campuchia [1]. Luồng tàu biển lớn vào sông Hậu được đưa vào sử dụng tháng 01/2016 đảm bảo cho tàu 10.000 DWT đầy tải và tàu 20.000 DWT giảm tải vào làm hàng. Tuy nhiên những năm gần đây, hiện tượng bồi lắng luồng tàu, khu vực bể cảng Duyên Hải đã xảy ra, đặc biệt là hiện tượng bùn lỏng [2]. Theo kết quả nghiên cứu của Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam giai đoạn 1990 - 2020, đường bờ biển của Trà Vinh xảy ra xói-bồi xen kẽ, tốc độ xói lở đạt từ -1 đến -10 m/năm, trong khi đó bồi lắng chỉ đạt +5 m/năm. Năm 2020, bờ biển tỉnh Trà Vinh bị sạt lở từ mức độ vừa đến lớn với chiều dài 14,5 km, chiếm 22,31% tổng chiều dài. Bờ biển huyện Duyên Hải, huyện Cầu Ngang và khu vực phía Bắc cửa sông Định An hàng năm

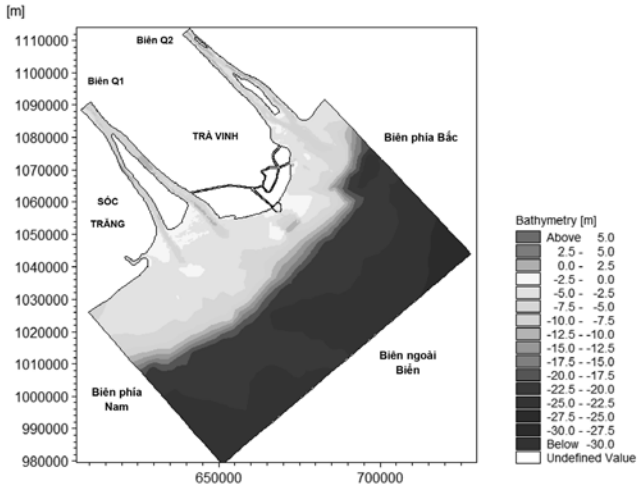
được bồi lấp khá mạnh với tốc độ bồi lấp lên đến +20 m/năm [3].

Theo kết quả khảo sát năm 2018, khối lượng bồi lắng cho các khu vực trước bến, vũng quay tàu, luồng chung và luồng riêng của ba đợt khảo sát tuy có khác nhau nhưng giá trị khá lớn từ 6,8 đến 7,4 triệu m^3 mỗi đợt. Như vậy, có thể thấy rằng tốc độ bồi lắng trung bình mỗi năm có thể đạt 7 triệu m^3 [4]. Khối lượng nạo vét duy tu năm 2020 gần 2,98 triệu m^3 [5].

Như vậy, sau khi kênh Tắt được đưa vào sử dụng thì một lượng dòng chảy khá lớn từ sông Hậu đã chuyển sang kênh Quan Chánh Bố thông qua cửa Đại An rồi chảy ra bể cảng Duyên Hải và ra biển. Hai tuyến đê của bể cảng Duyên Hải có tác dụng làm gián đoạn dòng chảy dọc bờ biển tỉnh Trà Vinh. Để có cái nhìn tổng quát về ảnh hưởng của kênh Tắt và bể cảng Duyên Hải, bài báo này sử dụng mô hình toán để đánh giá sự biến đổi về dòng chảy, xói lở và bồi lắng các cửa sông và ven biển tỉnh Trà Vinh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Mô hình toán trong nghiên cứu này được thực hiện với phạm vi diện tích khoảng (120x140)km (Hình 1). Biên thượng lưu của sông Hậu cách Đại Ngãi khoảng 5 km, ở sông Tiền, các trạm thủy văn Trà Vinh 3 km, sông Mỹ Thanh cách cửa Mỹ Thanh khoảng 7 km. Biên ngoài biển phía Nam cách cửa Mỹ Thanh khoảng 40 km, biên phía Bắc cách trạm Bến Trại khoảng 10 km. Các bước thực hiện như dưới đây:



Hình 1. Phạm vi mô hình khu vực nghiên cứu

- Bước 1: Mô phỏng giai đoạn 1 được thực hiện dựa trên các thông số mô hình khi chưa có kênh tắt, thời gian mô phỏng 20 ngày, từ ngày 04/5/2004 đến 24/5/2004.

- Bước 2: Tính toán các sai số tuyệt đối (Mean Absolut Error-MEA) và sai số trung bình quân phương (Root Mean Square Error-RMSE), nếu kết quả sai số bé chứng tỏ kết quả mô phỏng tốt, nếu sai số lớn quay về bước 1 với điều chỉnh hệ số Manning, mực nước tại các biên, nồng độ bùn cát ở thượng lưu, hệ số Nikuradse. Sau khi mô phỏng xong lấy kết quả tính toán MAE và RMSE để làm cơ sở đánh giá độ chính xác của các mô hình.

- Bước 3: Khi các giá trị MEA và RMSE đã khá tốt, tiến hành lấy bộ thông số mô hình vừa tìm được để mô phỏng giai đoạn 2 trong 18 ngày, từ ngày 12/9/2009 đến 30/9/2009. Kết quả mô phỏng được sử dụng để tiếp tục tính toán MEA và RMSE. Khi các giá trị này bé hơn so với kết quả mô phỏng giai đoạn 1 sẽ lấy các thông số mô hình để mô phỏng giai đoạn 3.

- Bước 4: Mô phỏng giai đoạn 3 để kiểm định lại mô hình và nghiên cứu diễn biến khu vực nghiên cứu với thời gian 365 ngày, từ ngày 01/01/2017 đến 31/12/2017 và phân tích kết quả.

Kết quả tính toán MEA và RMSE cho lần kiểm định với số liệu đo năm 2017 tại điểm W7 có vị trí $9^0$30'N, $106^0$30'E cách bờ biển Trà Vinh khoảng 5,5 km thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Kết quả tính toán MEA và RMSE của các thông số mô hình tại điểm W7

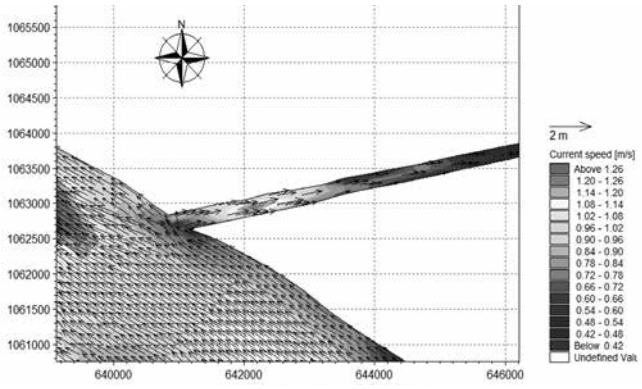
Thông số	RMSE	Chênh lệch (%)	MEA	Chênh lệch (%)
Vận tốc dòng chảy (m/s)	0,12	17,6	0,10	13,9
Hướng dòng chảy (độ)	36,2	17,9	16,5	8,4
Chiều cao sóng (m)	0,08	15,3	0,09	10,4
Chu kỳ sóng (s)	0,35	16,2	0,59	9,2
Hướng sóng (độ)	56,0	23,6	73,0	21,9
Hàm lượng bùn cát lơ lửng SSC (kg/m^3)	0,071	24,5	0,069	21,4

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

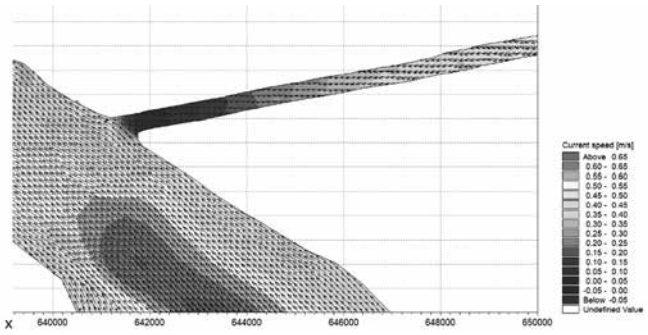
3.1. Tác động đến diễn biến dòng chảy ở cửa Đại An

Cửa Đại An là nơi dòng chảy sông Hậu đổ vào kênh Quan Chánh Bố, trước đây khi chưa có kênh Tắt, dòng chảy vào cửa Đại An phụ thuộc rất lớn vào chế độ triều ở cửa Định An. Nguyen và Thanh (2014) cho thấy dòng chảy vào cửa Đại An vào 9/2009 dao động từ 0,6 - 0,8 m/s, lớn hơn so với điều kiện 9/2017 (Hình 2) [6]. Như vậy có thể thấy, sau khi xây dựng kênh Tắt thì dòng chảy qua cửa Đại An bị giảm nhỏ. Điều này có thể được giải thích do lưu lượng 9/2017 bé hơn 9/2009.

Trong thời kỳ thủy triều lên, sự tương tác giữa dòng triều từ cửa Định An và từ kênh Quan Chánh Bố đến cửa Đại An đã tạo ra một dòng tuần hoàn ngay cửa Đại An. Ở khu vực này, dòng chảy triều rất nhỏ, chỉ dao động từ 0,1 đến 0,15 m/s. Trong quá trình thủy triều rút, dòng triều rút hầu hết chảy ra biển ở cửa Định An, còn dòng triều rút ở cửa Đại An vào kênh Quan Chánh Bố là rất nhỏ. Kết quả mô phỏng trong mùa lũ và mùa kiệt cho thấy vận tốc dòng chảy ở cửa Đại An hầu hết rất nhỏ, đây là nguyên nhân gây ra bồi lắng ở khu vực này trong thời gian từ năm 2017 đến nay.



a) - Trường dòng chảy 9/2009

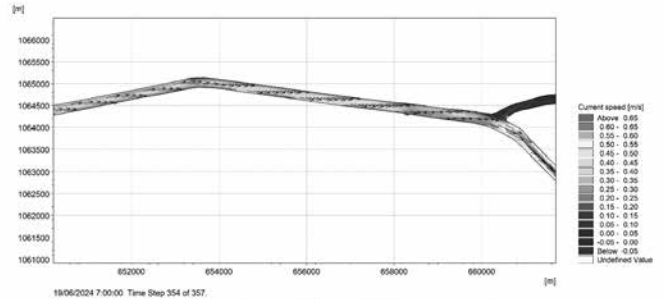


b) - Trường dòng chảy 9/2017

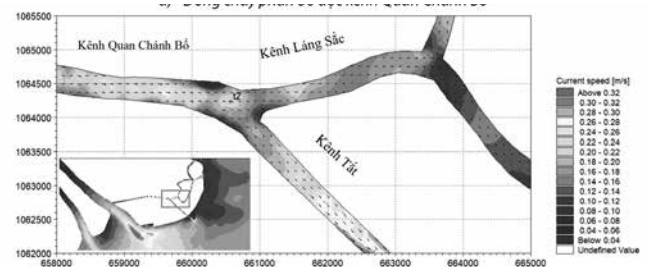
Hình 2. So sánh phân bố trường dòng chảy vào cửa Đại An

3.2. Tác động đến diễn biến dòng chảy đoạn ngã ba kênh Quan Chánh Bố và kênh Tắt

Dòng triều rút trong kênh Quan Chánh Bố có xu thế tăng dần từ cửa Đại An ra kênh Tắt (Hình 3). Dọc theo kênh Quan Chánh Bố, tốc độ dòng chảy cao nhất tập trung ở đoạn cong của kênh và giảm dần ở hai bên đoạn uốn cong. Mô hình thủy động lực cũng chỉ ra rằng, dòng triều lên trên kênh Quan Chánh Bố xuất hiện lâu hơn so với dòng thủy triều rút xuống (Hình 3).



a) - Dòng chảy phân bố dọc kênh Quan Chánh Bố

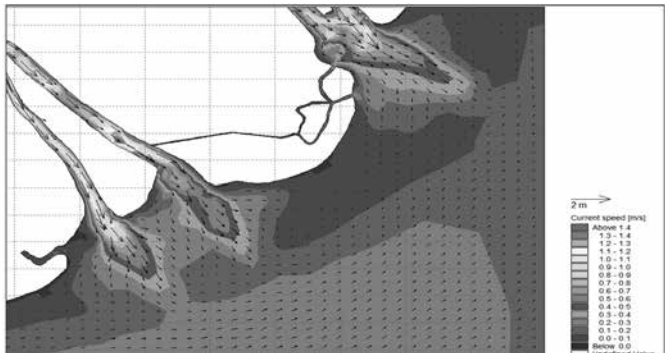


b) - Dòng chảy phân bố ở ngã 3 kênh Quan Chánh Bố, kênh Tắt và kênh Láng Sắc

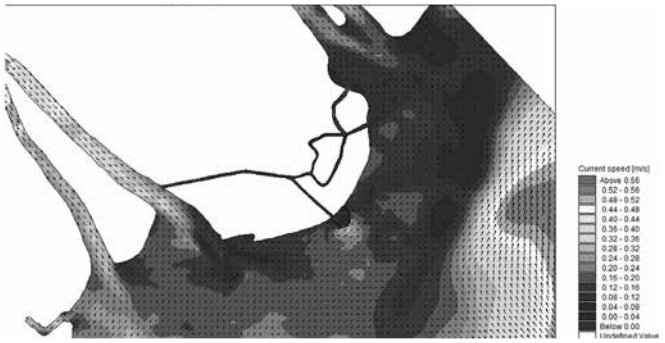
Hình 3. Phân bố trường dòng chảy kênh Quan Chánh Bố và khu vực ngã ba kênh Tắt

3.3. Tác động đến diễn biến dòng chảy ven biển Trà Vinh

Hình 4 thể hiện dòng chảy ven biển tỉnh Trà Vinh trước và sau khi có kênh Tắt. Kết quả mô phỏng của Nguyen và Thanh (2014) cho thấy khu vực ven biển Duyên Hải khi chưa có kênh Tắt dòng chảy rất nhỏ. Nơi đây là giao thoa giữa dòng chảy từ cửa Định An và cửa Cổ Chiên [6]. Trong đề tài này đã mô phỏng với số liệu năm 2017 cho thấy khi kênh Tắt mở ra, dòng chảy ven bờ phía đê Bắc và đê Nam đều khá nhỏ. Dòng chảy từ kênh Tắt ra cửa cảng Duyên Hải đã có sự gia tăng đáng kể do bị khống chế bởi 2 tuyến đê của bể cảng Duyên Hải nên mặt cắt ướt bị giảm thiểu mạnh làm gia tăng dòng chảy ra biển (Hình 4b).



a) - Dòng chảy ven biển khi chưa có kênh Tắt, tháng 9/2009 [6]



b) - Dòng chảy ven biển sau khi có kênh Tắt, tháng 9/2017

Hình 4. Phân bố trường dòng chảy ven biển tỉnh Trà Vinh trước và sau khi có kênh Tắt

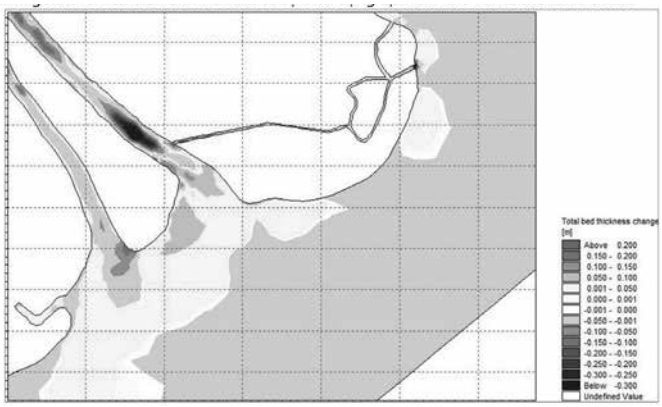
Sau khi có kênh Tắt và bể cảng Duyên Hải, dòng chảy ven bờ đã chia thành hai khu vực. Khu vực phía Bắc cảng Duyên Hải từ cửa Cổ Chiên đến đê Bắc và khu vực phía Nam cảng Duyên Hải từ cửa Định An lên đê Nam. Khu vực phía Bắc cho thấy dòng chảy ven bám sát bờ biển nhưng vận tốc không lớn lắm chỉ dao động từ 0,1 đến 0,15 m/s. Khu vực phía Nam cho thấy sự khác biệt khá lớn, hoàn lưu dòng chảy xuất hiện ngay ngoài cửa Định An, phía trước mũi Hộ Tàu với vận tốc chỉ dao động từ 0,05 đến 0,1 m/s. Hai tuyến đê của bể cảng Duyên Hải đã làm gián đoạn trường dòng chảy từ cửa Định An và cửa Cổ Chiên và tạo ra hai khu vực có dòng chảy khá bé và các hoàn lưu gần bờ ở giữa cửa Định An và đê Nam và ở giữa đê Bắc và cửa Cổ Chiên. Mặt khác, tại khu vực từ gốc đê Nam về phía Nam khoảng 1 km, dòng chảy do sóng trong mùa gió Tây Nam đã gây ra dòng ven khá mạnh mẽ. Đây cũng là một trong những nguyên nhân chính gây ra hiện tượng xói lở khá nghiêm trọng ở khu vực này. Các tuyến đê bằng Geotube đã có hiện tượng hư hỏng trong thời gian qua.

Bảng 1. Đặc trưng dòng chảy trước và sau khi cảng Duyên Hải

Vị trí	Chưa có cảng Duyên Hải (m/s)		Có cảng Duyên Hải (m/s)		Chênh lệch (%)	
	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình	Lớn nhất	Trung bình
V1	1,715	0,844	1,5	0,72	12,54	14,69
V2	1,282	0,594	1,12	0,53	12,64	10,77
V3	1,174	0,532	1,22	0,57	-3,92	-7,14
V4	0,805	0,318	0,78	0,36	3,11	-13,21
V5	0,312	0,137	0,28	0,12	10,26	12,41

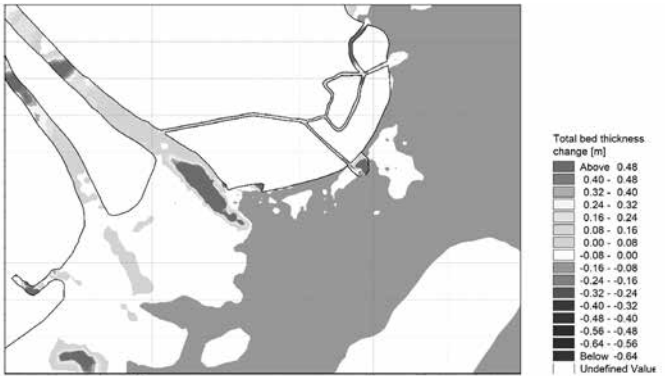
3.4. Tác động đến diễn biến xói lở bờ - bồi lắng bờ biển

Mô phỏng của Nguyen và Thanh (2014) về biến đổi địa hình đáy trước khi có kênh Tắt cho thấy trước cửa Định An có bồi lắng với tốc độ khá lớn, phía Bắc và phía Nam cửa kênh Láng Sắc ra cửa Cổ Chiên xuất hiện bồi lắng. Dọc kênh Quan Chánh Bố cũng xuất hiện bồi lắng với mức độ vừa phải (Hình 5). Đối với trong sông Hậu, xu thế xói đáy diễn ra khá lớn ngay trước cửa Đại An. Ngoài khơi ven biển tỉnh Trà Vinh có sự biến động địa hình nhỏ với xu thế xói là chính.



Hình 5. Sự thay đổi địa hình đáy trước khi có kênh Tắt [6]

Mô phỏng của đề tài cho thấy, với sự xuất hiện của kênh Tắt và cảng Duyên Hải, biến đổi địa hình đáy đã thể hiện sự khác biệt khá lớn. Cửa Định An đã có sự bồi lắng với cường độ mạnh hơn và phạm vi rộng hơn, phía trong sông Hậu xu thế bồi lắng cũng xuất hiện thường xuyên hơn. Đặc biệt, cửa Đại An và phần lớn kênh Quan Chánh Bố xuất hiện bồi lắng với cường độ nhẹ. Đoạn cong của kênh Quan Chánh Bố không xuất hiện bồi lắng nhưng đến ngã ba kênh Tắt và kênh Láng Sắc hiện tượng bồi lắng lại xuất hiện với cường độ lớn hơn. Dọc theo kênh Tắt xu thế bồi lắng là chủ yếu. Trong bể cảng Duyên Hải bồi lắng xuất hiện với cường độ rất lớn. Kể cả khu vực cửa cảng cũng xuất hiện bồi lắng nhưng với mức độ nhỏ. Bờ biển phía Nam đê Nam cảng Duyên Hải cho thấy xu thế xói lở là chủ yếu (Hình 6). Điều này cũng phù hợp với hiện trạng xói lở trong những năm gần đây ở khu vực này.



Hình 6. Biến đổi địa hình đáy sau khi có kênh Tắt và cảng Duyên Hải

Dọc theo bờ biển từ cửa Láng Sắc đến bãi Ba Động, bãi biển khá ổn định, một số đoạn xảy ra hiện tượng xói bãi nhưng với cường độ nhỏ.

Sóng hướng Nam và Đông Nam khi tác dụng vào đê Nam đã hình thành sóng biên chạy dọc đê Nam và tạo ra dòng chảy xoáy làm xói mòn chân đê Nam và đoạn bờ biển phía Nam của đê này. Trong khi đó, sóng Đông Bắc đã đưa bùn cát lơ lửng từ cửa Cung Hầu xuống và lâu dần đã tạo ra khu vực bãi bồi ở gốc đê Bắc hiện nay.

4. KẾT LUẬN

Sự có mặt của kênh Tắt và cụm công trình thủy Trung tâm Nhiệt điện Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh đã làm thay đổi rõ rệt trường dòng chảy ven biển tỉnh Trà Vinh khi các tuyến đê của bể cảng Duyên Hải đã làm gián đoạn trường dòng chảy từ cửa Định An và cửa Cổ Chiên và tạo ra hai khu vực hoàn lưu gần bờ. Mặc dù lưu lượng dòng chảy gia tăng nhưng hiện tượng bồi lắng ở cửa Đại An đang là vấn đề của luồng tàu lớn vào sông Hậu.

Cửa Định An cũng có sự gia tăng bồi lắng, điều này dễ hiểu do lưu lượng sông Hậu bị phân vào kênh Quan Chánh Bố qua cửa Đại An.

Bờ biển khu vực phía Nam đê Nam có xu hướng xói lở, nhưng càng về phía Nam hiện tượng này giảm thiểu và xu thế bồi lắng lại gia tăng. Bờ biển phía Bắc cảng Duyên Hải có xu thế bồi lắng do dòng bùn cát từ cửa Cung Hầu xuống bị chặn lại bởi tuyến đê Bắc.

Bờ biển khu vực bãi biển Ba Động có xu thế dần ổn định, đảm bảo các hoạt động du lịch tắm biển tại đây.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Vĩnh An, Nguyễn Viết Thanh, Yasuyuki Nakagawa, Nguyễn Văn Bộ (6/2020), Nghiên cứu đặc trưng bùn lỏng khu vực cảng Duyên Hải, tỉnh Trà Vinh, Tạp chí Khoa học GTVT, tập 71, số 05, tr.553-567, https://doi.org/10.25073/tcsj.71.5.8.

[2]. Nguyen, Viet Thanh and Le Vinh An (2023), Fluid mud properties and nautical depth estimation: A case study in navigation channel of Duyen Hai Port, Vietnam, Ocean Engineering, 284, p.115163, https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2023.115163.

[3]. Lê Xuân Tú, Nghiên cứu giải pháp hợp lý và công nghệ thích hợp phòng chống xói lở, ổn định dải bờ biển và các cửa sông Cửu Long, đoạn từ Tiền Giang đến Sóc Trăng, Đề tài cấp Nhà nước, mã số ĐTĐL.CN-07/17. 2022, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.

[4]. PECC2 (2018), Báo cáo đánh giá bồi lắng và hiệu chỉnh quy trình, kế hoạch kiểm tra bồi lắng, nạo vét duy tu hàng năm, Cảng biển Trung tâm Điện lực Duyên Hải, Công ty Cổ phần Tư vấn xây dựng điện 2, Tập đoàn Điện lực Việt Nam.

[5]. Công ty Cổ phần Đầu tư xây dựng và Tư vấn thiết kế Việt Nam (2022), Báo cáo nghiên cứu khả thi dự án nạo vét kết hợp thu hồi sản phẩm luồng hàng hải Định An - sông Hậu.

[6]. Dang Dong Nguyen, Nguyen Viet Thanh (2014), Influence of enlargement of Quan Chanh Bo channel on hydrodynamic and sediment transport in Dinh An estuary, Vietnam, in Proceedings of the 19th IAHR-APD Congress, Hanoi, Vietnam: Construction Publishing House.

■Ngày nhận bài: 27/02/2025 ■Ngày sửa bài: 19/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 04/4/2025

Tính giật đường cong theo phương pháp điểm giữa

Calculation of curve jerk using the midpoint method

> THS PHẠM DUY HÒA
Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hoapd@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Sau khi đoàn tàu chạy vào đường cong, do tác dụng của lực kéo và lực quán tính khiến toa xe vận hành theo đường tiếp tuyến và hình thành bánh xe xung kích đường ray làm cho đường ray bị biến dạng, phát sinh phương hướng tuyến đường xấu, mà phương hướng đường cong xấu càng làm cho đoàn tàu lắc lư, đồng thời xung kích của bánh xe và đường ray tạo thành hao mòn đường ray. Khi siêu cao không phù hợp tiêu chuẩn hoặc thủy bình không tốt, dẫn tới ray lưng hoặc ray bụng sản sinh lệch tải, càng tăng thêm hao mòn đường ray. Bởi thế, phương hướng đường cong xấu và hao mòn nghiêm trọng là bệnh hại chủ yếu của đường ray trên tuyến đường cong. Bài báo giới thiệu phương pháp tính lượng giật đường cong theo phương pháp điểm giữa để nắn chỉnh đường cong về đúng vị trí ban đầu hoặc vị trí để đoàn tàu hoạt động được ổn định.

Từ khóa: Bảo dưỡng đường cong, kỹ thuật sửa chữa đường sắt, tính giật theo phương pháp điểm giữa.

ABSTRACT

When a train enters a curved track, the pulling force and inertial force cause the vehicle to follow the tangential direction and the wheelset to impact the rail, leading to rail deformation and the formation of poor track alignment. Poor track direction on curves causes the train to sway, while the impact between the wheels and the rails leads to increased rail wear. If the super-elevation is not within standard limits or if the track leveling is not done properly, it may result in rail twisting or rail deformation due to uneven load distribution, which in turn worsens rail wear. Therefore, poor track direction and severe wear are the main issues on curved railway sections. This article introduces a method for calculating the lateral displacement of the curved track using the midpoint method to adjust the curve alignment back to its original or stable operating position.

Keywords: Curved track maintenance, railway track repair techniques, midpoint method for calculating track jerk.

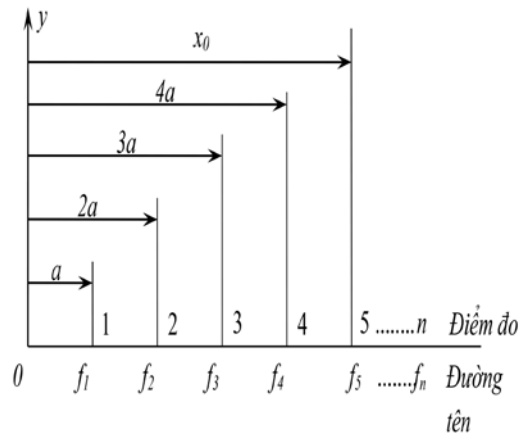
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi dùng các phương pháp giải tích, phương pháp giải tích kết hợp với đồ giải… để nắn chỉnh đường cong, trong những lý do sự chênh lệch góc chuyển hướng đường cong ở hiện trường so với thiết kế tương đối lớn, do vị trí đầu cuối đường cong dịch chuyển trị số tiếp tuyến dịch chuyển song song sang bên lớn hơn, do không bảo đảm độ chính xác của đường tên sau khi nắn giật hoặc do nắn giật quá nhiều làm cho vai đường, vai lớp đá ballast không đủ bề rộng thì có thể dùng phương pháp điểm giữa tính toán nắn giật.

2. TÍNH GIẬT ĐƯỜNG CONG THEO PHƯƠNG PHÁP ĐIỂM GIỮA

2.1. Vị trí chính giữa của đường cong tròn

Trên Hình 1 là biểu đồ kéo thẳng của một đường cong lấy gốc tọa độ O là điểm đầu đường cong và dùng x_o để biểu thị khoảng cách từ giữa đường cong đến gốc.



Hình 1. Xác định vị trí chính giữa của đường cong tròn

Theo hình vẽ ta có:

$$x_0 = \frac{f_1 a + f_2 2a + f_3 3a + ... + f_n na}{f_1 + f_2 + f_3 + ... + f_n}$$

$$= \frac{a(f_1 + 2f_2 + 3f_3 + ... + (n-1)f_{n-1} + nf_n)}{f_1 + f_2 + f_3 + ... + f_{n-1} + f_n}$$

Lấy *a* là chiều dài đơn vị, tức là *a* = 1 thì công thức trở thành:

$$x_0 = \frac{f_1 + 2f_2 + 3f_3 + ... + nf_n}{f_1 + f_2 + f_3 + ... + f_n} \quad (1)$$

Đây chính là công thức xác định vị trí điểm chính giữa đường cong tròn.

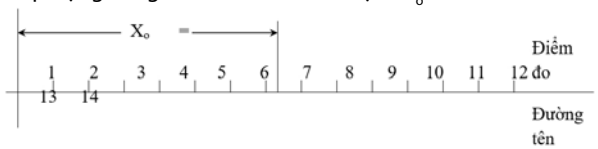
Kết quả trên được biểu thị bằng việc sắp xếp lũy tiến đường tên, đường tên hiện trường và điểm đo theo bảng sau:

Tính lũy tiến của đường tên ở hiện trường	Đường tên hiện trường	Điểm đo
f_n	f_n	n
$f_{n-1} + f_n$	f_{n-1}	n-1
$f_{n-2} + f_{n-1} + f_n$	f_{n-2}	n-2
.....	.....	.....
.....	.....	.....
$f_3 + ... + f_{n-2} + f_{n-1} + f_n$	f_3	3
$f_2 + f_3 + ... + f_{n-2} + f_{n-1} + f_n$	f_2	2
$f_1 + f_2 + f_3 + ... + f_{n-2} + f_{n-1} + f_n$	f_1	1
$f_1 + 2f_2 + 3f_3 + ... + (n-2)f_{n-2} + (n-1)f_{n-1} + nf_n$	Sf	Tổng cộng

Ví dụ có một đường cong tròn không chính xác, bán kính 300 m. Dùng dây cung dài 20 m đo bên trong ray lưng đường cong. Bắt đầu từ điểm đầu đường cong lần lượt đo đến điểm cuối, cứ 10 m đo một điểm đường tên. Tổng cộng đường tên hiện trường là 1.816 mm. Tổng lũy tiến đường tên chính là 13.436 mm. Như vậy, vị trí của điểm chính giữa đường cong tròn là $\frac{13436}{1816} = 7,4$ và cách điểm đo 7 là 4 m về phía điểm đo 8 (nếu khoảng cách các điểm đo là 10 m).

Điểm đo	Đường tên hiện trường	Lũy tiến đường tên hiện trường
14	0	0
13	62	62
12	138	200
11	190	390
10	177	567
9	161	728
8	160	888
7	162	1050
6	184	1234
5	161	1395
4	167	1562
3	166	1728
2	88	1816
1	0	18016
Cộng	1816	13436

Áp dụng công thức trên ta sẽ xác định X_o như sau:



$$X_0 = \frac{1.0 + 2.88 + 3.166 + 4.167 + 5.161 + 6.184 + 7.162 + 8.160 + 9.161 + 10.177 + 11.190}{0 + 88 + 166 + 167 + 161 + 184 + 162 + 160 + 161 + 177} ....$$

$$..... + \frac{12.138 + 13.62 + 14.0}{190 + 138 + 62 + 0} = \frac{13436}{1816} = 7.4$$

Chú ý: Khi dùng dây cung đo đường tên của đường cong không nhất thiết phải đo từ đầu đường cong mà có thể đo từ cuối đường cong ngược lại. Sự xê dịch có thể xảy ra nhưng không đáng kể, kết quả xác định điểm chính giữa đường cong vẫn tương đối chính xác.

2.2. Chiều dài đường cong tròn

Gọi f_c là đường tên chính xác của đường cong tròn; Sf_{ht} là tổng cộng đường tên hiện trường; a là khoảng cách giữa các đường tên; L là chiều dài đường cong tròn; n là số điểm đo (điểm bắt đầu là số 0 để cho bằng số khoảng cách). Do đó, ta có:

$aSf_{ht} = L.f_c$; $L = n.a$

$$L = \frac{a\sum f_{ht}}{f_C} = \frac{a}{f_C}(f_1 + f_2 + ... + f_n)$$

hoặc $na = \frac{a\sum f_{ht}}{f_C}$ tức $n = \frac{\sum f_{ht}}{f_C}$ (2)

Từ ví dụ trên, ta có:

$$f_C = \frac{C^2}{8R} = \frac{20^2}{8.300} = 0,1667\,m = 166,7mm$$

Chiều dài đường cong đo được là:

$$n = \frac{\sum f_{ht}}{f_C} = \frac{1816}{166,7} = 10,894$$ (số điểm đo)

khoảng cách các điểm đo a = 10 m thì:

$L = na = 10,894.10 = 108,94$ m

Sau khi biết chiều dài đường cong tròn và vị trí điểm chính giữa đường cong thì vị trí điểm đầu và cuối đường cong sẽ là:

$$TĐ = 7,40 - \frac{10,894}{2} = 7,40 - 5,45 = 1,95$$

(cách điểm 1: 9,50 m về phía điểm đo 2)

$$TC = 7,40 + \frac{10,894}{2} = 7,40 + 5,45 = 12,85$$

(cách điểm đo 12 : 8,50 m về phía điểm đo 13)

Kết quả đo đạc và tính chiều dài đường cong tròn có thể chênh lệch với thiết kế ban đầu là do những nguyên nhân sau:

- Sự chính xác của phương pháp kéo dây cung đo đường tên chỉ đạt giới hạn tương đối cho phép.
- Quá trình đo do ảnh hưởng thời tiết (gió ...) làm lay động dây cung, sai số do đọc thước kéo dây căng trùng.
- Quá trình tàu chạy đường bị biến dạng phương hướng (chủ yếu phương hướng hai đầu đường cong)
- Đo đường tên má trong ray lưng nhưng chiều dài đường cong theo thiết kế ở tim đường sắt, nên chiều dài ray lưng sẽ dài hơn tim đường.

Lấy chiều dài ray lưng đường cong L_l.

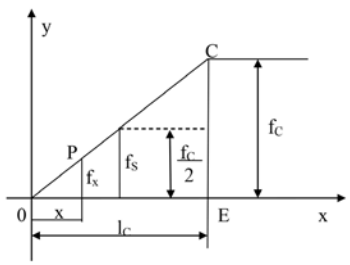
Chiều dài đường cong tính theo tim đường là L_t. Gọi chênh lệch là Dl thì:

$$\frac{L_l}{L_t} = \frac{R + \frac{S}{2}}{R};\qquad L_l = \frac{2R + S}{2R} L_t \text{ (S là cự ly 2 ray)}$$

Do đó: $\Delta l = L_l - L_t = \left(\frac{2R + S}{2R}\right) L_t - L_t = \frac{SL_t}{2R}$ (3)

2.3. Tính đường tên kế hoạch và đường tên lý thuyết của đường cong tròn có đường cong chuyển tiếp

2.3.1. Tính đường tên kế hoạch của đường cong tròn khi điểm đo ở đúng vào điểm đầu và cuối đường cong chuyển tiếp



Hình 2. Quan hệ giữa đường tên bình quân của đường cong chuyển tiếp và đường tên của đường cong tròn

Trên Hình 2 ta thấy đồ thị của đường cong chuyển tiếp được đơn giản hóa là đường thẳng trên tọa độ XOY; trong đó f_C là đường tên chính của đường cong tròn; f_x là đường tên của bất kỳ điểm P nào trên đường cong chuyển tiếp, ta có:

$$f_X = \frac{xf_C}{l_C} \quad (4)$$

f_S là đường tên bình quân của đường cong chuyển tiếp và cũng là đường trung bình của DCOE bằng 1/2CE, do đó:

$$f_S = \frac{f_C}{2} \quad (5)$$

- Gọi Sf_S là tổng số đường tên hiện trường của đường cong chuyển tiếp.

- Gọi Sf_C là tổng số đường tên hiện trường của đường cong tròn.

- Gọi n_S là số điểm đo của đường cong chuyển tiếp (kể cả điểm NĐ và TĐ).

- Gọi n_C là số điểm đo của đường cong tròn thì:

$$f_S = \frac{\sum f_S}{n_S} = \frac{f_C}{2}, \text{ do đó } \sum f_S = \frac{n_S f_C}{2} \quad (6)$$

Đường tên bình quân của đường cong tròn:

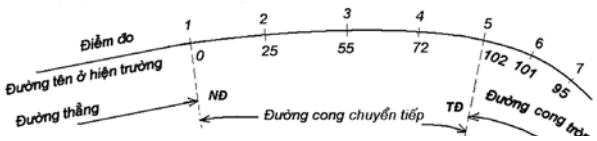
$$f_S = \frac{\sum f_C}{n_C} \text{ tức là } \sum f_C = n_C . f_C \quad (7)$$

Lấy (6) + (7) ta có:

$$\sum f_C = \frac{n_S . f_C}{2} + n_C . f_C = f_C\left(\frac{n_S}{2} + n \right. \quad (8)$$

$$\frac{\sum f_S + \sum f_C}{\frac{n_S}{2} + n_C} = \frac{\sum f}{\frac{n_S}{2} + n_C} \quad (9)$$

Dưới đây lấy một ví dụ để chứng minh:



Σf = 0 + 25 + 55 + 72 + 102 + 101 + 95 = 450 mm

Đường tên kế hoạch của đường cong tròn:

$$f_C = \frac{\sum f}{\frac{n_S}{2} + n_C} = \frac{450}{\frac{5}{2} + 2} = 100 mm$$

2.3.2. Tính đường tên chính xác của đường cong tròn khi điểm đo không ở vào điểm đầu và điểm cuối của đường cong chuyển tiếp

Vì điểm đo không ở đúng vào điểm đầu và cuối của đường cong chuyển tiếp nên tỷ lệ đường tên cạnh của điểm đo ở gần phía trước và sau điểm đầu và cuối sinh ra chênh lệch. Do đó, đường tên bình quân của đường cong chuyển tiếp không phải vừa đúng 1/2 đường tên cong tròn. Vì vậy, khi tính đường tên chính xác của đường cong tròn cần phải có một sự điều chỉnh đường tên chuyển tiếp sao cho vừa thỏa mãn nguyên lý tròn nhưng vẫn bảo đảm $\Sigma f_{ht} = \Sigma f_{kh}$ (Tổng số đường tên hiện trường = Tổng số đường tên kế hoạch) để hướng đường thẳng hai đầu đường cong không bị xê dịch. Như vậy sự điều chỉnh trị số đường tên có thể làm xê dịch vị trí điểm đo theo dọc đường nhưng cũng không gây ra sự sai lệch quá giới hạn cho phép.

2.4. Trình tự tính toán

** Bước 1: Đo đạc đường tên hiện trường:*

- Chọn thời điểm đo đường tên để tính toán giật đường khi trời mát, gió lặng, chênh lệch nhiệt độ ngoài trời không quá lớn, chênh lệch < 5^0C là tốt nhất.

- Quan sát đường cong, thu thập số liệu cũ như R, KT_0, L_0, các cọc NĐ, TĐ, TC, NC nếu còn. Tổ chức giật điều chỉnh triệt tiêu đường tên (-), còn gọi là hiện tượng cổ cò ở hai đầu đường cong.

- Đánh dấu phấn trên má tác dụng ray lưng để định điểm đo với a =10 m. Tại các điểm đo đặt cọc ở phía lưng đường cong làm căn cứ để xác định lượng giật khi giật đường. Trên cọc ghi tên cọc và khoảng cách từ nó tới điểm đo là A± e (mm) để điểm đo sau khi nắn giật thì khoảng cách đến cọc vừa đạt trị số A. Trị số A có thể là 1.000 mm hoặc 1.500 mm. Cọc đường cong nên dùng bê tông và đặt ở chân ta-luy ba lát để nếu phương hướng đường cong bị sai lệch có thể dùng chúng làm căn cứ chỉnh sửa mà không phải đo đạc lại.

- Đặt dây cung đo đường tên bắt đầu từ chỗ có đường tên bằng 0, hai đầu dây cách nhau chiều dài cung c = 20 m, kết quả đo đường tên hiện trường ghi vào bảng.

- Tính tổng đường tên hiện trường Sf_{ht}.

Chú ý: Quá trình đo đường tên nếu trên đường cong còn các cọc NĐ, TĐ, TC, NC thì đo khoảng cách từ các cọc này đến các điểm đo x, x', x", x"' và tính A, B, C , D còn nếu các cọc này trùng các điểm đo thì cũng ghi chú vào.

** Bước 2: Tìm điểm trung ương đường cong x_o:*

$$x_o = \frac{\sum\sum f_{ht}}{\sum f_{ht}}$$

- Tính chiều dài khai triển đường cong:

$$KT = \frac{\sum f_{ht}}{f_{Ctb}}$$

- Xác định lượng tăng Z ở hai đầu chuyển tiếp:

$$Z_1 = Z_2 = Z = \frac{f_{Ctb}}{n}$$

- Xác định vị trí $TĐ_0$, TC_0 khi chưa đặt đường cong chuyển tiếp (các điểm này nằm ở giữa L_0 cách NĐ và TĐ một khoảng $L_0/2$)

** Bước 3: Tính giật lần thứ nhất.*

** Bước 4: Điều chỉnh đường tên kế hoạch để cho e_n=0.*

** Bước 5: Tính giật lần thứ hai.*

** Bước 6: Điều chỉnh khe hở ray.*

- Trên đường sắt có mối nối, trước khi tổ chức giật đường cần kiểm tra trạng thái khe hở ray, bởi vì giật đường sẽ làm cho khe hở ray bị rộng ra (giật ra phía lưng đường cong) hoặc co lại (giật vào phía bụng đường cong). Điều này có thể dẫn đến cắt đứt đầu bu-lông mối nối (khe hở rộng ra) và cháy mối (khe hở co lại). Vì vậy, căn cứ vào phương hướng và trị số lượng giật để điều chỉnh khe hở ray sao cho khi giật đường các khe hở ray trên đường cong đảm bảo yêu cầu quy định.

- Trên đường sắt không khe nối, nên tiến hành tổ chức giật ở nhiệt độ khóa đường. Bởi vì trên đường sắt không khe nối, đường ray không có khe hở nên không thể tự điều tiết do nhiệt độ thay đổi mà gây ra biến dạng đường ray. Giật đường ở đường sắt không khe nối tương đối khó khăn nên cần khống chế lượng giật.

** Bước 7: Tổ chức giật:*

Căn cứ vào lượng giật đã được tính toán để tiến hành giật. Sau khi giật xong toàn bộ đường cong mới dùng dây cước và thước mét

để đo kiểm tra lại đường tên. Thông thường, sau khi giật xong lần thứ nhất, đường cong chưa đạt đến sai số cho phép cho nên lại phải tính toán lập bảng giật lại cho đến khi nào ở đường cong chỉ còn một số điểm sai, lúc đó người ta dùng phương pháp tính nhanh để giật mà không phải lập bảng tính lại nữa.

Ví dụ: Cho đường cong cần nắn giật với các số liệu:

Điểm đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
f_{ht} (mm)	11	36	62	96	104	107	120	114	118	102	87	68	37	12

1) Tìm điểm trung ương đường cong:

$$x_o = \frac{\sum\sum f_{ht}}{\sum f_{ht}} = \frac{8071}{1074} = 7{,}52 \text{ quãng.}$$

2) Tìm chiều dài khai triển đường cong:

$KT = \frac{\sum f_{ht}}{f_{Ctb}} = \frac{1074}{112} = 9{,}58$ quãng, chọn f_{Ctb} = 112 mm bằng cách lấy đường tên hiện trường từ điểm số 4 đến số 10 cộng lại chia cho 5 hoặc dùng công thức $f_{Ctb} = \frac{C^2}{8R}$ nếu biết bán kính đường cong.

Nếu chọn L_0 = 40m → 4 quãng.

3) Lượng tăng Z ở 2 đầu chuyển tiếp.

$Z_1 = Z_2 = Z = \frac{f_{Ctb}}{n_{hh}} = \frac{112}{4} = 28mm$ (n_{hh} - số quãng 1 đầu chuyển tiếp)

4) Xác định vị trí $TĐ_0$, TC_0 khi chưa đặt đường cong chuyển tiếp (các điểm này nằm ở giữa L_0 cách NĐ và TĐ mỗi phía $L_0/2$)

$$TĐ_0 = 7{,}52 - \frac{9{,}58}{2} = 2{,}73 \text{ quãng}$$

$$TC_0 = 7{,}52 + \frac{9{,}58}{2} = 12{,}31 \text{ quãng}$$

5) Tính các đường tên kế hoạch của đường cong (lần thứ nhất).

f_1 = 28.0,3348 = 9 mm

f_2 = 28 + 9 – 1 = 36 mm

f_3 = 38 + 28 = 64 mm

f_4 = 112 – (28.0,7333) = 90 mm

f_5 = 112 – (28.0,0648) = 110 mm

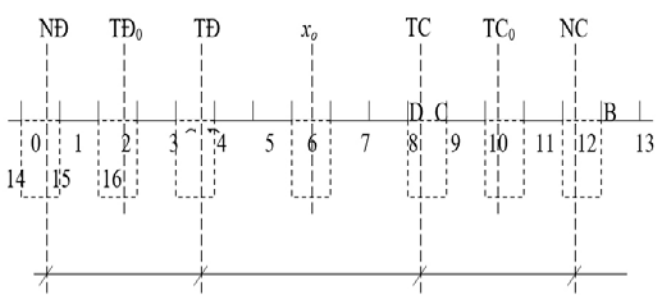
f_{14} = 28.0,3648 = 10 mm

f_{13} = 10 +28 = 38 mm

f_{12} = 38 + 28 = 66 mm

f_{11} = 112 – (28.0,6950) = 93 mm

f_{10} = 112 – (28.0,0548) = 110 mm



Trị số tỷ lệ đường tên điểm lẻ có thể tính hoặc tra bảng căn cứ số quãng theo đầu A, B, C, D ở sơ đồ trên.

Điểm đo	f_{ht}	$\Sigma\Sigma f_{ht}$	Điểm chủ yếu	f_{KH1}	Δf	$\Sigma\Delta f$	f_{KH2}	Δf	$\Sigma\Delta f$	½ lượng giật $\Sigma\Sigma\Delta f$	Lượng giật $2\Sigma\Sigma\Delta f$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0	0	1074				+2			+2		
1	11	1063		9		+2	9	+2	+1		
2	36	1027	NĐ	36	+2	0	37	-1	0	0	0
3	62	965		64	0	+6	63	-1	+4	+2	+4
4	96	869	$TĐ_0$	90	-2	0	92	+4	-2	+3	+6
5	104	765		110	+6	-5	110	-6	-7	+3	+6
6	107	658	TĐ	112	-6	+3	112	-5	+1	+7	+14
7	120	538		112	-5	+5	112	+8	+3	+5	+10
8	114	424		112	+8	+11	112	+2	+9	-2	-4
9	118	306	M_C	112	+2	+3	112	+6	+1	-1	-2
10	102	204		110	+6	-3	110	-8	-5	+2	+4
11	87	117		93	-8	-1	93	-6	-3	+11	+22
12	68	49	TC	66	-6	-2	66	+2	-4	+12	+24
13	37	12	TC_0	38	+2	0	38	-1	0	+7	+14
14	12	0	NC	10	-1		8	+4		+4	8
15	0	8071			+2	+32			+21	0	0
	1074			1074		-11	1074		-21		
						+21			0		

Từ cột 7 ta thấy hiệu đại số lũy tiến của đường tên (+) và (-) không bằng 0 mà thừa +21. Theo nguyên tắc sửa đường tên kế hoạch ta phải điều chỉnh đường tên kế hoạch f_{KH2} theo cách sau:

- Chọn điểm điều chỉnh 4 và 14 mỗi điểm thêm vào và bớt 2 mm thì: (14 - 4)2 = 20 mm.

- Chọn điểm điều chỉnh 2 và 3 mối điểm thêm vào và bớt đi 1 mm thì: (3 - 2)1 = 1 mm.

Vì vậy tổng số vừa đủ: 20 + 1 – 21 mm. f_{KH2} = 92 mm (điểm 4)

f_{KH2} = 8 mm (điểm 14) ; f_{KH2} = 37 (điểm 2) ; f_{KH2} = 63 (điểm 3)

Do đó, ở cột 10 trị số lũy tiến đường tên (+) bằng (-).

Kết quả là trị số lượng giật ở điểm đầu đường cong (1) và cuối (14) đều bằng 0. Hướng tuyến 2 phía không bị xê dịch (cột 12).

3. KẾT LUẬN

Dùng phương pháp điểm giữa tính toán nắn giật đường cong có thể xác định hợp lý bán kính đường cong và chiều dài đường cong chuyển tiếp (vừa thỏa mãn yêu cầu lượng nắn giật ít lại vừa thỏa mãn yêu cầu bình diện, trắc dọc, bán kính đường cong, chiều dài đường cong chuyển tiếp và vị trí của chúng), tính vị trí đầu cuối đường cong, sau đó tính toán nắn giật.

Dùng phương pháp điểm giữa tính toán nắn giật đường cong tuy khối lượng nắn giật ít nhưng vì trạng thái đường cong ở hiện trường làm cho vị trí đầu cuối đường cong nói chung có thay đổi. Điều này tất nhiên sẽ xảy ra hiện tượng mỗi lần nắn giật đường cong lại thay đổi vị trí đầu, cuối đường cong. Khi vị trí đầu, cuối thay đổi dẫn đến thay đổi chiều dài và trị số đoạn vuốt siêu cao trong phạm vi chiều dài đường cong chuyển tiếp sau khi nắn giật, đó là điều không hợp lý. Vì vậy, không thể không xem xét cân nhắc tình hình khi sử dụng phương pháp điểm giữa để tính toán nắn giật đường cong.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. PGS.TS Nguyễn Thanh Tùng (2006), Kỹ thuật sửa chữa đường sắt, NXB. GTVT.

[2]. Lê Văn Cử (2020), Kỹ thuật sửa chữa đường sắt đô thị, NXB. GTVT.

[3]. Trương Trọng Vương (2018), Bài giảng kỹ thuật sửa chữa đường sắt đô thị.

[4]. N.F.Doyle BHP Melbourne Research Laboratories, RAILWAY TRACK DESIGN A REVIEW OF CURRENT PRACTICE (bản tiếng Anh).

[5]. Nguyễn Thanh Tùng, Bùi Thị Trí, Lê Văn Cử (1996), Giáo trình kết cấu tầng trên đường sắt, NXB. GTVT.

■Ngày nhận bài: 03/3/2025 ■Ngày sửa bài: 21/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/4/2025

Cảm biến sợi quang FBG và ứng dụng trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình

Optical Fiber Bragg gratting sensor FBG and its application in structural quality inspection

>THS TRƯƠNG TUẤN AN, THS NGUYỄN VĂN LONG
Trung tâm Khoa học Công nghệ Giao thông vận tải, Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT

Trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình nói chung và kiểm định cầu nói riêng, việc xác định chính xác tần số (hay chu kỳ) dao động riêng của kết cấu giúp ta đánh giá được chất lượng hay sức khỏe của kết cấu, bởi vì sự suy giảm các thông số động lực học của kết cấu, trong đó có tần số dao động riêng là hệ quả tất yếu của sự suy giảm độ cứng của kết cấu. Trước đây, việc xác định tần số dao động riêng của kết cấu thường được thu thập bằng các cảm biến truyền thống như cảm biến gia tốc, cảm biến điện trở hay cảm biến chuyển vị. Hiện nay, với sự tiến bộ của khoa học kỹ thuật công nghệ, các cảm biến hiện đại sử dụng sợi quang học (Optical Fiber Sensors - OFS) được ứng dụng rất hiệu quả. Trong đó, công nghệ cảm biến sợi quang Fiber Bragg Gratting (FBG) là một trong những lựa chọn ưa chuộng cho các cảm biến sợi quang để đo gia tốc, đo biến dạng, đo chuyển vị hay đo áp suất, nhiệt độ của kết cấu do thiết bị nhỏ gọn, độ nhạy cao, tín hiệu phản xạ tương đối mạnh, độ bền cao, chịu được nhiệt độ và áp suất cao, miễn nhiễm điện từ. Bài báo trình bày cách xác định tần số dao động riêng của các kết cấu dầm giản đơn bằng gia tốc kế sợi quang (Fiber Optic Accelerometer) có sự so sánh kết quả đo với kết quả tính toán lý thuyết.

Từ khóa: Cảm biến, sợi quang, kết cấu, độ cứng, dao động, tần số dao động riêng.

ABSTRACT

In the field of construction quality control in general, and bridge inspection in particular, accurately determining the natural frequency (or period) of vibration of a structure helps assess its quality or health. This is because the deterioration of the dynamic parameters of the structure, including the natural frequency, is an inevitable consequence of the decrease in the stiffness of the structure. Previously, determining the natural frequency of a structure was often done using traditional sensors such as accelerometers, resistive sensors, or displacement sensors. Nowadays, with the advancement of science and technology, modern sensors using optical fibers (Optical Fiber Sensors - OFS) are applied very effectively. Among them, the Fiber Bragg Grating (FBG) optical fiber sensor technology is one of the preferred choices for fiber optic sensors to measure acceleration, strain, displacement, pressure or temperature of a structure due to its compact design, high sensitivity, strong reflection signal, high durability, ability to withstand high temperatures and pressures and immunity to electromagnetic interference. This paper presents a method for determining the natural frequency of simple beam structures using a fiber optic accelerometer, with a comparison of the measurement results and theoretical calculation results.

Keywords: Sensor, optical fiber, structure, stiffness, vibration, natural frequency.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các đặc trưng riêng của kết cấu như tần số dao động riêng, dạng dao động và tỷ số cản là 3 tham số có ảnh hưởng lớn tới phản ứng động của công trình. Trong đó, tần số dao động riêng của kết cấu là tham số quan trọng trong cả phân tích tính toán, thiết kế lẫn kiểm định chất lượng công trình. Trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình, việc xác định chính xác các đặc trưng dao động (tần số dao động riêng, dạng dao động...) của kết cấu có ý nghĩa quan trọng trong việc đánh giá tình trạng kỹ thuật của kết cấu, cho phép chẩn đoán kết cấu phục vụ công tác bảo trì công trình.

Hiện nay, với sự phát triển của khoa học công nghệ, việc xác định các đặc trưng động của kết cấu, cảm biến sợi quang cách tử Bragg (FBG) được biết đến như một công nghệ cảm biến tiềm năng thay thế cho các công nghệ cảm biến cơ và cảm biến điện truyền thống do các ưu điểm độc đáo như kích thước nhỏ, trọng lượng nhẹ, khả năng chống nhiễu điện từ (EMI) và ăn mòn. Đặc biệt, công nghệ này có khả năng "nhúng" trong vật - cho phép tích hợp vào ngay trong cấu trúc, bất kể vật liệu đó là kim loại, bê tông hay vật

liệu composite. Trong đánh giá thử nghiệm tính chất cơ học, cảm biến FBG có thể đo hầu hết các thông số biến dạng cần thiết như độ lệch, độ võng, độ rung cơ học của cấu trúc. Thuật ngữ cách tử Bragg sợi quang được vay mượn từ định luật Bragg và được áp dụng cho các cấu trúc tuần hoàn được ghi bên trong lõi của sợi quang viễn thông thông thường. Do đó, FBG về cơ bản là một cảm biến đo nhiệt độ và biến dạng, nhưng bằng cách thiết kế giao diện thích hợp, nhiều phép đo khác có thể được thực hiện để áp đặt nhiễu lên cách tử dẫn đến sự thay đổi bước sóng Bragg mà sau đó có thể được sử dụng như một bộ chuyển đổi tham số. Một số lĩnh vực như hàng không, hàng không vũ trụ, kỹ thuật dân dụng và sinh học hoặc giám sát môi trường đã tiếp thu được những lợi thế của công nghệ này. Cảm biến quang FBG trong các ứng dụng IoT là một lĩnh vực rất có tiềm năng phát triển. Trong các trường hợp triển khai cảm biến quang FBG, để đảm bảo an toàn vận hành của kết cấu quan sát (ví dụ: tòa nhà, mái nhà, cầu) hoặc trong trường hợp có những con đường được đặt cảm biến quang FBG, có thể cung cấp các phép đo biến dạng. Ngoài ra, cảm biến quang FBG có thể sử dụng trong các giếng dầu khoan, hầm lò và trong y tế để giám sát nhiệt độ và áp suất…

Trong bài báo này trình bày nguyên lý hoạt động của cảm biến sợi quang FBG, thiết bị đo dao động kết cấu công trình bằng các cảm biến sợi quang FAZT I4G và ứng dụng của nó trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình - xác định tần số dao động riêng của kết cấu công trình bằng thiết bị FAZT I4G, với cảm biến quang sử dụng là gia tốc kế sợi quang.

Bài báo được cấu trúc như sau: Phần một là phần giới thiệu, tiếp theo là Phần hai trình bày nguyên lý hoạt động của các cảm biến sợi quang và thiết bị đo dao động kết cấu bằng các cảm biến sợi quang; Phần ba là phần đề xuất một mô hình thí nghiệm và phương pháp thí nghiệm; Phần bốn là phần kết quả thí nghiệm và phân tích đánh giá kết quả thí nghiệm. Cuối cùng là Phần năm là phần kết luận của bài báo.

2. CẢM BIẾN SỢI QUANG VÀ THIẾT BỊ ĐO DAO ĐỘNG BẰNG CÁC CẢM BIẾN SỢI QUANG

2.1. Cấu tạo và nguyên lý hoạt động của cảm biến sợi quang FBG

Cảm biến sợi quang FBG (Fiber Bragg Grating) là một loại cảm biến sử dụng công nghệ sợi quang để đo lường các thay đổi vật lý như nhiệt độ, áp suất, độ căng hoặc độ rung. Nguyên lý hoạt động của chúng dựa trên hiện tượng phản xạ Bragg trong sợi quang.

- Cấu tạo: Một đoạn sợi quang được khắc một cách tử Bragg, là một cấu trúc có chu kỳ biến đổi chiết suất (chỉ số khúc xạ) dọc theo chiều dài của sợi quang. Cách tử sợi quang Bragg (FBG) được tạo ra bằng phương pháp mặt nạ pha (phase mask). Phase mask có chu kỳ vân cố định. Khi chiếu ánh sáng laser cường độ cao qua phase mask thì tại vị trí lõi sợi quang tiếp xúc với ánh sáng sẽ bị thay đổi chiết suất, tạo thành cách tử Bragg. Do đó, khi truyền ánh sáng trong lõi sợi quang gặp cách tử Bragg sẽ bị phản xạ một phần với bước sóng trung tâm tương ứng với chu kỳ cách tử, gọi là bước sóng phản xạ Bragg

- Nguyên lý hoạt động:

Khi ánh sáng truyền qua sợi quang có cách tử Bragg, một phần ánh sáng sẽ bị phản xạ ngược trở lại tại các điểm biến đổi chiết suất. Hiện tượng phản xạ này mạnh nhất khi bước sóng của ánh sáng tới thỏa mãn điều kiện Bragg:

$$\lambda_B = 2.n.\Lambda$$

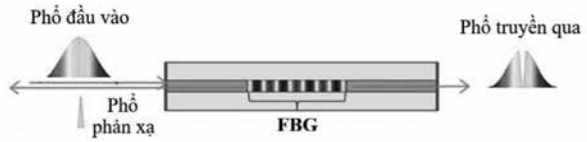
Trong đó:

λ_B - Bước sóng Bragg (bước sóng bị phản xạ mạnh nhất);

n - Chiết suất hiệu dụng của sợi quang;

Λ - Chu kỳ của cách tử Bragg.

Khi có sự thay đổi về nhiệt độ, áp suất, độ căng hoặc độ rung tác động lên sợi quang, các thông số n hoặc Λ sẽ thay đổi, dẫn đến sự thay đổi của bước sóng Bragg . Sự thay đổi của bước sóng Bragg được đo lường bằng một thiết bị quang phổ hoặc bộ giải điều chế. Dựa vào sự thay đổi này, người ta có thể tính toán được độ lớn của thay đổi vật lý tác động lên sợi quang.



Hình 1. Mô phỏng nguyên lý hoạt động của cảm biến sợi quang

- Ưu điểm của cảm biến sợi quang FBG:

+ Độ nhạy cao: Có thể đo lường những thay đổi rất nhỏ.

+ Độ chính xác cao: Ít bị ảnh hưởng bởi nhiễu điện từ.

+ Kích thước nhỏ gọn: Dễ dàng tích hợp vào nhiều hệ thống.

+ Hoạt động trong môi trường khắc nghiệt: Chịu được nhiệt độ cao, áp suất cao và môi trường ăn mòn.

+ Đo lường từ xa: Có thể đo lường ở khoảng cách xa.

+ Ứng dụng của cảm biến sợi quang FBG.

- Cảm biến sợi quang FBG được sử dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau, bao gồm:

+ Công nghiệp: Giám sát tình trạng của máy móc, đo lường độ căng trong vật liệu.

+ Xây dựng: Giám sát độ rung của công trình, đo lường chuyển vị.

+ Giao thông vận tải: Giám sát tình trạng của cầu đường, đo lường tải trọng.

+ Nghiên cứu khoa học: Đo lường các hiện tượng vật lý trong các thí nghiệm.

2.2. Nguyên lý hoạt động của thiết bị đo dao động bằng cảm biến sợi quang FAZT I4G

Máy đo dao động sử dụng cảm biến sợi quang FAZT I4G hoạt động dựa trên nguyên lý giao thoa ánh sáng trong sợi quang. Ánh sáng từ nguồn laser được truyền vào sợi quang và đến cảm biến FBG. Khi ánh sáng truyền qua sợi quang có cách tử Bragg, một phần ánh sáng sẽ bị phản xạ ngược trở lại tại các điểm biến đổi chiết suất. Hiện tượng phản xạ này mạnh nhất khi bước sóng của ánh sáng tới thỏa mãn điều kiện Bragg. Khi có dao động tác động lên cảm biến FBG, các thông số chiết suất hoặc chu kỳ cách tử sẽ thay đổi, dẫn đến sự thay đổi của bước sóng Bragg. Ánh sáng phản xạ từ cảm biến FBG (đã bị thay đổi bước sóng) sẽ giao thoa với ánh sáng tham chiếu trong bộ giao thoa kế, tạo ra một mô hình giao thoa. Sự thay đổi trong mô hình giao thoa được đo lường bằng bộ cảm biến quang. Tín hiệu điện từ bộ cảm biến quang được xử lý bởi phần mềm phân tích FemtoSense 2.2 để xác định tần số và biên độ của dao động.

** Thông số kỹ thuật máy đo dao động sử dụng cảm biến sợi quang FAZT I4G:*

- Số kênh: 4, số lượng cảm biến mỗi kênh: 1 đến 30;
- Phạm vi bước sóng từ 1.529 - 1.569,2 nm;
- Kích thước mẫu bước sóng/độ phân giải: 1 pm;
- Độ chính xác tuyệt đối của bước sóng: ±1 pm ;
- Độ chính xác của bước sóng: < 0,1 pm;
- Tính lặp lại của bước sóng: < 0,05 pm.

* Hệ thống thiết bị gồm: 1 Máy đo; 3 bộ cảm biến gia tốc sợi cáp quang; 3 bộ cảm biến chuyển vị sợi cáp quang; 3 bộ cảm biến sợi quang đo góc, độ nghiêng và 6 bộ cảm biến đo biến dạng.

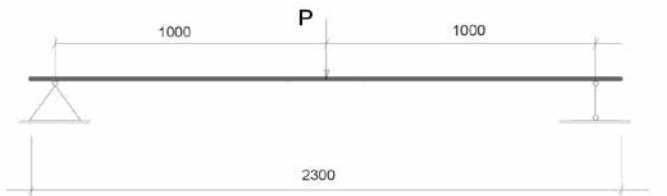
3. MÔ HÌNH VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

3.1. Mô hình thí nghiệm

Dầm được chọn thí nghiệm là dầm thép chữ I 100, dài 2 m, với thuộc tính vật lý và đặc trưng hình học của dầm được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Thuộc tính vật lý và đặc trưng hình học của dầm thí nghiệm

STT	Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
1	Chiều dài	l	230	cm
2	Chiều cao	h	10	cm
3	Bề rộng cánh	B	5,5	cm
4	Chiều dày cánh	d	0,5	cm
5	Chiều dày bụng	b	0,5	cm
6	Mô-men quán tính Jx (dầm chữ I)	Jx	154.58	cm^4
7	Mô-men quán tính Jy (dầm chữ H)	Jy	139,58	cm^4
8	Khối lượng riêng	M	0,00785	kg/cm^3
9	Mô-đun đàn hồi	E	2.000.000	kg/cm^2
10	Tĩnh tải tiêu chuẩn phân bố đều	q1	0,0785	kg/cm
		q2	0,1655	kg/cm
		q3	0,2524	kg/cm
11	Gia tốc trọng trường	g	981	cm/s^2



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm

Dầm được kê trên 2 gối, cách nhau một khoảng L = 2 m và được tạo dao động bằng búa gõ. Thay đổi độ cứng của dầm bằng cách thay đổi mô-men quán tính Jx - Kê dầm theo phương chữ I (Jx) hay phương chữ H (Jy) và thay đổi khối lượng của dầm bằng cách treo thêm quả nặng vào giữa dầm. Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện trên Hình 2.

** Tính toán lý thuyết:*

Phương pháp tính toán lý thuyết dựa trên cơ sở các tham số về mô hình như ma trận độ cứng [K], ma trận khối lượng [M] của kết cấu. Theo đó, tần số dao động riêng không cản ω của kết cấu được xác định theo phương trình sau [1]:

$$Det([K] - \omega^2[M]) = 0 \quad [1]$$

Đối với kết cấu dầm giản đơn, theo Phụ lục 3A.17 - 22TCN 243:98 Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô, việc kiểm toán chu kỳ dao động riêng của kết cấu được quy định như sau [4]:

Kết cấu nhịp phải được kiểm toán về tần số hay chu kỳ của dao động riêng để không xảy ra hiện tượng cộng hưởng khi có tác động của hoạt tải. Với cầu trên đường ô tô, cầu thành phố và cầu bộ hành, chu kỳ dao động riêng theo phương thẳng đứng không được nằm trong phạm vi từ 0,45s đến 0,60s; còn chu kỳ dao động riêng theo phương nằm ngang không được trùng hoặc bằng bội số của chu kỳ dao động riêng theo phương thẳng đứng. Chu kỳ dao động riêng của kết cấu nhịp giản đơn được tính theo công thức:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{C}} \quad [2]$$

Trong đó:

T - Chu kỳ dao động riêng tính bằng séc;

M - khối lượng thu gọn tính theo công thức: $M = \frac{ql}{2g}$ [3];

q - Tĩnh tải phân bố đều; g - Gia tốc trọng trường;

C - Đặc trưng độ cứng tính theo công thức: $C = \frac{1}{\delta}$ [4]

δ - Độ võng theo phương thẳng đứng hoặc nằm ngang (tùy theo khi tính chu kỳ dao động riêng thẳng đứng hoặc nằm ngang) khi có tải trọng tập trung bằng đơn vị đặt tại giữa nhịp theo phương tính dao động.

- Thông số tính toán: Được lấy theo Bảng 1

Kết quả cuối cùng ta có:

$$T = \frac{l^2}{\pi}\sqrt{\frac{q}{6EJ}}$$

- Kết quả tính chu kỳ dao động được tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính toán lý thuyết

TT Thí nghiệm	Trường hợp thí nghiệm	Đặc trưng hình học			Chu kỳ T (s)	Tần số f (Hz)
		l (cm)	q (kg/cm)	J cm^4		
1	Dầm chữ I - Jx q1	200	0,0785	154,58	0,019	52,716
2	Dầm chữ I - Jx q2	200	0,1655	154,58	0,026	38,164
3	Dầm chữ I - Jx q3	200	0,2524	154,58	0,032	31,414
4	Dầm chữ H - Jy q1	200	0,0785	139,58	0,020	50,083
5	Dầm chữ H - Jy q2	200	0,1655	139,58	0,028	36,258
6	Dầm chữ H - Jy q3	200	0,2524	139,58	0,034	29,845

3.2. Thiết bị và phương pháp thí nghiệm

Thiết bị thí nghiệm được sử dụng là máy đo dao động sử dụng cảm biến sợi quang FAZT I4G, với cảm biến gia tốc kế sợi cáp quang, thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm nhà AIT thuộc Trường Đại học GTVT. Tạo dao động cho kết cấu bằng búa lực kích động lên dầm theo phương thẳng đứng. Số liệu đo được ghi lại bằng phần mềm chuyên dụng FemtoSense của thiết bị đo dao động FAZT I4G [7]. Kết quả phân tích FFT sẽ cho ta giá trị tần số dao động riêng của dầm theo phương thẳng đứng.

Trình tự thí nghiệm:

Thí nghiệm thứ nhất: Kê dầm lên 2 gối theo theo phương chữ I (tương ứng với độ cứng Jx và tĩnh tải tiêu chuẩn phân bố đều q1).

Thí nghiệm thứ hai: Kê dầm lên 2 gối theo theo phương chữ I và treo vật nặng 20 kg vào giữa dầm (tương ứng với độ cứng Jx và tĩnh tải tiêu chuẩn phân bố đều q2).

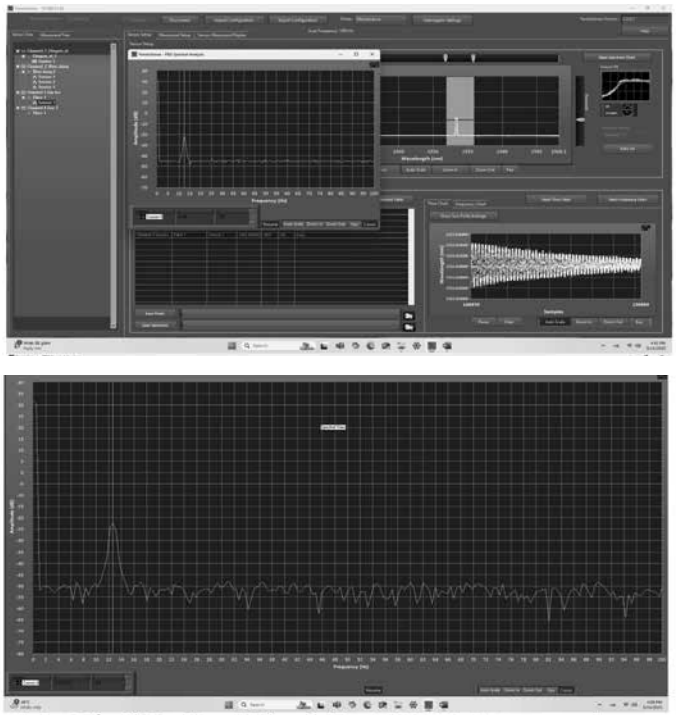
Thí nghiệm thứ ba: Kê dầm lên 2 gối theo theo phương chữ I và treo vật nặng 40 kg vào giữa dầm (tương ứng với độ cứng Jx và tĩnh tải tiêu chuẩn phân bố đều q3).

Thí nghiệm thứ tư, năm và sáu tương tự thí nghiệm thứ nhất, hai và ba với dầm được kê trên 2 gối theo phương chữ H (tương ứng với độ cứng Jy và tĩnh tải tiêu chuẩn phân bố đều q1, q2, q3).

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

Toàn bộ kết quả đo đã được ghi lại bằng phần mềm chuyên dụng FemtoSense của thiết bị đo dao động FAZT I4G. Tín hiệu dao động được phân tích FFT cho ra kết quả là biểu đồ dao động và tần số dao động riêng của kết cấu. Trên Hình 3 thể hiện dạng dao động của kết cấu dầm giản đơn và biểu đồ phân tích FFT xác định tần số dao

động riêng của thí nghiệm thứ năm - dầm Jyq2. Bảng 3 tổng hợp toàn bộ kết quả thí nghiệm và so sánh với kết quả tính lý thuyết.



Hình 3. Biểu đồ dao động và kết quả phân tích FFT của TN thứ năm - dầm Jyq2

Bảng 3. Tổng hợp kết quả thí nghiệm và so sánh với kết quả tính lý thuyết

TT	Hạng mục TN		Kết quả đo		Trung bình kết quả đo		Kết quả tính		So sánh Đo/Tính %	
			Tần số Hz	Chu kỳ s	Tần số Hz	Chu kỳ s	Chu kỳ s	Tần số Hz	Tần số Hz	Chu kỳ s
1	Thí nghiệm thứ nhất - Dầm Jxq1	Lần 1	20,953	0,048	20,953	0,048	57,971	0,017	36,1	276,7
2		Lần 2	20,953	0,048						
3		Lần 3	20,953	0,048						
4	Thí nghiệm thứ hai - Dầm Jxq2	Lần 1	13,381	0,075	13,381	0,075	39,930	0,025	33,5	298,4
5		Lần 2	13,381	0,075						
6		Lần 3	13,381	0,075						

Phân tích đánh giá: Kết quả thí nghiệm cho thấy đối với kết cấu dầm giản đơn, sự phụ thuộc của chu kỳ dao động riêng vào độ cứng và trọng lượng của kết cấu thể hiện tương đối rõ. Khi độ cứng của kết cấu tăng lên (từ Jyq1 = 139,58 cm^4 lên Jxq1= 154,58 cm^4) thì chu kỳ dao động riêng giảm xuống (tương ứng với tần số dao động riêng tăng lên: fJyq1 =19,955 Hz tăng lên fJxq1 = 20,953 Hz) và khi trọng lượng của kết cấu tăng lên (từ q1 = 0,0785 kg/cm lên q2 = 0,1655 kg/cm và q3 = 0,2524 kg/cm) thì chu kỳ dao động riêng cũng tăng lên (tương ứng với tần số dao động riêng giảm xuống: fJxq1 =20,953 Hz giảm xuống fJxq2 = 13,381 Hz và fJxq3 = 10,759 Hz). Tại mỗi thí nghiệm, kết quả của 3 lần đo trùng nhau, điều đó cho thấy phương pháp thực nghiệm sử dụng thiết bị đo dao động FAZT I4G với cảm biến sử dụng là gia tốc kế sợi quang, để xác định chu kỳ dao động riêng của kết cấu dầm giản đơn, cho kết quả tương đối chính xác. Tuy nhiên, qua kết quả tính toán lý thuyết chu kỳ dao động riêng của kết cấu cho thấy sự khác xa giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm - sự khác xa lớn nhất 301,2% tại thí nghiệm thứ sáu, ở đây có thể giải thích kết quả tính toán chu kỳ dao động riêng phụ thuộc rất nhiều vào việc tính toán chính xác độ cứng của kết cấu, mô hình hóa và phương pháp.

5. KẾT LUẬN

Với ưu điểm là độ nhạy, độ chính xác cao, ít bị ảnh hưởng của nhiễu, làm việc trong môi trường khắc nghiệt, không bị ảnh hưởng của trường điện từ, các cảm biến sợi quang FBG kết hợp với thiết bị đo dao động FAZT I4G có thể đo, lưu giữ và phân tích được các rung động rất nhỏ. Vì vậy, việc ứng dụng các cảm biến sợi quang trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình là nhằm xác định tần số dao động riêng của kết cấu công trình, qua đó đánh giá tình trạng sức khỏe của kết cấu. Bên cạnh đó, đối với thiết bị đo dao động sử dụng các cảm biến sợi quang FAZT I4G, với nguyên lý là truyền dẫn và phản xạ ánh sáng nên các cảm biến sợi quang có thể được mắc nối tiếp với nhau - mỗi kênh đo của máy FAZT I4G có thể mắc nối tiếp 30 cảm biến sợi quang FBG, điều này giúp chúng ta kiểm soát được đồng thời dao động của một kết cấu tại nhiều vị trí khác nhau trên kết cấu.

Qua kết quả thực nghiệm trên dầm thí nghiệm cho thấy, thiết bị đo dao động bằng cảm biến sợi quang FAZT I4G đã xác định được sự thay đổi tần số dao động riêng của một kết cấu dầm giản đơn khi độ cứng hay trọng lượng bản thân của kết cấu thay đổi. Trong thực tế, sự suy giảm độ cứng hay trọng lượng bản thân của kết cấu có thể là do sự hỏng hóc của kết cấu gây ra, vì vậy có thể nói việc ứng dụng các cảm biến sợi quang trong lĩnh vực kiểm định chất lượng công trình hay quan trắc sức khỏe của kết cấu thông qua việc kiểm soát tần số dao động riêng của kết cấu theo thời gian giúp cho chúng ta phát hiện được các hỏng hóc của kết cấu.

Tuy nhiên, việc lắp đặt các cảm biến sợi quang lên kết cấu công trình phức tạp, số lượng cảm biến và vị trí lắp đặt cũng cần phải được nghiên cứu tiếp, để đảm bảo thiết bị đo dao động bằng cảm biến sợi quang FAZT I4G thu nhận được tín hiệu và phân tích xử lý số liệu đưa ra được bức tranh tổng thể về dao động của một kết cấu, từ đó ta có thể đánh giá được tình trạng sức khỏe của kết cấu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Viết Trung (2003), Chẩn đoán công trình cầu, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[2]. Võ Văn Thảo (1961), Phương pháp khảo sát - nghiên cứu thực nghiệm công trình, NXB. Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

[3]. Quy trình thử nghiệm cầu 22 TCN 170 - 87 của Bộ GTVT ban hành năm 1987.

[4]. Quy trình kiểm định cầu trên đường ô tô 22 TCN 243 - 98 của Bộ GTVT ban hành năm 1998.

[5]. Meltz G, Morey W, Glenn W., Formation of Bragg grating in optical fiber by the transverse holographic method. Opt Lett 1989;14(15):823-5.

[6]. M. J. Nicolas, R. W. Sullivan and W. L. Richards (2016), Large scale applications using FBG sensors: Determination of in-flight loads and shape of a composite aircraft wing, Aerospace, vol.3, no.3.

[7]. FAZT IX 1.0.B.2.0 System User Guide.

[8]. Clough R W and Penzien J (1974), Dynamics of Structures, McGraw-Hill, NewYork.

[9]. Paz M (1980), Structural Dynamics, Theory and Computation, Van Nostrand Reinhold, New York.

■Ngày nhận bài: 06/3/2025 ■Ngày sửa bài: 24/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 22/4/2025

Nhận diện và đánh giá các rủi ro bên ngoài trong giai đoạn chuẩn bị tham gia đầu tư xây dựng hạ tầng giao thông đường bộ theo hình thức đối tác công tư (PPP)

Identification and Assessment of External Risks in the Preparation Phase for Participation in Road Infrastructure Investment under the Public-Private Partnership (PPP) Model

>THS LÊ KIM NHUNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: lknhung.qlda@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nhận diện và đánh giá đầy đủ các rủi ro và từ đó có giải pháp nhằm giảm thiểu rủi ro luôn là vấn đề quan tâm rất lớn của các doanh nghiệp. Trong quá trình chuẩn bị tham gia đầu tư các dự án hạ tầng giao thông đường bộ (DAHTGTĐB) theo hình thức đối tác công tư (PPP), các nhà đầu tư luôn gặp phải rất nhiều rủi ro liên quan như rủi ro pháp lý, rủi ro kinh tế - xã hội, rủi ro của bản thân từng dự án... đòi hỏi các doanh nghiệp phải nhận diện và đánh giá được đầy đủ và cụ thể, qua đó có những giải pháp nhằm hạn chế tối đa các rủi ro có thể gặp phải trong tương lai khi chuẩn bị tham gia đầu tư. Mục đích của bài báo nhằm giúp các doanh nghiệp nhận diện các rủi ro có thể, đo lường mức độ có thể xảy ra các rủi ro đó trong các DAHTGTĐB theo hình thức PPP thông qua đánh giá của các doanh nghiệp. Trên cơ sở kết quả khảo sát từ 125 người làm việc tại các doanh nghiệp tham gia các DAHTGTĐB theo hình thức PPP cho thấy, các doanh nghiệp đánh giá các rủi ro lớn nhất đến từ rủi ro về kinh tế- xã hội.

Từ khóa: Rủi ro, nhận diện, đường bộ, dự án.

ABSTRACT

Identifying and thoroughly assessing risks to develop mitigation strategies is a key concern for enterprises. During the preparation phase for participation in road infrastructure projects under the Public-Private Partnership (PPP) model, investors often face numerous risks, such as legal risks, socio-economic risks and project-specific risks. This necessitates comprehensive and specific risk identification and assessment to devise solutions that minimize potential future risks. The purpose of this paper is to assist enterprises in identifying risks and measuring their likelihood in road infrastructure investment projects under the PPP model, based on assessments from enterprises. A survey of 125 individuals working at companies involved in PPP road infrastructure projects shows that enterprises consider socio-economic risks to be the most significant.

Keywords: Risk, identification, road, project.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với đặc thù của DAHTGTĐB, các doanh nghiệp tham gia đầu tư hạ tầng luôn phải đối diện với rất nhiều rủi ro trong hoạt động như rủi ro về công nghệ, về thị trường, rủi ro kinh doanh, rủi ro hoạt động… Tất cả các rủi ro đó khi xuất hiện sẽ ảnh hưởng rất lớn đến hoạt động kinh doanh nói chung và hiệu quả đầu tư dự án nói riêng. Vì vậy, trong các chức năng quản lý, thực hiện DAHTGTĐB, quản lý rủi ro luôn đóng một vai trò quan trọng trong việc nâng cao hiệu quả hoạt động, sự thành công của các doanh nghiệp cũng như của dự án đầu tư.

Trong các hình thức đầu tư thực hiện dự án đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ, hình thức đầu tư theo PPP đang là một trong những định hướng quan trọng nhằm phát triển nhanh và hiện đại hóa mạng lưới giao thông tại Việt Nam, nhằm thu hút tối đa nguồn

lực của khu vực tư nhân vào các dự án. Với nguồn vốn đầu tư cho phát triển cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ hạn chế như hiện nay trong khi khả năng nguồn lực tài chính của Nhà nước không thể đáp ứng được thì việc khuyến khích đầu tư PPP là mô hình hợp tác tối ưu hóa hiệu quả đầu tư và cung cấp dịch vụ công cộng chất lượng cao. Một trong những lợi ích và cũng là nhân tố quyết định đến sự thành công của các DAHTGTĐB với sự tham gia của các doanh nghiệp tư nhân đó là phân bổ các rủi ro của dự án (Bảo, Toản et al. 2016). Cả Nhà nước và các doanh nghiệp tư nhân khi tham gia PPP cần phải xác định và hiểu rõ tất cả các rủi ro tiềm tàng, xác định và nhận diện đầy đủ các nguy cơ, sự không chắc chắn, những yếu tố rủi ro có thể xảy ra khi thực hiện các dự án PPP, thông qua đó để có thể phân chia rủi ro một cách hợp lý cho bên có khả năng tài chính và kỹ thuật tốt nhất để xử lý chúng, hạn chế tối đa những rủi ro có thể. Mục đích của bài báo là nhằm giúp các doanh nghiệp tư nhân khi tham gia PPP trong các DAHTGTĐB nhận diện và đo lường các rủi ro có thể xảy ra bên ngoài doanh nghiệp.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Rủi ro tại các DAHTGTĐB

Theo Từ điển Oxford (2013), "Rủi ro là khả năng gặp nguy hiểm hoặc bị đau đớn, thiệt hại". Theo cách tiếp cận của Spekman (Spekman and Davis 2004) và Davis (2004), rủi ro - xác suất của sự biến động trong một kết quả kỳ vọng. Hay theo tiêu chuẩn quản lý rủi ro NS5814, "rủi ro là hiện thân mối nguy hiểm không dự đoán được". Rủi ro có thể đến từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm sự không chắc chắn trong thị trường tài chính, các mối đe dọa từ thất bại của dự án (ở bất kỳ giai đoạn nào trong thiết kế, phát triển, sản xuất hoặc vòng đời duy trì), trách nhiệm pháp lý, rủi ro tín dụng, tai nạn, nguyên nhân tự nhiên và thiên tai, tấn công từ đối thủ hoặc các sự kiện có nguyên nhân gốc rễ không chắc chắn hoặc không thể đoán trước. Theo một cách tiếp cận khác, khi đề cập tới rủi ro thường đề cập đến tính tiêu cực của rủi ro và có thể được hiểu đó là sự mất mát, thiệt hại. Rủi ro có cả mặt tích cực và tiêu cực, cả khả năng mất mát và hy vọng đạt được (Boquist and Moore 1983). Tuy nhiên, các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng các doanh nghiệp thường tập trung hơn vào các khía cạnh tiêu cực hơn là tích cực (March and Shapira 1987).

Trong lĩnh vực đầu tư DAHTGTĐB, các rủi ro có thể bao gồm: Rủi ro hệ thống là những rủi ro ngoài khả năng kiểm soát của những người tham gia dự án, bao gồm rủi ro chính trị, pháp lý, kinh tế và môi trường và rủi ro phi hệ thống liên quan đến bản thân dự án, như rủi ro xây dựng, thiết kế, vận hành, tài chính và doanh thu (Merna and Smith 1996).

2.2. Nhận diện các rủi ro tại các DAHTGTĐB theo hình thức PPP

Nhận diện rủi ro là quá trình liên tục một cách có hệ thống các rủi ro trong hoạt động của doanh nghiệp khi tham gia các DAHTGTĐB. Nhận diện rủi ro bao gồm các công việc theo dõi, xem xét môi trường hoạt động và toàn bộ các quá trình, các hoạt động của doanh nghiệp khi tham gia các DAHTGTĐB nhằm thống kê được tất cả các rủi ro đã và đang có đồng thời dự báo những rủi ro tiềm tàng có thể xuất hiện trong tương lai đối với các dự án mà doanh nghiệp tham gia. Các doanh nghiệp khi tham gia các DAHTGTĐB theo hình thức PPP đều phải có mối quan tâm hoặc kỳ vọng lớn vào các dự án này, nhưng cũng cần xác định và nhận diện rõ những rủi ro liên quan, qua đó giúp các doanh nghiệp có thể quyết định tham gia hay không tham gia các dự án.

Nghiên cứu của (Trang 2022) đã phân chia các rủi ro tại DAHTGTĐB thành 2 nhóm là rủi ro môi trường bên trong và bên ngoài dự án. Trong đó, rủi ro do bên ngoài gây ra đối với doanh nghiệp khi tham gia các DAHTGTĐB, gồm: Rủi ro về pháp lý, rủi ro về kinh tế - xã hội, rủi ro bất khả kháng, rủi ro do nhà thầu gây nên và rủi ro do nhân dân địa phương.

Bảng 1. Tổng hợp các nguồn rủi ro

STT	Nguồn rủi ro	Tên rủi ro	Mã hóa
1	Rủi ro pháp lý	Rủi ro độ tin cậy của Chính phủ	PL1
2		Rủi ro khi thay đổi khuôn khổ pháp lý	PL2
3		Rủi ro thay đổi các quy định về thuế	PL3
3		Quản lý hợp đồng ý, tranh chấp hợp đồng	PL4
5	Rủi ro kinh tế - xã hội	Rủi ro lạm phát	KTXH1
6		Rủi ro lãi suất	KTXH2
7		Biến động kinh tế	KTXH3
8		Biến động giá cả	KTXH4
9	Rủi ro bất khả kháng	Bất khả kháng do thiên tai	BKK1
10		Bất khả kháng do chính trị	BKK2
11	Rủi ro do nhà thầu gây ra	Rủi ro thiết kế	NT1
12		Rủi ro kỹ thuật công nghệ	NT2
13		Rủi ro khi khảo sát địa hình, địa chất	NT3
14		Rủi ro tiến độ thi công	NT4
15		Rủi ro chất lượng	NT5
16		Rủi ro chi phí	NT6
17		Rủi ro an toàn lao động	NT7

Nguồn: Theo (Trang, 2022)

3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Với 17 nguy cơ rủi ro đã xác định được trong Bảng 1, tác giả tiến hành lập bảng hỏi để thu thập số liệu sơ cấp về khả năng xuất hiện và khả năng tác động của rủi ro. Từ kết quả điều tra khảo sát, các rủi ro sẽ được thể hiện trên khả năng xuất hiện - khả năng tác động. Các rủi ro được đo lường theo thang đo từ 1 tới 5: 1 - Rất khó xảy ra, 2 - Khả năng thấp, 3 - Có thể xảy ra, 4 - Khả năng cao, 5 - Khả năng chắc chắn. 1 - Rất khó tác động, 2 - Khả năng tác động thấp, 3 - Khả năng tác động trung bình, 4 - Khả năng tác động cao, 5 - Khả năng chắc chắn tác động. Các câu hỏi đó đã được kiểm tra, xin ý kiến của 2 chuyên gia trong lĩnh vực đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ để tiến hành điều tra thử.

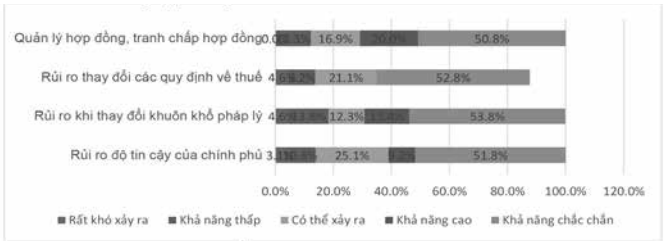
Để thu thập dữ liệu phục vụ phân tích và đánh giá, nghiên cứu này đã tiến hành điều tra, thu thập số liệu sơ cấp tại các doanh nghiệp đã và đang tham gia DAHTGTĐB theo hình thức PPP thông qua mail trong thời gian từ tháng 9 đến hết tháng 10/2024. Kết quả cho thấy, có 125 câu trả lời được ghi nhận, trong đó có 9,3% là lãnh đạo các phòng, ban chức năng của các doanh nghiệp, các ban quản lý các dự án là 13,4%, nhà thầu thi công 15,5%, còn lại là các đơn vị tư vấn.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÌNH LUẬN

4.1. Rủi ro về pháp lý

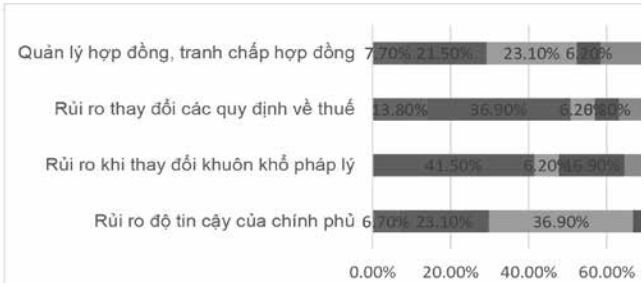
Kết quả khảo sát cho thấy, khả năng xuất hiện rủi ro pháp lý đối với sự thay đổi khuôn khổ pháp lý là cao nhất (53,8%) ở mức chắc chắn, tương tự với các rủi ro pháp lý khác cùng trên 50% ở mức chắc chắn sẽ có rủi ro. Điều này phản ánh thực tế là trong những năm qua, hệ thống văn bản quy định của pháp luật về đầu tư nói chung trong lĩnh vực giao thông đường bộ theo hình thức PPP nói

riêng luôn có sự cập nhật, bổ sung. Hơn nữa, các dự án này thường có thời gian đầu tư tương đối dài (kéo dài hàng năm). Do đó, những rủi ro pháp lý luôn hiện hữu với các doanh nghiệp tham gia đầu tư.



Hình 1. Nhận diện rủi ro về pháp lý

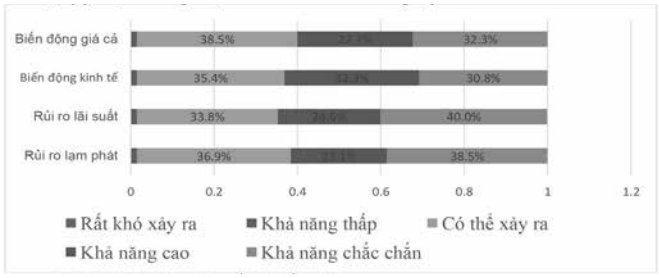
Về đánh giá mức độ tác động, theo kết quả khảo sát cho thấy, trên 30% cho rằng chắc chắn có tác động khi xuất hiện các rủi ro về khuôn khổ pháp lý, về thay đổi các quy định của thuế và liên quan đến hợp đồng. Trong khi khả năng tác động cao ở mức trên 20% cho các rủi ro liên quan đến quản lý hợp đồng, tranh chấp hợp đồng. Với rủi ro về độ tin cậy của Chính phủ, theo đánh giá thì mức chắc chắn tác động chỉ ở mức trên 7%, điều này phù hợp với chính sách của Chính phủ về sự bảo lãnh của Nhà nước cho các doanh nghiệp tham gia đầu tư.



Hình 2. Đánh giá rủi ro về pháp lý

4.2. Rủi ro về kinh tế - xã hội

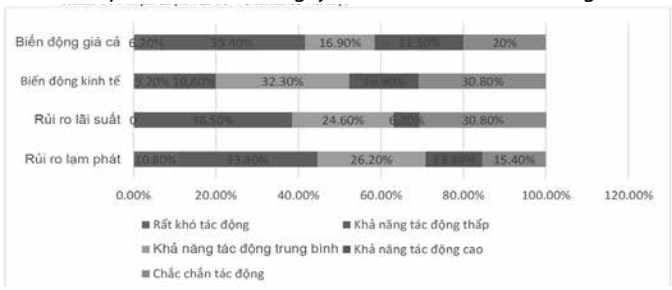
Những rủi ro về kinh tế - xã hội như giá cả, biến động kinh tế, lãi suất và lạm phát đều được đánh giá ở mức khả năng chắc chắn với tỷ lệ trên 30%, trong khi mức khả năng cao là trên 23% (cao nhất là biến động giá cả, 27,7%). Tương tự, trong nội dung đánh giá về mức độ tác động, kết quả khảo sát cũng cho thấy, khi các rủi ro kinh tế - xã hội xảy ra thì đều tác động lớn đến việc quyết định tham gia dự án đầu tư của các doanh nghiệp.



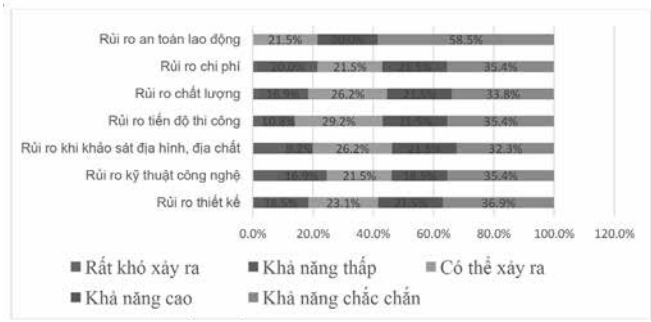
Hình 3. Nhận diện rủi ro về kinh tế - xã hội

4.3. Rủi ro do nhà thầu gây ra

Theo kết quả khảo sát cho thấy khả năng chắc chắn có rủi ro của các nguy cơ đều trên mức 30%, điển hình có rủi ro về an toàn lao động chắc chắn đến 58,5%. Trong khi mức khả năng cao có rủi ro cũng ở mức khá cao, trên dưới 20% đối tượng khảo sát đánh giá như vậy. Điều đó cho thấy, các doanh nghiệp nhận thức rõ những rủi ro liên quan đến nhà thầu gây ra là rất lớn và có khả năng rất cao.

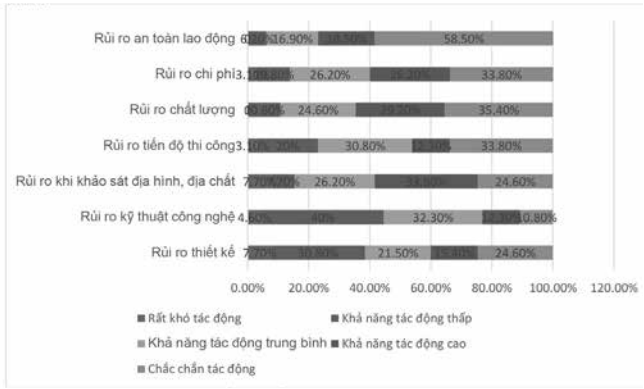


Hình 4. Đánh giá rủi ro về kinh tế - xã hội



Hình 5. Nhận diện rủi ro về nhà thầu

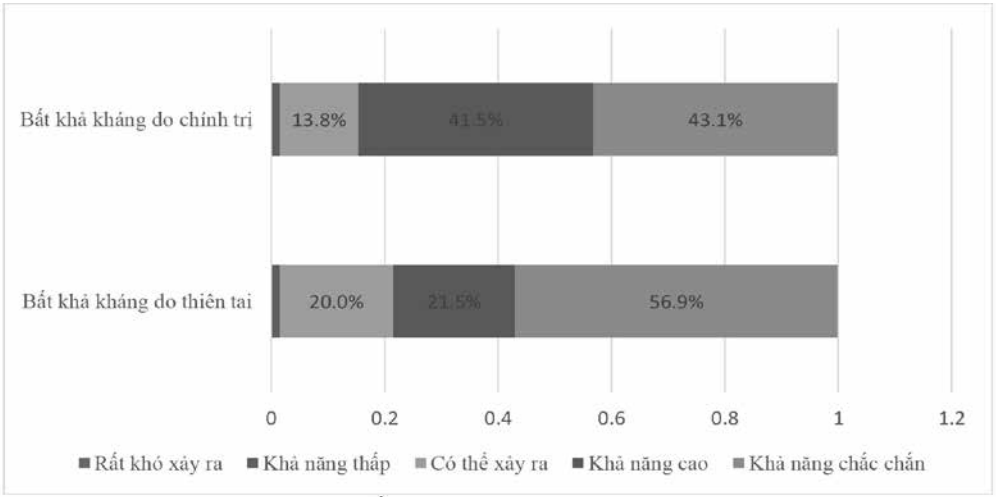
Về đánh giá mức độ tác động, kết quả khảo sát cho thấy, các đối tượng khảo sát đều đánh giá mức chắc chắn có tác động khi có rủi ro liên quan nhà thầu là chiếm tỷ lệ tương đối cao, ở mức trên 30% với rủi ro về an toàn lao động, rủi ro chi phí cũng như rủi ro chất lượng, trong khi ở mức khả năng tác động cao cũng trên 20% cho hầu hết các rủi ro. Điều đó cho thấy, với các rủi ro do nhà thầu gây ra, nếu có thì đều tác động rất lớn đến các doanh nghiệp tham gia dự án đầu tư.



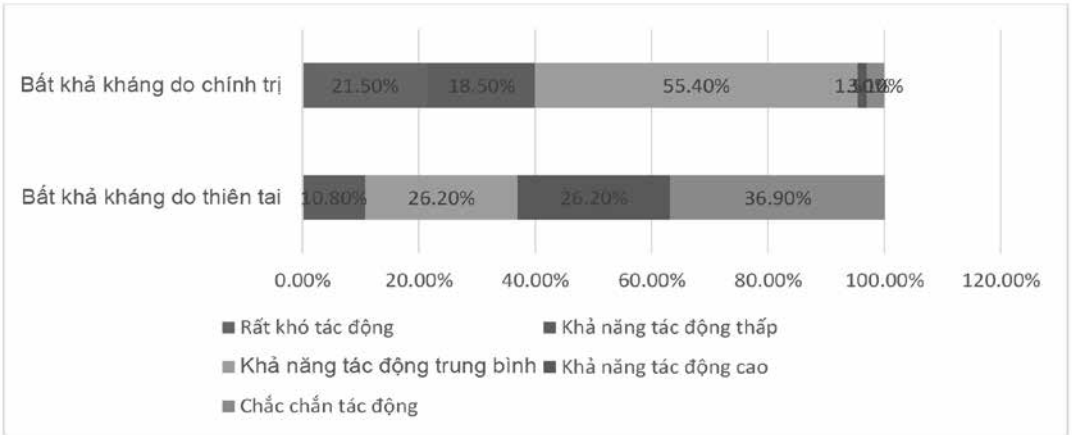
Hình 6. Đánh giá rủi ro về nhà thầu

4.4. Rủi bất khả kháng

Kết quả khảo sát chỉ ra rằng, các dự án đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ theo hình thức PPP có khả năng chắc chắn bị rủi ro về thiên tai cũng như do yếu tố chính trị ở mức khá cao (trên 43% người được hỏi cho rằng chắc chắn). Điều này phản ánh nguy cơ liên quan đến xuất hiện những thiên tai, sự thay đổi cơ quan quản lý, tầng lớp lãnh đạo… cũng sẽ là nguồn gây ra rủi ro cho các doanh nghiệp tham gia dự án. Tương tự, về sự đánh giá tác động, kết quả khảo sát cũng chỉ ra sự chắc chắn tác động của rủi ro về thiên tai đến các dự án.



Hình 7. Nhận diện rủi ro bất khả kháng



Hình 8. Đánh giá rủi ro bất khả kháng

5. KẾT LUẬN

Giảm thiểu rủi ro trong hoạt động đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ theo hình thức PPP có vai trò đặc biệt quan trọng và có ý nghĩa với mọi doanh nghiệp tham gia. Nhận diện rủi ro bên ngoài trước khi tiến hành, tham gia hoạt động đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ của các doanh nghiệp liên quan đến các rủi ro về pháp lý, kinh tế - xã hội cũng như rủi ro về nhà thầu và nguyên nhân bất khả kháng sẽ cung cấp thêm thông tin để các doanh nghiệp quyết định có nên tham gia các dự án hay không. Giảm thiểu rủi ro trong hoạt động đầu tư hạ tầng giao thông đường bộ theo hình thức PPP thông qua giảm tần suất và khả năng xảy ra rủi ro, giảm mức độ nghiêm trọng rủi ro, sử dụng tối ưu các nguồn lực liên quan đến quản lý rủi ro và tăng hiệu quả quản trị rủi ro tại mỗi doanh nghiệp. Ảnh hưởng của nhận diện và đánh giá đầy đủ các rủi ro liên quan sẽ làm tăng nhận thức và hiểu biết của các doanh nghiệp, cho phép các doanh nghiệp có các giải pháp giảm thiểu rủi ro và tránh rủi ro. Kết quả nghiên cứu đã cho thấy, để tham gia các DAHTGTĐB theo hình thức PPP, các doanh nghiệp cần nghiên cứu kỹ lưỡng các quy định pháp lý liên quan, đồng thời tìm hiểu đầy đủ thông tin để hạn chế tối đa rủi ro liên quan đến nhà thầu. Đây là hai nguồn gây ra những rủi ro lớn và có tác động lớn khi có rủi ro xảy ra đối với doanh nghiệp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Văn Bảo và ctg (2016), Các nhân tố tác động và vai trò của Nhà nước ảnh hưởng tới sự thành công của mô hình đối tác công tư PPP trong đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng giao thông đường bộ, Tạp chí Kinh tế Xây dựng, số 1, 04-09.

[2]. Boquist, J. A. and W. T. Moore (1983), Estimating the systematic risk of an industry segment: A mathematical programming approach, Financial Management, 11-18 %@ 0046-3892.

[3]. March, J. G. and Z. Shapira (1987), Managerial perspectives on risk and risk taking, Management science 33(11), 1404-1418 %@ 0025-1909.

[4]. Merna, A. and N. J. Smith (1996), Guide to the preparation and evaluation of build-own-operate-transfer (BOOT) project tenders, Asia Law & Practice Limited.

[5]. Spekman, R. E. and E. W. Davis (2004), Risky business: expanding the discussion on risk and the extended enterprise, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management 34(5): 414-433 %@ 0960-0035.

[6]. Phạm Thị Trang (2022), Nhận dạng các nhân tố rủi ro và đề xuất giải pháp giảm thiểu rủi ro trong đầu tư xây dựng các dự án giao thông tại Việt Nam, số tháng 6, Tạp chí Xây dựng.

■Ngày nhận bài: 11/3/2025 ■Ngày sửa bài: 02/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/4/2025

Nâng cao hiệu quả giám sát và nghiệm thu dầm Super-T bằng công nghệ đám mây điểm

Enhancing the efficiency of monitoring and acceptance inspection of Super-T girder using point cloud technology

> TS VŨ VĂN TOẢN*, TS HỒ XUÂN BA, TS HỒ VIỆT LONG
Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: toanvv_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Công tác nghiệm thu dầm sau khi chế tạo theo phương pháp truyền thống thường tốn nhiều thời gian, công sức và dễ xảy ra sai sót do yếu tố khách quan và chủ quan của người kiểm tra, giám sát. Nhằm khắc phục hạn chế này, bài báo đề xuất ứng dụng công nghệ quét laser 3D để kiểm chứng kích thước hình học và đánh giá độ vồng của dầm super-T bê tông cốt thép dự ứng lực (BTCTDUL) sau thời điểm gác dầm. Bằng cách ghép nối dữ liệu từ nhiều trạm quét với các điểm tham chiếu phù hợp, phương pháp này tạo ra đám mây điểm không gian có độ chính xác cao, cho phép phân tích trực tiếp kích thước thực tế, độ vồng của dầm ngay tại công trường. Kết quả từ quét laser 3D được so sánh với hồ sơ thiết kế và phương pháp đo đạc hiện trường để đánh giá độ tin cậy của phương pháp đề xuất. Phân tích cho thấy sai số thu được từ công nghệ quét laser 3D là tương đối nhỏ, chứng minh tính khả thi của công nghệ này trong giám sát và nghiệm thu dầm. Nghiên cứu mở ra tiềm năng ứng dụng rộng rãi của công nghệ quét 3D trong nghiệm thu và số hóa kết cấu hạ tầng, hướng đến tối ưu hóa quy trình thi công.

Từ khóa: Công nghệ quét laser 3D, mây điểm, dầm super-T.

ABSTRACT

The post-fabrication acceptance inspection of girders using traditional methods is often time-consuming and labor-intensive, with a high susceptibility to errors arising from both subjective and objective factors of the inspectors. To overcome these limitations, this study proposes the application of 3D laser scanning technology to verify the geometric dimensions and evaluate the camber of a prestressed reinforced concrete super-T girder after erection. By integrating data from multiple scanning stations with appropriate reference targets, this method generates a high-accuracy spatial point cloud, enabling direct analysis of the actual dimensions, camber of girders on-site. The results obtained from 3D laser scanning are compared with design documents and in-situ measurements to assess the reliability of the proposed approach. The analysis reveals that the errors obtained from 3D laser scanning are relatively small, demonstrating the feasibility of this technology for girder monitoring and acceptance inspection. This study highlights the potential for the widespread application of 3D scanning technology in acceptance inspection and infrastructure digitalization, contributing to the optimization of construction processes.

Keywords: 3D laser scanning, point cloud, Super-T girder.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công tác nghiệm thu dầm BTCTDUL đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng công trình trước khi đưa vào thi công lao lắp dầm và cũng như quá trình vận hành sau này. Bên cạnh các tiêu chí về chất lượng bê tông, cốt thép, lực căng kéo, ván khuôn đã được kiểm soát từ khi bắt đầu thi công thì hai thông số là kích thước dầm và độ vồng của dầm cũng nhận được nhiều quan tâm khi nghiệm thu. Một trong những thách thức lớn trong nghiệm thu dầm BTCTDUL là xác định chính xác sự sai lệch về hình dạng, độ vồng và các khuyết tật bề mặt. Hiện nay, việc xác định kích thước thường được thực hiện bằng thước và thước cặp. Số thực đo phải lấy số trung bình cộng của 3 lần đo tại 3 vị trí khác nhau của cùng 1 đại lượng đo [1]. Trong khi đó, độ vồng của dầm được đo bằng cách quan trắc trước và sau khi tạo dự ứng lực. Kết quả đo độ vồng tại 5

điểm: 0, 1/4L 1/2L, 3/4L, L, sẽ được ghi lại trong quá trình kiểm tra. Những điểm này được đánh dấu bằng sơn để đảm bảo các lần kiểm tra cao độ tiếp theo được thực hiện chính xác tại cùng một vị trí. Có thể thấy, các phương pháp đo thủ công không những tốn nhiều thời gian, công sức mà còn phụ thuộc vào kinh nghiệm của người quan sát, kiểm tra [2]. Điều này dẫn đến nguy cơ sai số hoặc bỏ sót các lỗi nhỏ có thể ảnh hưởng đến độ bền của kết cấu trong dài hạn hoặc chỉ thu thập được dữ liệu tại một số điểm nhất định trên dầm. Do đó, nhu cầu cấp thiết đặt ra là phát triển một công nghệ hỗ trợ công tác nghiệm thu bằng cách tự động thu thập dữ liệu nhưng vẫn đảm bảo độ chính xác cần thiết.

Gần đây, công nghệ quét laser 3D đã thu hút sự quan tâm không chỉ từ các đơn vị quản lý mà còn từ các đơn vị thi công, giám sát xây dựng, doanh nghiệp công nghệ [3], cơ quan quy hoạch đô thị và ngành bảo tồn di sản [4], viện nghiên cứu [5] cũng như cộng đồng khoa học [6], nhờ khả năng ứng dụng linh hoạt trong nhiều lĩnh vực với độ chính xác cao. Công nghệ này sử dụng cảm biến laser để thu thập thông tin về hình học và kích thước của kết cấu thông qua việc tạo lập dữ liệu đám mây điểm trong không gian 3 chiều. Từ đó, xây dựng mô hình số hóa có độ chính xác cao, giúp phát hiện sai lệch so với thiết kế ban đầu [7]. Bên cạnh đó, công nghệ quét laser 3D còn được ứng dụng hiệu quả trong việc theo dõi, giám sát biến dạng của kết cấu trong quá trình chịu tải [8, 9]. Trên cơ sở này, để khắc phục những vấn đề có thể gặp phải trong quá trình nghiệm thu dầm, công nghệ quét laser 3D có thể xem là một giải pháp hiệu quả giúp nâng cao độ chính xác, cung cấp dữ liệu có tính trực quan cao.

Do đó, bài báo này nghiên cứu và ứng dụng công nghệ quét laser 3D trong giám sát thi công, phân tích biến dạng của dầm super-T. Kích thước và độ vồng của dầm super-T được kiểm soát bằng cách sử dụng đám mây điểm từ công nghệ quét laser 3D LiDAR mặt đất. Hiệu quả của công nghệ được đánh giá qua việc so sánh kết quả thu thập với hồ sơ thiết kế và phương pháp đo đạc truyền thống.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Công nghệ quét laser 3D là một phương pháp đo đạc tiên tiến không tiếp xúc. Công nghệ này sử dụng tia laser để thu thập dữ liệu không gian ba chiều (3D) của bề mặt vật thể [6]. Nguyên lý hoạt động dựa trên việc phát xung laser từ thiết bị quét, đo thời gian phản hồi sau khi tia laser phản xạ lại từ bề mặt vật thể, từ đó tính toán khoảng cách bằng thuật toán thay đổi pha (phase shift) [7] và tạo ra một tập hợp điểm trong không gian, gọi là đám mây điểm (point cloud), bao gồm các điểm không gian ba chiều, mỗi điểm chứa thông tin tọa độ (X, Y, Z) và có thể kèm theo cường độ phản xạ hoặc màu sắc. Dữ liệu mây điểm này được sử dụng để dựng mô hình số hóa của vật thể quét với độ chính xác cao.

Việc ứng dụng công nghệ này giúp phân tích hình dạng, kích thước và biến dạng của kết cấu. Các yếu tố như độ phân giải, phạm vi và môi trường quét ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng dữ liệu đám mây điểm. Do đó, lựa chọn các thông số quét cần được xem xét kỹ lưỡng trước khi tiến hành thu thập thông tin kết cấu. Trong nghiên cứu này, khoảng cách giữa máy quét và dầm thay đổi từ 0,6 m đến 40 m, trong điều kiện thời tiết khô ráo, đảm bảo độ chính xác dưới ±2 mm với tốc độ quét 50.000 điểm/giây.

Trong công nghệ quét laser 3D, việc ghép nối (registration) các lần quét riêng lẻ là cần thiết để tạo ra mô hình kết cấu hoàn chỉnh. Mặc dù có nhiều phương pháp ghép nối, nghiên cứu này sử dụng phương pháp điểm chung (target-based registration) vì dễ triển khai ngoài thực địa. Phương pháp điểm chung sử dụng các mốc tham chiếu (reference targets) để hiệu chỉnh và ghép nối dữ liệu từ các vị trí quét khác nhau.

Khi sử dụng quét laser 3D, dữ liệu thu thập thường chứa nhiễu do môi trường, bề mặt phản xạ hoặc lỗi cảm biến. Một thuật toán phổ biến để lọc nhiễu trong dữ liệu đám mây điểm là lọc ngoại lai thống kê (SOR - Statistical Outlier Removal), giúp xác định và loại bỏ các điểm có khoảng cách bất thường so với các điểm lân cận. Ngoài ra, các đối tượng không mong muốn như cây cối, con người hoặc phương tiện di chuyển có thể được loại bỏ thủ công thông qua phần mềm CloudCompare hoặc Trimble RealWorks.

Cuối cùng, để đảm bảo độ chính xác trong quá trình thu thập và xử lý dữ liệu, cần lưu ý một số yếu tố quan trọng: Lập tài liệu và đánh dấu các đối tượng quan tâm bằng chú thích, gán nhãn hợp lý cho từng lần quét để tổ chức và nhóm dữ liệu một cách hệ thống, đồng thời tạo ghi chú bằng hình ảnh khi thực hiện quét tại các trạm tiếp theo.

3. ỨNG DỤNG QUAN TRẮC DẦM SUPER-T

3.1. Thu thập dữ liệu đám mây điểm tại công trình được quan trắc

Đối tượng quan trắc là một dầm Super-T dài 38,2 m, cao 1,75 m, đã được lao lắp trên mố, trụ (Hình 2). Việc ứng dụng công nghệ quét laser 3D nhằm mục đích: Xác định kích thước của dầm, đánh giá độ vồng thực tế của dầm sau khi lao lắp.

Máy quét laser 3D mặt đất LIDAR, Trimble X7 trong Hình 1, được sử dụng để thu thập thông tin của không gian 3 chiều của dầm Super-T và lưu trữ chúng dưới dạng mây điểm 3D. Để tăng cường độ chính xác, cả việc căn chỉnh và ghép nối đám mây điểm từ các trạm quét khác nhau, 2 loại mốc/mục tiêu tham chiếu là quả cầu tham chiếu (refecence spheres) và mốc tham chiếu bàn cờ (checkerboard targets) được sử dụng (Hình 2).



Hình 1. Quét dầm bằng máy Scan laser 3D Trimble X7

- Quả cầu tham chiếu có khả năng cung cấp các điểm tham chiếu ổn định ở khoảng cách xa, đặc biệt trong môi trường rộng lớn hoặc ngoài trời. Điều này là do chúng có bề mặt cong tròn, nhẵn dễ dàng phát hiện ở những góc quét khác nhau và tâm của hình cầu có thể xác định một cách chính xác, ngay cả khi một phần của quả cầu bị che khuất. Khi đo đạc, các quả cầu này nên được bố trí chênh nhau ít nhất 10 cm để đảm bảo độ chính xác của công tác ghép nối

dữ liệu đám mây điểm.

- Trong khi đó, mốc tham chiếu bàn cờ giúp nâng cao độ chính xác trong các phép đo cự ly gần, đặc biệt khi cần căn chỉnh chi tiết nhỏ do các đường nét sắc nét và độ tương phản cao (trắng và đen) giúp phần mềm quét nhận diện dễ dàng và căn chỉnh chính xác. Do đó, loại mốc tham chiếu bàn cờ được bố trí ngay vị trí cần đo biến dạng của dầm.

Sự kết hợp cả hai loại mốc tham chiếu sẽ đảm bảo khả năng căn chỉnh tốt hơn trong các môi trường phức tạp, nơi một loại mốc tham chiếu có thể không khả dụng hoặc không đủ chính xác.



a)- Quả cầu tham chiếu



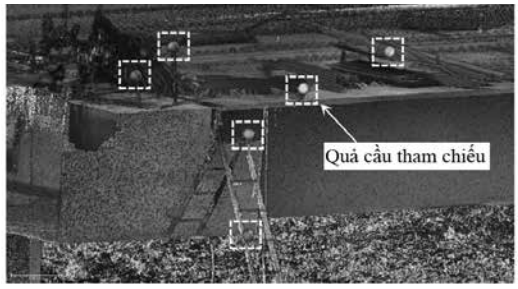
b) - Mốc tham chiếu bàn cờ

Hình 2. Các loại mục tiêu tham chiếu sử dụng trong nghiên cứu

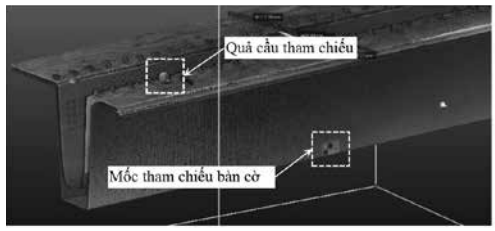
Quá trình quét bắt đầu bằng việc thu nhận một lần quét toàn cảnh, với trường nhìn bao phủ 360^0 theo phương ngang và 282^0 theo phương dọc. Kết quả của lần quét là một tập tin chứa dữ liệu mây điểm, bao gồm tọa độ không gian của các điểm và các mốc tham chiếu cần thiết cho quá trình ghép nối các đám mây điểm.

3.2. Xử lý dữ liệu và xây dựng mô hình 3D của dầm Super-T từ đám mây điểm

Sau khi thu thập dữ liệu, quá trình quét được tiếp tục xử lý như ghép nối dữ liệu và khớp hình học, có thể được thực hiện bằng các phần mềm nội nghiệp chuyên dụng của Trimble. Đám mây điểm được ghép nối bằng cách xác định các mốc tham chiếu, bao gồm quả cầu tham chiếu và/hoặc mốc tham chiếu bàn cờ. Các quả cầu tham chiếu được bố trí theo chiều cao dầm ở phạm vi đầu dầm và dọc theo cánh trên của dầm như minh họa trong Hình 2a và Hình 3. Bố trí 3 mốc tham chiếu bàn cờ dọc theo dầm, tại các vị trí ở hai đầu dầm và giữa dầm (Hình 2b, Hình 3b).



a) - Khu vực đầu dầm



b) - Khu vực giữa dầm

Hình 3. Dữ liệu đám mây điểm thu thập từ công tác quét 3D tại hiện trường

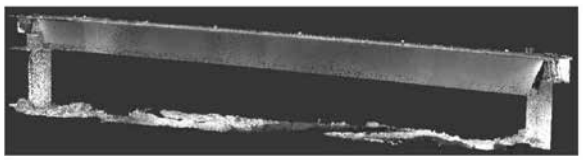
Các mốc này xuất hiện trong toàn bộ dữ liệu quét và chia sẻ cùng miền không gian với các lần quét ở thời điểm hoặc trạm khác nhau. Chúng được dùng làm chuẩn tham chiếu địa lý, giúp khớp các mốc chung giữa các lần quét để ghép thành một đám mây điểm 3D hoàn chỉnh. Hình 3 minh họa một đám mây điểm đã được ghép nối. Sự thay đổi màu sắc thể hiện độ phản xạ của vật liệu.

Sau khi ghép nối, đám mây điểm được lọc để loại bỏ các đối tượng dư thừa và kiểm tra độ chính xác công trình. Dữ liệu sau xử lý được xuất sang tệp ASCII chứa tọa độ x, y, z của các điểm trên dầm Super-T. Phần mềm Revit dùng các điểm này để tái tạo hình học và mô hình hóa 3D kết cấu dầm.

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kích thước hình học của dầm

Sau khi xử lý dữ liệu đám mây điểm thu thập tại hiện trường (Hình 4), mô hình dầm Super-T được tái dựng nhằm xác định trực tiếp kích thước cơ bản của dầm. Để đánh giá hiệu quả phương pháp, nhóm nghiên cứu xác định kích thước một mặt cắt ngang cách đầu dầm 17 m, như minh họa ở Hình 5.



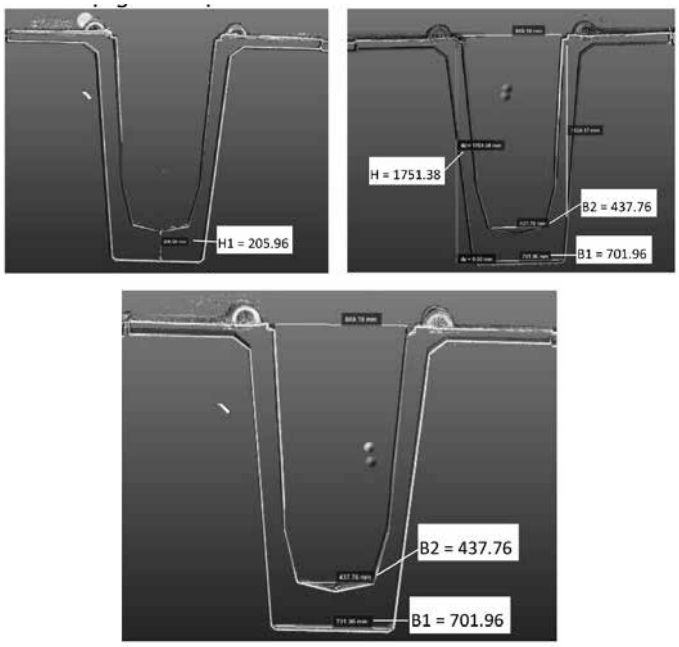
a) - Theo phương dọc



b) - Theo phương ngang

Hình 4. Ảnh đám mây điểm đo bằng máy trimble X7

Sai số giữa kết quả đo kích thước dầm so với hồ sơ thiết kế hầu hết dưới 2%, được trình bày trong Bảng 1. Sai số này cho thấy công nghệ quét 3D có thể hỗ trợ thu thập kích thước dầm một cách hiệu quả. Kết quả thu được giúp đánh giá dầm được thi công đáp ứng yêu cầu thiết kế về kích thước và hình dạng hình học.



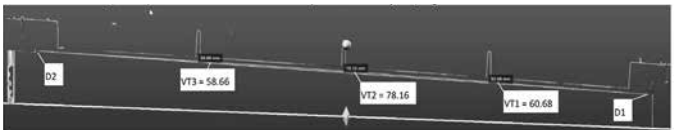
Hình 5. Kích thước dầm xác định bằng công nghệ quét laser 3D

Bảng 1. So sánh kích thước của dầm tại mặt cắt cách đầu dầm 17 nm

Ký hiệu	Hồ sơ thiết kế (mm)	Trimble X7 (mm)	Sai số (%)
B	2.420	2.422,89	0,12
B1	700	701,96	0,28
B2	432	437,76	1,33
H	1.750	1.751,38	0,08
H1	210	205,96	-1,92
L	38.200	38.216,57	0,04

4.2. Độ vồng của dầm Super-T sau khi lao lắp

Độ vồng của dầm sau khi lao lắp được xác định tại ba điểm (VT1, VT2, VT3) tương ứng với vị trí cách đầu dầm 9,725 m, 19,1 m và 28,475 m dọc theo dầm. Mô hình dầm Super-T thiết lập từ đám mây điểm thu được từ công nghệ quét 3D được sử dụng để xác định biến dạng của dầm như trên Hình 6. Xác định hai điểm đầu và cuối (D1, D2) làm đường chuẩn, từ đó xác định độ vồng tại các điểm VT1, VT2 và VT3 trực tiếp trên mô hình dầm super-T đã xây dựng.



a) - Độ vồng theo dọc dầm dựa vào đường trục đi qua hai điểm D1, D2



b) - Diễn họa độ vồng tại ba điểm khảo sát

Hình 6. Đo độ vồng bằng Trimble X7

Máy thủy bình được sử dụng để xác định độ vồng tại giữa nhịp của loạt dầm với cùng chiều dài và chủng loại trên tuyến. Kết quả đo đạc cho thấy độ vồng tại giữa nhịp của các dầm tại hiện trường dao động trong khoảng 60 - 100 mm. Đối với dầm đang quan trắc, trị số độ vồng đo được tại giữa nhịp là 78,16 mm. Do đó, kết quả độ vồng thu được từ công nghệ quét 3D cho thấy mức độ tương đồng cao so với số liệu đo thực nghiệm tại hiện trường.

5. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy công nghệ quét 3D đạt độ chính xác cao và hiệu quả trong đánh giá hình học khi nghiệm thu dầm Super-T. Cụ thể, kích thước cơ bản thu được từ mô hình có sai số dưới 2% so với hồ sơ thiết kế, đảm bảo độ tin cậy trong kiểm soát sai lệch. Ngoài ra, độ vồng của dầm được xác định phù hợp với số liệu hiện trường thu được bằng phương pháp truyền thống, góp phần kiểm chứng độ chính xác thi công.

Những kết quả này không chỉ khẳng định tiềm năng ứng dụng của công nghệ quét 3D trong nghiệm thu dầm Super-T mà còn mở ra hướng tiếp cận mới trong kiểm tra chất lượng công trình hạ tầng. Việc số hóa kết cấu giúp nâng cao tính khách quan, minh bạch trong đánh giá, đồng thời tạo nền tảng cho ứng dụng các công nghệ hiện đại như BIM và AI trong quản lý chất lượng xây dựng. Qua đó, quá trình kiểm tra và giám sát thi công được tối ưu hóa, giảm thiểu sai sót và nâng cao hiệu quả tổng thể, góp phần hiện đại hóa công tác nghiệm thu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. 22 TCN 247-98, Quy trình thi công và nghiệm thu dầm cầu BT DƯL.

[2]. E. Kaartinen, K. Dunphy and A. Sadhu (Jun., 2022), LiDAR-Based Structural Health Monitoring: Applications in Civil Infrastructure Systems, Sensors, vol.22, no.12, p.4610, doi: 10.3390/s22124610.

[3]. Đỗ Tiến Sỹ và cộng sự (2019), Kết hợp dữ liệu đám mây điểm từ các thiết bị 3D Laser scanning và phương tiện bay không người lái (UAV) nhằm thu thập thông tin mô hình công trình xây dựng, Tạp chí Xây dựng, tr.39-42.

[4]. Lê Thị Minh Phương, Nguyễn Thành Len (2021), Công nghệ Lidar Scanner trong công tác xây dựng dữ liệu số bảo tồn di sản kiến trúc, Tạp chí Kiến trúc, số 11.

[5]. Trần Ngọc Đông, Nguyễn Xuân Long và Nguyễn Hoài Nam (2022), Ứng dụng công nghệ 3D laser scan trong việc đánh giá hiện trạng các bồn chứa xăng dầu, Tạp chí KHCN Xây dựng, tr.51-60.

[6]. Phan Thị Anh Thư (2022), Tạo lập đám mây điểm 3D của vật thể độc lập bằng máy quét Laser đơn tia Hokuyo UTM LX30, Tạp chí Khoa học Đo đạc và Bản đồ, số 49, tr.35-42, doi: 10.54491/jgac.2021.49.545.

[7]. Vũ Văn Toản, Hồ Việt Long (2022), Ứng dụng công nghệ quét laser 3D trong giám sát, quản lý khai thác kết cấu, Kỷ yếu Hội thảo khoa học chuyển đổi số trong lĩnh vực GTVT, tr.131-140.

[8]. S.-E. Chen, W. Liu, H. Bian and B. Smith (Nov., 2012), 3D LiDAR Scans for Bridge Damage Evaluations, in Forensic Engineering 2012, San Francisco, California, United States: American Society of Civil Engineers, pp.487-495, doi: 10.1061/9780784412640.052.

[9]. F. Mistretta, G. Sanna, F. Stochino and G. Vacca (Aug., 2019), Structure from Motion Point Clouds for Structural Monitoring, Remote Sensing, vol.11, no.16, p.1940, doi: 10.3390/rs11161940.

■Ngày nhận bài: 27/02/2025 ■Ngày sửa bài: 19/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Nghiên cứu tính toán kết cấu đường không đá ballast dạng bản bê tông đường sắt tốc độ cao

Research on calculation of slab track for high-speed railways

> TS TRẦN ANH DŨNG[1], TS NGUYỄN KHÁNH DŨNG[2]
[1]Trường Đại học Giao thông vận tải; Email: trananhdung@utc.edu.vn
[2]Sở Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Hiện nay, kết cấu tầng trên sử dụng cho loại hình công nghệ đường sắt tốc độ cao (ĐSTĐC) chạy trên ray có hai loại là dạng kết cấu đường có đá ballast và kết cấu đường không có đá ballast. Với thiết kế đường sắt, các yếu tố như chi phí vòng đời, thời gian xây dựng, tính khả dụng và độ bền đóng vai trò ngày càng quan trọng, về mặt này đường ray không có đá ballast mang lại nhiều cơ hội tốt. Kết cấu đường ray không đá ballast có một số ưu điểm đáng kể như ít bảo trì, tính khả dụng cao, chiều cao kết cấu thấp và trọng lượng nhẹ. Bài báo trình bày tính toán kết cấu đường không đá ballast dạng bản bê tông bằng mô hình bản trên nền Winkler (phương pháp Westergaard) và mô hình dầm trên nền Winkler (phương pháp Zimmermann) tương ứng với thông số kỹ thuật của ĐSTĐC ở Việt Nam như tải trọng trục 22,5 tấn/trục và tốc độ đoàn tàu 350 km/h. Ứng suất kéo uốn dọc và ngang trong bản bê tông ĐSTĐC được xác định. Kết quả của nghiên cứu là số liệu quan trọng trong thiết kế kết cấu bản bê tông ĐSTĐC phù hợp với điều kiện Việt Nam.

Từ khóa: Đường sắt tốc độ cao, đường không đá ballast, tải trọng trục, vận tốc, thiết kế.

ABSTRACT

Currently, the superstructure used for high-speed railway technology (HSR) running on rails has two types: Ballasted track and ballastless track structure. In railway design, aspects like life cycle cost, construction duration, availability and durability are becoming increasingly significant. In this regard, ballastless track offers many good opportunities. Ballastless track structure has some significant advantages such as low maintenance, high availability, low structure height and light weight. This paper presents the calculation of ballastless track structure in the form of concrete slab using the Winkler slab model (Westergaard method) and the Winkler beam model (Zimmermann method) corresponding to the technical parameters of high-speed railways in Vietnam such as axle load of 22.5 tons/axle and train speed of 350 km/h. Longitudinal and lateral tensile stresses of slab track in high-speed railway are determined. The results of the study are important data in the structural design of high-speed railway track slabs suitable for Vietnamese conditions.

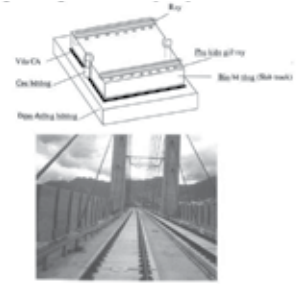
Keywords: High-speed railway, ballastless track, axle load, speed, design.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ĐSTĐC trên thế giới đang sử dụng 2 loại kết cấu tầng trên là kết cấu đường có đá ballast và kết cấu đường không đá ballast [1-5].



Hình 1. Kết cấu đường có đá ballast



Hình 2. Kết cấu đường không có đá ballast

Trong giai đoạn đầu của ngành Đường sắt, đá ballast là phương pháp tiêu chuẩn để ổn định đường ray. Đá ballast giúp hấp thụ rung động, thoát nước tốt và dễ bảo trì. Trước khi ĐSTĐC ra đời, các tuyến đường sắt truyền thống của châu Âu và Nhật Bản đều sử dụng đường có đá ballast [6]. Nhật Bản khai trương tuyến Shinkansen đầu tiên (Tokaido-Shinkansen) năm 1964 với vận tốc tối đa 210 km/h, sử dụng kết cấu đường có đá ballast [7]. Trong các thập kỷ tiếp theo, các quốc gia khác ở châu Âu như Pháp (TGV, 1981), Đức (ICE, 1991) và Ý (Direttissima, 1977) [7] cũng sử dụng đường có đá ballast cho ĐSTĐC. Lý do chính vì kết cấu đường đá ballast có chi phí rẻ hơn và phù hợp với công nghệ đường sắt thời điểm đó. Khi tốc độ tàu tăng lên trên 300 km/h, đường có đá ballast bộc lộ nhiều nhược điểm như: Đá ballast bị xê dịch, mòn dần do rung động mạnh, cần bảo trì thường xuyên, đá ballast bị bắn ra xung quanh khi chạy tàu tốc độ

cao, thiếu nguồn cung cấp đá ballast chất lượng cao khi xây dựng, kết cấu đường không ổn định và biến dạng đường lớn.



Hình 3. Đá ballast bắn ra xung quanh



Hình 4. Đá ballast bắn vào toa xe

Đức tiên phong phát triển đường không đá ballast với hệ thống vào những năm 1970 và áp dụng trên một số tuyến ICE mới [8]. Nhật Bản sau đó cũng chuyển sang sử dụng kết cấu đường không đá ballast trên các tuyến Shinkansen hiện đại như Hokuriku-Shinkansen (1997) [9]. Trung Quốc từ năm 2000 trở đi, hầu hết các tuyến ĐSTĐC khai thác với tốc độ lớn hơn 300 km/h đều sử dụng kết cấu đường không đá ballast.

* Kết cấu đường không đá ballast có các ưu và nhược điểm sau:

- Ưu điểm: Kết cấu đường ổn định và biến dạng nhỏ, độ cứng đồng đều và độ phẳng thuận cao, tính ổn định kích thước hình học đường tốt, khối lượng công việc bảo trì thấp, tuổi thọ sử dụng dài, thân thiện với môi trường, trọng lượng nhẹ, chiều cao kết cấu giảm.

- Nhược điểm: Yêu cầu nền móng ổn định và ít biến dạng, khó sửa chữa và bảo trì, chi phí xây dựng ban đầu cao, mức độ tiếng ồn cao.

Hiện nay, đường không đá ballast đang ngày càng được sử dụng rộng rãi trên thế giới, kết cấu đường không đá ballast đang được sử dụng trong ĐSTĐC các nước như: Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc, Đức...



Hình 5: ĐSTĐC Nhật Bản



Hình 6: ĐSTĐC Trung Quốc



Hình 7: ĐSTĐC Hàn Quốc



Hình 8: ĐSTĐC Đức

Hiện nay, Quốc hội Việt Nam đã phê duyệt chủ trương đầu tư dự án ĐSTĐC Bắc - Nam với quy mô toàn tuyến là đường đôi khổ 1.435 mm, tốc độ thiết kế đạt 350 km/h và tải trọng trục 22,5 tấn/trục [10]. Việt Nam có khí hậu mưa nhiều, nóng ẩm, dễ gây xói mòn, trôi đá ballast nếu sử dụng kết cấu đường có đá ballast. Đường không đá ballast có lợi thế hơn do kết cấu bê tông không bị ảnh hưởng bởi lũ lụt và nước mưa. ĐSTĐC Bắc - Nam sẽ vận hành với tần suất khai thác cao, do vậy cần hệ thống ổn định, ít gián đoạn. Đường sắt không sử dụng đá ballast có độ bền cao, chi phí bảo trì thấp, đáp ứng tốt yêu cầu vận hành lâu dài.

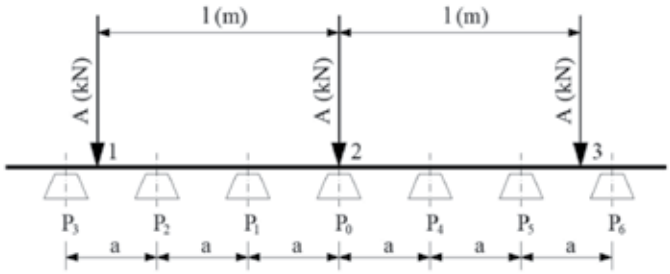
Bài báo trình bày nghiên cứu tính toán mô-men uốn dọc, mô-men uốn ngang, ứng suất kéo uốn theo hai phương dọc, ngang của kết cấu đường không đá ballast dạng bản bê tông phù hợp với các điều kiện kỹ thuật của ĐSTĐC tại Việt Nam như tải trọng trục 22,5 tấn/trục và vận tốc tàu 350 km/h. Kết quả nghiên cứu cung cấp số liệu ban đầu phục vụ thiết kế và sản xuất thử nghiệm kết cấu này cho ĐSTĐC.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1. Xác định tải trọng đoàn tàu

Sử dụng mô hình dầm trên nền đàn hồi (phương pháp Winkler/Zimmermann) để xác định giá trị tải trọng tác dụng lên gối đỡ ray [11].

Sơ đồ bố trí tải trọng như Hình 9.



Hình 9. Sơ đồ bố trí tải trọng

- Tải trọng tác dụng tại vị trí gối đỡ ray (0) :

$$P_0 = C_{tot} \times \sum_i (\eta_i y_0)\ (N) \quad (1)$$

Trong đó :

y_i - Độ võng ray tại vị trí tải trọng bánh xe (i), (mm) *;*

C_{tot} - Độ cứng tương đương gối đỡ ray, (N/mm).

- Tải trọng tác dụng tại vị trí gối đỡ ray (j):

$$P_j = C_{tot} \times \sum_i (\eta_i y_i)\ (N) \quad (2)$$

$$\eta_i = \frac{\sin\zeta_i + \cos\zeta_i}{e^{\zeta_i}} \quad (3)$$

Với $\zeta_i = \frac{x_j}{L_{el}}$ (4)

Trong đó :

x_i - Khoảng cách từ vị trí gối đỡ ray (j) đến vị trí tải trọng bánh xe (i), (mm).

Chiều dài đàn hồi của dầm Winkler $L_{el} = \sqrt[4]{\frac{4 \times E_R \times I_R \times a}{C_{tot}}}\ (mm)$ (5)

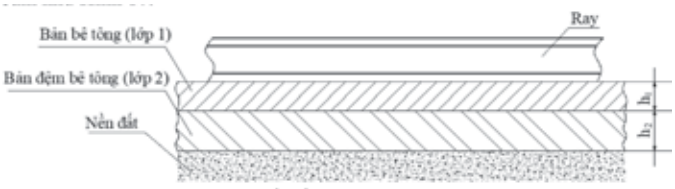
E_R - Mô-đun đàn hồi của ray, (N/mm^2);

I_R - Mô-men quán tính theo phương đứng của ray, (mm^4);

a - Khoảng cách gối đỡ ray.

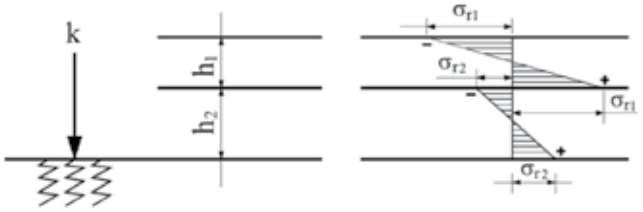
2.2. Xác định mô-men uốn dọc, ngang; ứng suất kéo dọc, ngang theo mô hình bản trên nền Winkler bằng phương pháp Westergaard và mô hình dầm trên nền Winkler bằng phương pháp Zimmermann

Mô hình tính toán với kết cấu đường không đá ballast nhiều lớp không dính bám như Hình 10.



Hình 10. Mô hình kết cấu đường không đá dạng bản bê tông

Sơ đồ phân bố ứng suất trong các lớp kết cấu bản bê tông với kết cấu đường không đá ballast nhiều lớp không dính bám như Hình 11.



Hình 11. Sơ đồ phân bố ứng suất trong các lớp bản bê tông

- Mô-đun nền k :

$$k = \frac{E_3}{h^*}\ (\frac{N}{mm^3}) \quad (6)$$

$$h^* = c_1 \times h_1 \times \sqrt[3]{\frac{E_1}{E_3}} + c_1 \times h_1 \times \sqrt[3]{\frac{E_2}{E_3}} \quad (7)$$

- Chiều dày tương đương của các lớp bê tông:

$$h = \sqrt[3]{\frac{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}{E_1}}\ (mm) \quad (8)$$

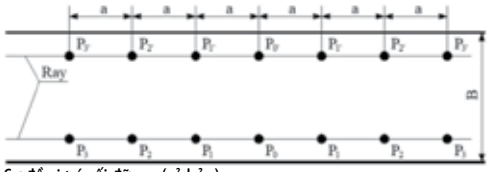
- Mô-men uốn dọc:

$$M_d = M_0 + M_{d,lc} \quad (9)$$

- Mô-men uốn ngang:

$$M_n = M_0 + M_{n,lc} \quad (10)$$

a) Phương pháp Westergaard



Hình 12. Sơ đồ vị trí gối đỡ ray (cả bản)

- Mô-men uốn do tải trọng P_0 gây ra:

$$M_0 = \frac{0{,}275 \times P_0}{6} \times (1 + \mu_1) \times \left[\log\left(\frac{E_1 \times h^3}{k \times b^4}\right) - 0{,}436\right] (N.mm) \quad (11)$$

Với $r < 1{,}724 \times h \rightarrow b = \sqrt{1{,}6 \times r^2 + h^2} - 0{,}675 \times h\ (mm)$, và $r > 1{,}724 \times h \rightarrow b = r$

Trong đó :

h - Chiều dày quy đổi của các lớp bản mặt đường, (mm);

E_1 - Mô-đun đàn hồi của bản lớp 1, (N/mm²);

μ_1 - Hệ số poisson của bản lớp 1*;*

k - Mô-đun nền, (N/mm³);

r - Bán kính quy đổi diện tích tải tác dụng phân bố hình tròn (A_{LS}) trên bản: (mm).

- Mô-men uốn do tải trọng (Pj) tại vị trí lân cận gây ra:

$$M_{j\text{-}r,t} = \lambda_{r,t} \times P_j \quad (12)$$

Trong đó:

$$\lambda_{r,j} = 0{,}160 - 0{,}884 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right) + 0{,}157 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right)^2 - 0{,}036 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right)^3 + 0{,}003 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right)^4 \quad (13)$$

$$\lambda_{s,j} = 0{,}2499 - 0{,}3511 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right) + 0{,}2034 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right)^2 - 0{,}0536 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right)^3 + 0{,}0052 \times \left(\frac{x_j}{L_{el}}\right)^4 \quad (14)$$

- Mô-men uốn dọc của bản lớp 1 và bản lớp 2:

$$M_{d,1} = M_d \times \frac{E_1 \times h_1^3}{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}\ (N.mm) \quad (15)$$

$$M_{d,2} = M_d \times \frac{E_2 \times h_2^3}{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}\ (N.mm) \quad (16)$$

- Mô-men uốn ngang của bản lớp 1 và bản lớp 2:

$$M_{n,1} = M_n \times \frac{E_1 \times h_1^3}{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}\ (N.mm) \quad (17)$$

$$M_{n,2} = M_n \times \frac{E_2 \times h_2^3}{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}\ (N.mm) \quad (18)$$

- Ứng suất kéo uốn dọc của bản lớp 1 và bản lớp 2:

$$\sigma_{d,1} = 6 \times \frac{M_{d,1}}{b_1^2}\ (\frac{N}{mm^2}) \quad (19)$$

$$\sigma_{d,2} = 6 \times \frac{M_{d,2}}{b_2^2}\ (\frac{N}{mm^2}) \quad (20)$$

- Ứng suất kéo uốn ngang của bản lớp 1 và bản lớp 2:

$$\sigma_{n,1} = 6 \times \frac{M_{n,1}}{b_1^2}\ (\frac{N}{mm^2}) \quad (21)$$

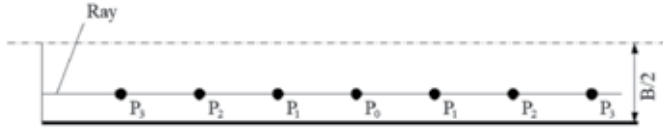
$$\sigma_{n,2} = 6 \times \frac{M_{n,2}}{b_2^2}\ (\frac{N}{mm^2}) \quad (22)$$

Trong đó :

M_d, M_n - Mô-men uốn dọc, ngang được tính toán theo phương pháp Westergaard, (N.mm);

E_1, E_2 - Mô-đun đàn hồi của bản lớp 1 và bản lớp 2, (N.mm²).

b) Phương pháp Zimmermann



Hình 13. Sơ đồ vị trí gối đỡ ray (1/2 bản)

- Mô-men uốn do tải trọng P_0 gây ra:

$$M_0 = \frac{P_0 \times L_{el}}{4}\ (N.mm) \quad (23)$$

Chiều dài đàn hồi của dầm:

$$L_{el} = \sqrt[4]{\frac{4 \times E_1 \times I_B}{b_B \times k}}\ (mm) \quad (24)$$

Trong đó:

k - Mô-đun nền, (N/mm³);

b_B - Một nửa chiều rộng bản, (mm);

I_B - Mô-men quán tính của dầm, $I_B = \frac{b_B \times h^3}{12}$(mm⁴). (25)

- Mô-men uốn do tải trọng (Pj) tại vị trí lân cận gây ra:

$$M_{d,lc} = \frac{L_{el}}{4} \times \sum(P_j \times \mu_j)\ (N.mm) \quad (26)$$

$$\mu_i = \frac{-\sin\zeta_i + \cos\zeta_i}{e^{\zeta_i}} \quad (27)$$

Với: $\zeta_j = \frac{x_j}{L_{el}}$ (28)

Trong đó:

x_j - Khoảng cách từ vị trí gối đỡ ray (0) đến vị trí gối đỡ ray (j), (mm);

P_j - Tải trọng tác dụng tại vị trí gối đỡ ray (j).

Chỉ tính giá trị μ_i dương

- Mô-men uốn dọc trong bản lớp 1 và trong bản lớp 2:

$$M_{d,1} = M_d \times \frac{E_1 \times h_1^3}{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}\ (N.mm) \quad (29)$$

$$M_{d,2} = M_d \times \frac{E_2 \times h_2^3}{E_1 \times h_1^3 + E_2 \times h_2^3}\ (N.mm) \quad (30)$$

- Ứng suất kéo uốn dọc trong bản lớp 1 và bản lớp 2:

$$\sigma_{d,1} = 6 \times \frac{M_{d,1}}{\frac{B_1}{2} \times h_1^2}\ (\frac{N}{mm^2}) \quad (31)$$

$$\sigma_{d,2} = 6 \times \frac{M_{d,2}}{\frac{B_2}{2} \times h_1^2}\ (\frac{N}{mm^2}) \quad (32)$$

Trong đó:

M_d - Mô-men uốn dọc được tính toán theo phương pháp Zimmermann, (N.mm);

B_1, B_2 - Chiều rộng của bản lớp 1 và bản lớp 2, (mm).

3. NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN KẾT CẤU ĐƯỜNG KHÔNG ĐÁ BALLAST DẠNG BẢN BÊ TÔNG ĐSTĐC PHÙ HỢP ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

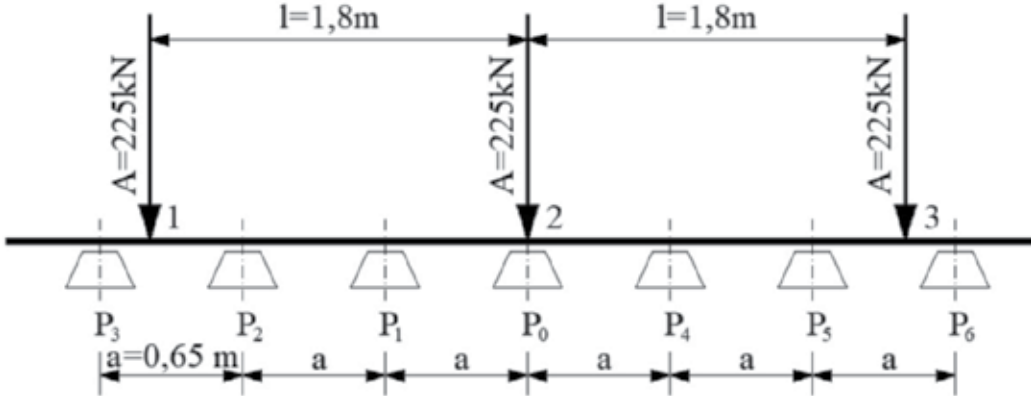
Tính toán với đoàn tàu có tải trọng trục 22,5 tấn/trục, giá chuyển hướng 3 trục, khoảng cách các trục bánh 1,8 m, khoảng cách gối đỡ 0,65 m như Hình 14.

- Lớp bản bê tông trên (lớp 1) có B_1 = 2.320 mm, E_1 = 34.000 N/mm²; = 0,15;

- Lớp bản bê tông dưới (lớp 2) có B_2 = 2.450 mm, E_2 = 5.000 N/mm²; = 0,15;

- Lớp đất nền có E_3 = 120 N/mm²;

- Chiều dày bản lớp 1: h_1=250 mm;
- Chiều dày bản lớp 2: h_2=300 mm;;
- Khoảng cách tim 2 ray: S = 1.500 mm



Hình 14: Sơ đồ bố trí tải trọng đoàn tàu ĐSTĐC

Kết quả được tính toán theo Bảng 1

Bảng 1. Kết quả được tính toán theo phương pháp Westergaard và Zimmermann

Theo phương dọc			**Westergaard**	**Zimmermann**
Mô-men uốn dọc	M_d	N.mm	27.981,89	40.856.326,83
Ứng suất kéo uốn dọc trong bản lớp 1	σ_d	N/mm^2	2,14	2,70
Ứng suất kéo uốn dọc trong bản lớp 2	σ_n	N/mm^2	0,38	0,46
Theo phương ngang			**Westergaard**	
Mô-men uốn ngang	M_d	N.mm	41.461,54	
Ứng suất kéo uốn ngang trong bản lớp 1	σ_d	N/mm^2	3,17	
Ứng suất kéo uốn ngang trong bản lớp 2	σ_n	N/mm^2	0,56	

Căn cứ vào kết quả bảng trên ta thấy:

- Ứng suất kéo uốn dọc trong bản lớp 1 lớn nhất là: $\sigma_{d,1}$ = 2,70 N/mm^2;
- Ứng suất kéo uốn dọc trong bản lớp 2 lớn nhất là: $\sigma_{d,2}$ = 0,46 N/mm^2 < 0,80 N/mm^2 → thiết kế phù hợp;
- Ứng suất kéo uốn ngang trong bản lớp 1 lớn nhất là: $\sigma_{n,1}$ = 3,17 N/mm^2;
- Ứng suất kéo uốn ngang trong bản lớp 2 lớn nhất là: $\sigma_{n,2}$ = 0,56 N/mm^2 < 0,80 N/mm^2 → thiết kế phù hợp.

4. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Quá trình tính toán kết cấu đường không đá ballast dạng bản bê tông ĐSTĐC trong bài báo được thực hiện theo phương pháp Westergaard và phương pháp Zimmermann. Kết quả nội lực trong bản bê tông như ứng suất kéo uốn dọc, ứng suất kéo uốn ngang của lớp bản trên và lớp bản dưới kết cấu đường sắt không đá ballast được xác định. Việc xác định nội lực trong kết cấu bản đường bê tông nhằm tối ưu quá trình thiết kế. Kết quả là số liệu ban đầu cho quá trình thiết kế kết cấu bản bê tông ĐSTĐC cho hướng nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. S. A. Köllő1, A. Puskás, G. Köllő1 (2015), Ballasted Track versus Ballastless Track, Key Engineering Materials, vol.660, pp.219-224.

[2]. J. Hu, Y. Wu, X. Bian (2022), Investigations into the Critical Speeds in Ballasted and Ballastless Track, Advances in Transportation Geotechnics IV, pp.473-481.

[3]. G, Vignali (March, 2024), Ballasted or ballastless for a railway infrastructure? A comparative environmental impact assessment of two solutions, Cleaner Environmental Systems, vol.12, 100158.

[4]. N. K. Kedia (2021), Comparison of Ballastless and Ballasted Track for High-Speed Train, Lecture Notes in Civil Engineering (LNCE, vol.116), pp.157-165.

[5]. P.S. Thomas, Smithberger, D. C. Kelly & A. E. Shaw (2000), Railroad Track Structure System Design, Transportation Research Board Annual Meeting.

[6]. N. AVRAMOVIC (2010), Comparison of Ballast and Ballastless Tracks, Master of Science At the Technical University Graz.

[7]. L. Liu, Z. Zhong (2024), Introduction to High-Speed Railway, Southwest Jiaotong University Press.

[8]. C. Esfeld, Recent development of slab track in European Railway Review, Delft: University of Technology Delf, ISBN 1351-1599.

[9]. K. Ando, M. Sunaga, H. Aoki, O. Haga (Mar., 2001), Development of Slab Track for Hokuriku Shinkansen Line, QR of RTRI, vol.42, no.1.

[10]. Nghị quyết số 172/2024/QH15 của Quốc hội ngày 30/11/2024 về chủ trương đầu tư dự án ĐSTĐC trên trục Bắc - Nam, 2024.

[11]. TCVN 13937-2:2024, Ứng dụng đường sắt - Hệ thống đường ray không đá ballast - Phần 2: Thiết kế hệ thống, các hệ thống con và các thành phần, 2024.

■Ngày nhận bài: 03/3/2025 ■Ngày sửa bài: 20/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Nghiên cứu ứng dụng cảm biến LVDT trong đo chuyển vị động nhịp dẫn cầu Long Biên

Research on the application of LVDT sensor in measuring dynamic displacement of the approach span on Long Bien bridge

> THS LÊ QUANG HƯNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: lqhungketcau@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo nghiên cứu về phương pháp đo chuyển vị cầu đường sắt bằng cảm biến biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT) nhằm đánh giá trạng thái kết cấu của nhịp dẫn trên cầu Long Biên, Hà Nội. Nguyên lý hoạt động của LVDT được phân tích chi tiết cùng với ứng dụng thực tiễn trong giám sát kết cấu cầu đường sắt. Kết quả thí nghiệm cho thấy LVDT đạt độ chính xác cao, với sai số dao động trong khoảng 0,26% - 0,80% so với đồng hồ. Đặc biệt, cảm biến này có khả năng thu thập dữ liệu theo thời gian thực, đóng vai trò quan trọng trong việc đo lường chuyển vị động của kết cấu dưới tác động của tải trọng tàu. Tuy nhiên, quá trình lắp đặt LVDT có thể gặp khó khăn do ảnh hưởng của rung động môi trường hoặc điều kiện thi công tại hiện trường.

Từ khóa: Giám sát sức khỏe kết cấu, cầu đường sắt, chuyển vị động, cảm biến LVDT.

ABSTRACT

This paper investigates the method of measuring railway bridge displacement using a Linear Variable Differential Transformer (LVDT) sensor to assess the structural condition of the approach span on Long Bien Bridge, Hanoi. The operating principle of LVDT is analyzed in detail, along with its practical application in railway bridge structural monitoring. Experimental results indicate that LVDT achieves high accuracy, with an error range of 0.26% - 0.80% compared to a dial gauge. Notably, this sensor is capable of real-time data collection, playing a crucial role in measuring the dynamic displacement of the structure under train load impact. However, the installation process of LVDT may encounter challenges due to environmental vibrations or site construction conditions.

Keywords: Structural health monitoring, railway bridge, dynamic displacement, LVDT sensor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong giám sát sức khỏe kết cấu cầu (Bridge Structural Health Monitoring - BSHM), đo biến dạng động đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá khả năng chịu tải và phát hiện sớm sự suy giảm chất lượng, từ đó hỗ trợ công tác bảo trì kịp thời. Đặc biệt, đối với cầu đường sắt - công trình chịu tác động liên tục của tải trọng đoàn tàu và điều kiện môi trường khắc nghiệt, việc theo dõi biến dạng động là yếu tố then chốt để đảm bảo an toàn cho cả công trình và phương tiện giao thông.

Hiện nay, các phương pháp đo lường tiên tiến như cảm biến gia tốc (Accelerometer), cảm biến chuyển vị (Displacement Sensor) và hệ thống đo quang học (Optical Measurement System) được ứng dụng rộng rãi để thu thập dữ liệu về dao động, chuyển vị và ứng suất kết cấu. Những dữ liệu này giúp các chuyên gia phân tích và dự báo độ bền của cầu, phục vụ công tác đánh giá và bảo trì.

Trong kiểm định và đo chuyển vị kết cấu, các phương pháp truyền thống như đồng hồ chuyển vị (Dial Gauge - còn gọi là đồng hồ so) và máy thủy bình (Leveling Instrument) vẫn được sử dụng phổ biến nhờ độ chính xác cao, đặc biệt trong việc theo dõi lún và biến dạng tổng thể. Bên cạnh đó, các phương pháp hiện đại như máy kinh vĩ điện tử (Electronic Theodolite), công nghệ định vị động thời gian thực (Real-Time Kinematic - RTK) và hệ thống định vị toàn cầu (Global Positioning System - GPS) cho phép đo lường trong phạm vi rộng, cung cấp dữ liệu theo thời gian thực. Tuy nhiên, do chi phí cao và yêu cầu kỹ thuật phức tạp, những công nghệ này chưa được áp dụng phổ biến trong thực tế.

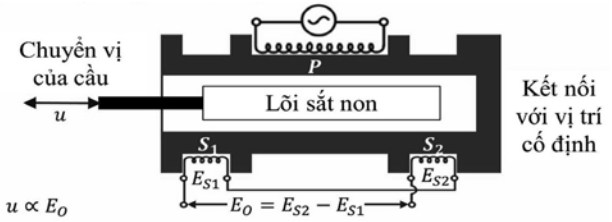
Trong số các công nghệ đo đạc hiện đại, cảm biến biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (Linear Variable Differential Transformer - LVDT) nổi bật nhờ độ chính xác cao, độ nhạy tốt và phản hồi nhanh. LVDT đặc biệt phù hợp để giám sát biến dạng động của kết cấu cầu đường sắt, nơi yêu cầu theo dõi liên tục sự thay đổi chuyển vị dưới tác động của đoàn tàu. Việc ứng dụng LVDT giúp cung cấp dữ liệu quan trọng phục vụ phân tích trạng thái làm việc của cầu, góp phần nâng cao hiệu quả đánh giá độ bền và đảm bảo an toàn kết cấu.

Nhiều nhà khoa học trên thế giới đã nghiên cứu và ứng dụng cảm biến LVDT trong giám sát chuyển vị kết cấu. Santhosh và Roy [1] đề xuất một kỹ thuật đo chuyển vị sử dụng LVDT kết hợp với mạng nơ-ron nhân tạo nhằm giảm ảnh hưởng của các yếu tố như thông số vật lý, tần số đầu vào và nhiệt độ, giúp cải thiện độ chính xác đo lường. Malgorzata [2] đánh giá hiệu suất của hệ thống đo chuyển vị LVDT trong phòng thí nghiệm địa kỹ thuật, đồng thời đưa ra hướng dẫn lựa chọn phương pháp phù hợp theo loại và tính chất của đất. Ma và cộng sự [3] đã thực hiện một tổng quan toàn diện về các kỹ thuật đo chuyển vị kết cấu trong hạ tầng dân dụng. Nghiên cứu này phân tích nguyên lý hoạt động, ưu, nhược điểm của 13 loại cảm biến, bao gồm cả LVDT, đồng thời đánh giá cảm biến đa chế độ và ứng dụng thực tế, từ đó xác định các thách thức cũng như định hướng nghiên cứu trong tương lai. Olaszek và cộng sự [4] tiến hành so sánh hiệu suất của LVDT với cảm biến gia tốc và cảm biến nghiêng trong đo dịch chuyển cầu đường sắt. Kết quả cho thấy, LVDT đạt độ chính xác cao, nhưng việc duy trì điểm tham chiếu cố định trong môi trường thực tế vẫn là một thách thức. Bên cạnh đó, Park và cộng sự [5] đã kết hợp LVDT với các cảm biến khác để đánh giá độ ổn định của cầu. Nghiên cứu này chỉ ra rằng, việc tích hợp các công nghệ cảm biến tiên tiến giúp thu thập dữ liệu một cách an toàn và hiệu quả hơn khi tàu đi qua, từ đó nâng cao khả năng giám sát và phân tích trạng thái kết cấu cầu.

Dựa trên những nghiên cứu này, bài báo tập trung vào ứng dụng cảm biến LVDT để đo chuyển vị động của một nhịp dẫn trên cầu Long Biên dưới tác động của đoàn tàu đang khai thác. Kết quả thu được sẽ giúp đánh giá trạng thái làm việc của kết cấu và cung cấp dữ liệu quan trọng cho công tác kiểm định, bảo trì, đảm bảo an toàn khai thác lâu dài cho cầu Long Biên.

2. CẢM BIẾN BIẾN ĐỔI VI SAI TUYẾN TÍNH

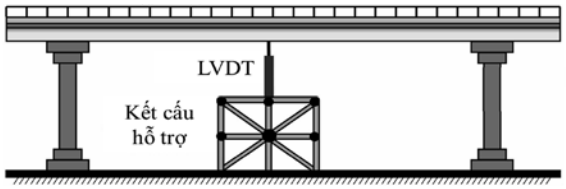
LVDT, hay cảm biến biến áp vi sai biến đổi tuyến tính là một loại cảm biến điện cơ đo lường chuyển vị tuyến tính với độ chính xác và độ phân giải cao. Nó hoạt động dựa trên nguyên lý cảm ứng từ, nơi chuyển động của lõi từ thay đổi điện áp cảm ứng trong các cuộn dây thứ cấp.



Hình 1. Cấu tạo chung của một cảm biến LVDT

Cảm biến LVDT là một dạng cảm biến đo lường tiếp xúc và được sử dụng rộng rãi để đo chuyển vị trong lĩnh vực kỹ thuật dân dụng [6, 7]. Nó bao gồm một vỏ hình trụ với một lõi sắt mềm có thể di chuyển, như minh họa trong Hình 1. Một cuộn dây sơ cấp (p) được kết nối với nguồn điện xoay chiều (AC), tạo ra từ trường biến đổi, cảm ứng điện áp xoay chiều trong hai cuộn dây thứ cấp (S_1 và S_2) , tạo ra các điện áp đầu ra E_{s1} và E_{s2}.

Khi được sử dụng để đo chuyển vị cầu, trong trường hợp lý tưởng nhất, LVDT được gắn cố định trên một giàn giáo hoặc kết cấu hỗ trợ vững chắc như mô tả trong Hình 2, trong khi phần lõi sắt mềm bên ngoài vỏ tiếp xúc trực tiếp với kết cấu cần đo. Sự dịch chuyển của lõi, tương ứng với chuyển vị của cầu làm thay đổi các giá trị E_{s1} và E_{s2}, trong đó sự chênh lệch giữa hai điện áp này ($E_{s0} = E_{s1} - E_{s2}$) tỷ lệ thuận với chuyển vị của cầu [1]. Do đó, bằng cách đo $E_{s0,}$ có thể xác định được chuyển vị của cầu. Trong một số trường hợp, khoảng cách giữa điểm tham chiếu và kết cấu lớn, có thể sử dụng các bộ giá đỡ phù hợp với nguyên lý làm việc của LVDT, tuy nhiên độ chính xác của phương pháp này sẽ bị hạn chế do sự dao động của bộ giá đỡ LVDT.



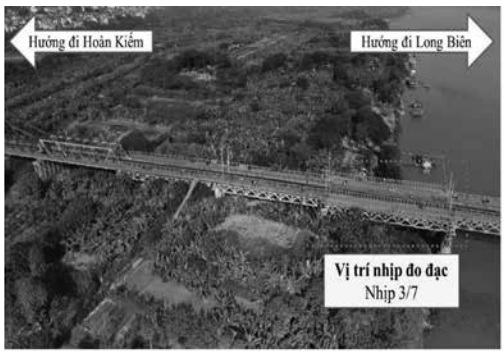
Hình 2. Mô tả đo chuyển vị cầu bằng cảm biến LVDT

Mặc dù LVDT có độ chính xác đo cao, nhưng quá trình lắp đặt có thể phức tạp và khó khăn, khiến việc ứng dụng trong giám sát dài hạn của các kết cấu quy mô lớn gặp nhiều hạn chế. Ngoài ra, hiệu suất của LVDT trong thực tế có thể bị suy giảm do rung động ngoài ý muốn của giàn giáo hỗ trợ.

3. THỰC NGHIỆM ĐO CHUYỂN VỊ ĐỘNG NHỊP DẪN CẦU LONG BIÊN

Cầu Long Biên bắc qua sông Hồng nằm trên khu gian Hà Nội - Gia Lâm, thuộc tuyến đường sắt Hà Nội - Đồng Đăng, trong khu vực đường sắt đầu mối phía Bắc. Cầu có hai nhịp giàn thép giản đơn, được đặt trên các mố trụ bê tông cốt thép. Công trình này được khôi phục vào năm 1976, với hai nhịp giàn thép Dĩ An có tổng chiều dài Lc = 72,48 m, thay thế cho cầu cũ do Pháp xây dựng từ đầu thế kỷ 20, trong khi hệ thống mố trụ vẫn được giữ nguyên. Cầu Long Biên nguyên bản được khởi công xây dựng vào năm 1899 và hoàn thành vào năm 1902. Trải qua hơn một thế kỷ khai thác, sử dụng và chịu ảnh hưởng của hai cuộc chiến tranh, cầu đã xuống cấp nghiêm trọng. Hiện nay, chỉ còn lại 9 nhịp ở phía Hà Nội và 3,5 nhịp phía Gia Lâm giữ được kiểu dáng nguyên bản. Các nhịp còn lại đã được thay thế bằng nhịp T66 hoặc nhịp dầm YUKM nhằm tăng cường khả năng chịu tải và duy trì hoạt động của tuyến đường sắt.

Vị trí thực hiện đo đạc trong nghiên cứu này là nhịp T66 có chiều dài là 36 m (Hình 3).



Hình 3. Cầu Long Biên và vị trí nhịp đo đạc

Nhịp T66 với kết cấu chính bao gồm hai mặt phẳng giàn thép có chiều cao là 2,5 m gồm 57 thanh (Hình 4) được liên kết với nhau bằng hệ liên kết dọc trên và dọc dưới, khoảng cách 2 mặt phẳng này là 2 m.



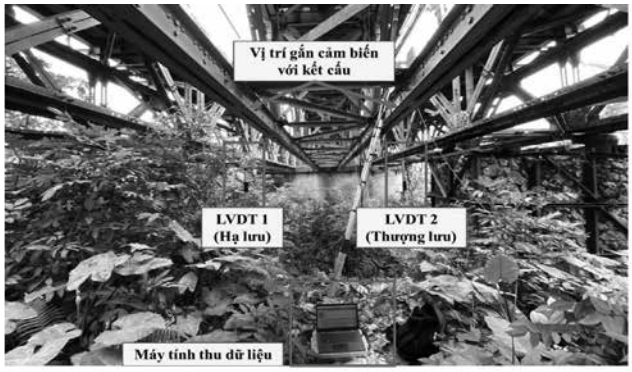
Hình 4. Sơ đồ các thanh trong một nhịp T66

Nội dung công tác đo đạc bao gồm:

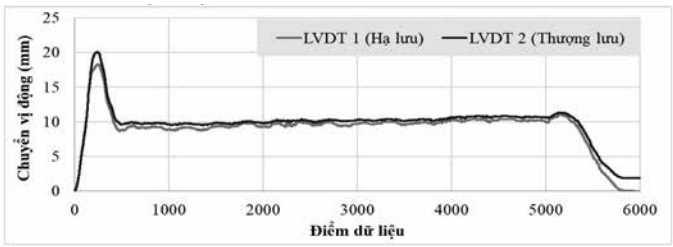
- Về thiết bị đo trong quá trình thực hiện, 2 cảm biến LVDT (model: S Series Solartron Metrology) với dải đo từ (0 - 5)cm (Hình 5), độ phân giải < 0,1 µm và tần số lấy mẫu là được sử dụng. Tần số lấy mẫu là 50 Hz. Mỗi cảm biến được đặt tại vị trí giữa nhịp ở hai bên mặt phẳng (hạ lưu và thượng lưu).

- Tải trọng thử là tải trọng đoàn tàu khách tuyến LP6 (Hải Phòng - Hà Nội): Bao gồm 1 đầu máy D19E (mã hiệu 974) và 14 toa khách, chiều dài đầu máy và toa khách là (18 - 20)m. Vận tốc tàu chạy là từ (5 - 10)km/h. Ngoài ra, thời điểm đo, mật độ giao thông tại hai bên làn xe máy thô sơ lớn.

- Thời điểm đo kéo dài 30 phút.



Hình 5. Hình ảnh đo đạc thực tế



Hình 6. Kết quả đo đạc bằng cảm biến LVDT

Từ kết quả trong Hình 6, trong khoảng 500 điểm dữ liệu đầu tiên, do ảnh hưởng của tải trọng lớn từ đầu máy (khoảng 91 tấn), chuyển vị của hai mặt phẳng giàn thay đổi đáng kể, với giá trị tại hạ lưu đạt 18,295 mm và thượng lưu đạt 20,078 mm. Sau giai đoạn này, khi các toa tàu khách đi qua giữa nhịp, giá trị chuyển vị động dao động ổn định quanh mức 10 mm. Cuối cùng, khi đoàn tàu ra khỏi nhịp, chuyển vị giảm dần về 0, phản ánh sự phục hồi của kết cấu sau khi tải trọng di chuyển ra khỏi phạm vi đo. Kết quả đo đạc [8] được tổng hợp và so sánh trong Bảng 1.

Bảng 1. So sánh kết quả đo chuyển vị (Đơn vị: mm)

Giàn chủ	Đồng hồ	LVDT	Sai số (%)
Giàn thượng lưu	20,13	20,078	0,26%
Giàn hạ lưu	18,15	18,295	0,80%

Bảng so sánh giá trị đo chuyển vị giữa phương pháp sử dụng đồng hồ và cảm biến LVDT cho thấy sai số giữa hai phương pháp là khá nhỏ. Cụ thể, tại giàn thượng lưu, giá trị chuyển vị đo bằng LVDT là 20,078 mm, chỉ chênh lệch 0,26% so với giá trị đo bằng đồng hồ (20,13 mm). Tại giàn hạ lưu, giá trị đo bằng LVDT là 18,295 mm, có sai số 0,80% so với giá trị đo bằng đồng hồ (18,15 mm). Kết quả này cho thấy cảm biến LVDT có độ chính xác cao, phù hợp để đo chuyển vị động của kết cấu cầu, mặc dù vẫn có sai số nhất định do ảnh hưởng của điều kiện đo đạc thực tế.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tính hiệu quả của cảm biến biến áp vi sai biến đổi tuyến tính (LVDT) trong đo lường chuyển vị động của nhịp dẫn cầu Long Biên. Thông qua thí nghiệm, LVDT cho thấy độ chính xác cao với sai số dao động từ 0,26% đến 0,80% so với đồng hồ so, đồng thời có khả năng thu thập dữ liệu theo thời gian thực. Điều này giúp cung cấp thông tin quan trọng về trạng thái làm việc của kết cấu cầu dưới tác động của tải trọng tàu, góp phần nâng cao hiệu quả giám sát và đánh giá độ bền của công trình.

Tuy nhiên, việc lắp đặt LVDT trên cầu đường sắt gặp một số thách thức do rung động môi trường và điều kiện thi công thực tế, có thể ảnh hưởng đến độ ổn định của hệ thống đo. Do đó, cần có các giải pháp kỹ thuật để tối ưu hóa quy trình lắp đặt và nâng cao tính chính xác của phép đo trong môi trường thực tế. Việc kết hợp LVDT với các cảm biến khác như cảm biến gia tốc hoặc cảm biến nghiêng có thể cung cấp dữ liệu toàn diện hơn, giúp đánh giá chính xác trạng thái kết cấu và phát hiện sớm các dấu hiệu suy giảm chất lượng. Ngoài cầu Long Biên, phương pháp đo lường này có thể được áp dụng cho các cầu đường sắt khác để đánh giá hiệu quả.

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2025-CT-030.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Santhosh, K. V., & Roy, B. K. (2012), A smart displacement measuring technique using linear variable displacement transducer, Procedia Technology, 4, 854-861.

[2]. Jastrzębska, M. (2021), Modern displacement measuring systems used in geotechnical laboratories: Advantages and disadvantages, Sensors, 21(12), 4139.

[3]. Ma, Z., Choi, J., & Sohn, H. (2023), Structural displacement sensing techniques for civil infrastructure: A review, Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience, 2(3), 100041.

[4]. Olaszek, P., Wyczałek, I., Sala, D., Kokot, M., & Świercz, A. (2020), Monitoring of the static and dynamic displacements of railway bridges with the use of inertial sensors. Sensors, 20(10), 2767.

[5]. Park, J. W., Lee, K. C., Sim, S. H., Jung, H. J., & Spencer Jr, B. F. (2016), Traffic safety evaluation for railway bridges using expanded multisensor data fusion, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 31(10), 749-760.

[6]. Nassif, H. H., Gindy, M., & Davis, J. (2005), Comparison of laser Doppler vibrometer with contact sensors for monitoring bridge deflection and vibration, Ndt & E International, 38(3), 213-218.

[7]. Santhosh, K. V., & Roy, B. K. (2017), Online implementation of an adaptive calibration technique for displacement measurement using LVDT, Applied soft computing, 53, 19-26.

[8]. Công ty TNHH Giao thông vận tải (2023), Báo cáo kiểm định nhịp 3/7 cầu Long Biên, thuộc tuyến đường sắt Hà Nội - Đồng Đăng.

■Ngày nhận bài: 06/3/2025 ■Ngày sửa bài: 24/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Những thách thức và định hướng nghiên cứu phục vụ mục tiêu vận tải và logistics xanh ở Việt Nam

Challenges and research orientation of green transport and logistics objectives

> TS LÊ XUÂN TRƯỜNG*, GS.TS LÊ HÙNG LÂN, TS NGUYỄN THỊ HỒNG MAI
Trường Đại học Giao thông vận tải
*Email: lexuantruong@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Phát triển bền vững là mong muốn mà nhiều quốc gia trên thế giới hướng tới, trong đó có Việt Nam. Để phát triển bền vững thì vận tải và logistics xanh là một mục tiêu quan trọng. Tuy nhiên, có rất nhiều thách thức cho các nước đang phát triển như Việt Nam khi phát triển vận tải và logistics xanh. Bài báo nghiên cứu kinh nghiệm của các nước trên thế giới về phát triển vận tải và logistics xanh, từ đó chỉ ra các thách thức đối với hoạt động vận tải và logistics tại Việt Nam. Trên cơ sở kinh nghiệm của các nước trên thế giới, bài báo đề xuất các hướng nghiên cứu cũng chính là các giải pháp để Việt Nam đạt được mục tiêu đề ra.

Từ khóa: Vận tải và logistics xanh, các thách thức đối với vận tải và logistics xanh.

ABSTRACT

Sustainable development is a major objective in the world, including Vietnam. To achieve sustainable development, green transportation and logistics play an instrumental role. Developing countries have several challenges with the aim of green transportation and logistics. From experiences worldwide, this paper sheds light on the challenges of Vietnam. Finally, research and solutions are proposed to acquire green transportation and logistics in Vietnam.

Keywords: Green transportation and logistics, green transportation and logistics challenges.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với mục tiêu phát triển bền vững Liên hợp quốc cùng các quốc gia đã đặt mục tiêu giảm các loại khí thải có hại CO, CO_2, NO_x… qua từng giai đoạn cho đến năm 2050 đạt được mục tiêu phát thải ròng bằng 0 (Net Zero). Hoạt động GTVT được chứng minh là hoạt động tiêu thụ số lượng rất lớn nhiên liệu hóa thạch và phát thải từ 20% đến 30% các loại khí gây ô nhiễm môi trường tại các nước châu âu, Mỹ, Canada [1, 2, 3, 4]; tại Trung Quốc, Ấn Độ [5, 6]. Yếu tố này gây ảnh hưởng tiêu cực tới môi trường và sức khỏe con người. Chính phủ Việt Nam đã nhận thức được yêu cầu của phát triển bền vững nên tích cực tham gia và cam kết mục tiêu phát thải ròng bằng 0 tại COP26, trong đó đặt ra mục tiêu đối với hoạt động vận tải và logistics là phát triển xanh. Tuy nhiên, với bối cảnh là một nước đang phát triển, Việt Nam sẽ gặp rất nhiều thách thức với mục tiêu đặt ra. Nội dung của bài báo là nghiên cứu kinh nghiệm của các nước trên thế giới và các thách thức khi thực hiện mục tiêu vận tải và logistics xanh, từ đó phân tích đánh giá với điều kiện của Việt Nam chỉ ra các thách thức, từ đó đề xuất các hướng nghiên cứu để đạt được mục tiêu phát triển vận tải và logistics xanh.

2. NỘI DUNG

Vận tải là quá trình di chuyển hàng hóa và hành khách trong không gian và theo thời gian nhằm thỏa mãn nhu cầu nào đó của con người. Logistics là quá trình quản lý, lập kế hoạch, triển khai và điều phối các hoạt động liên quan đến việc vận chuyển, lưu trữ và quản lý hàng hóa dịch vụ và thông tin để đáp ứng yêu cầu của khách hàng.

Với hoạt động vận tải thì yêu cầu đặt ra là quá trình di chuyển hàng hóa và hành khách diễn ra thông suốt, đảm bảo an toàn và hiệu quả về chi phí. Đối với hoạt động logistics thì tập trung chủ yếu vào việc tối ưu hóa quá trình di chuyển của hàng hóa. Trong hoạt động vận tải và logistics, các loại phương tiện di chuyển hàng hóa và hành khách sử dụng động cơ đốt trong với các loại nhiên liệu hóa thạch như xăng dầu thì gây ô nhiễm môi trường do phát thải ra các loại khí hoặc gây ra tiếng ồn. Việc đặt ra mục tiêu vận tải và logistics xanh có nghĩa là ngoài việc đảm bảo thông suốt, an toàn, hiệu quả về chi phí, tối ưu về thời gian, quãng đường thì cần sử dụng các phương tiện giảm phát thải các loại khí gây ô nhiễm, giảm tiếng ồn hoặc chuyển đổi sang phương tiện sử dụng năng lượng không gây ô nhiễm môi trường.

2.1. Kinh nghiệm của các nước trên thế giới

Để thực hiện mục tiêu logistics xanh tại các nước phía Nam châu Âu, nghiên cứu [4] phân tích ở góc độ vĩ mô có 5 nhóm giải pháp chính được đề xuất, bao gồm: (1) Nâng cao hiệu quả và chuyển đổi phương thức vận tải; (2) Tối ưu mạng lưới; (3) Sử dụng vật liệu đóng gói và tiêu chuẩn hóa đơn vị vận tải; (4) Vận hành cơ

sở vật chất xanh hơn; (5) Hoạt động tái chế và thu hồi. Ở góc độ vi mô thì nghiên cứu [4] đề xuất hai bước thực hiện, bước một giảm số lượng phương tiện chạy rỗng, thu hồi sản phẩm đã sử dụng và rác thải, sử dụng vật liệu có thể tái chế; bước 2 giảm khí thải CO, CO_2, giảm ô nhiễm tiếng ồn, giảm ô nhiễm ánh sáng, xây dựng nhà kho, cơ sở hạ tầng xanh, nâng cao hiệu quả của tiêu thụ năng lượng và chuyển đổi phương thức vận tải. Để thực hiện các giải pháp trên nghiên cứu [4] đã chỉ ra các thách thức lớn đối với các nước phía Nam châu Âu, đó là: (1) Áp lực về chi phí của các doanh nghiệp logistics tăng lên; (2) Phương tiện phát thải nhiều hơn do yêu cầu phải tăng tốc độ vận chuyển, đồng thời đáp ứng được nhu cầu về linh hoạt của hoạt động logistics dẫn tới áp lực lên hệ thống giao thông; (3) Để đảm bảo tính tin cậy trong hoạt động vận tải thì hai loại phương tiện là đường bộ và hàng không cần được sử dụng nhiều hơn nhưng đây là hai loại phương tiện gây ô nhiễm nhiều nhất so với các phương tiện khác; (4) Nhiều điểm trung chuyển phân phối hàng được xây dựng hơn dẫn tới mạng lưới đường nhiều hơn và phương tiện hoạt động nhiều hơn làm cho phát thải khí ô nhiễm nhiều hơn. Những thách thức này dẫn tới rất nhiều ngành công nghiệp và doanh nghiệp logistics thiếu động lực để thực hiện mục tiêu vận tải và logistics xanh.

Năm 2023, liên minh châu Âu đã khẳng định, trong lĩnh vực vận tải, vận tải hàng hóa chiếm 30% lượng phát thải khí CO_2 [7], Ủy ban châu Âu coi đây là nhóm cần được ưu tiên để giảm phát thải với hàng loạt các chiến lược như: "The Zero Pollution Action Plan" đầu tư vào vận tải đa phương thức bền vững; "Fit for 55 package" cải thiện hiệu suất phương tiện, sử dụng các nhiên liệu bền vững; "TEN-T Regulation" đầu tư vào cơ sở hạ tầng phù hợp với mục tiêu vận tải hàng hóa xanh; Chỉ thị "Renewable energy" với mục tiêu thúc đẩy các phương tiện vận tải hàng nặng áp dụng tiêu chuẩn Euro 7; Chỉ thị "Eurovignette" với mục tiêu thu phí đường bộ cho mục tiêu vận tải xanh; Chỉ thị "Energy Taxation" với các quy định về mức thuế nhiên liệu liên quan đến môi trường; mở rộng hệ thống giao dịch khí thải ô nhiễm yêu cầu những phương tiện gây ô nhiễm phải trả những chi phí gây ô nhiễm môi trường. Trong tương lai, liên minh châu Âu đặt ra các chiến lược để đạt được các mục tiêu vận tải hàng hóa xanh như: Cải thiện hiệu quả khai thác vận tải của từng loại phương tiện, trong đó ưu tiêu cho vận tải đường sắt và vận tải đường bộ; đầu tư vào chuyển đổi xanh cho vận tải hàng hóa, trong đó quy định "TEN-E Regulation" tập trung vào mạng lưới vận tải sử dụng năng lượng điện thông minh.

Với mục tiêu phát triển vận tải và logistics xanh, rất nhiều nghiên cứu trên thế giới được tiến hành, trong đó nghiên cứu [2] đã tập hợp 882 bài báo được xuất bản từ năm 2000 đến năm 2019 và chỉ ra 9 topic được các nhà nghiên cứu hướng tới bao gồm: (1) Các chỉ tiêu và mô hình đánh giá hiệu quả; (2) Chính sách phát triển giao thông bền vững; (3) Vai trò của các bên liên quan; (4) Quản lý logistics và chuỗi cung ứng; (5) Hành vi đi lại; (6) Năng lượng mới cho phương tiện vận tải; (7) Chiến lược quy hoạch GTVT; (8) Vận tải công cộng và sử dụng xe đạp. Nghiên cứu [2] cũng chỉ ra 4 khoảng trống nghiên cứu: (1) Vai trò của xã hội bền vững đối với hoạt động GTVT; (2) Sử dụng công nghệ thông tin và viễn thông; (3) Lợi ích của phát triển bền vững; (4) Vận tải linh hoạt hướng tới sự bền vững.

2.2. Các thách thức đối với Việt Nam

Việt Nam là một quốc gia rất tích cực đối với mục tiêu phát triển bền vững thể hiện ở các cam kết tại COP26 với mục tiêu Net Zero, đồng thời ban hành các văn bản pháp luật thể hiện chính sách phát triển bền vững như "Nghị quyết số 24-NQ/TW (2013)" về chủ động ứng phó với biến đổi khí hậu, "Luật Bảo vệ môi trường 2020" có quy định về giảm phát thải khí nhà kính, tạo khung pháp lý cho thị trường các-bon, khuyến khích giao dịch tín chỉ các-bon và năng lượng sạch, "Chiến lược quốc gia về biến đổi khí hậu đến năm 2050" đề xuất các giải pháp và nhiệm vụ để thực hiện cam kết tại COP26 và nhiều chính sách khác.

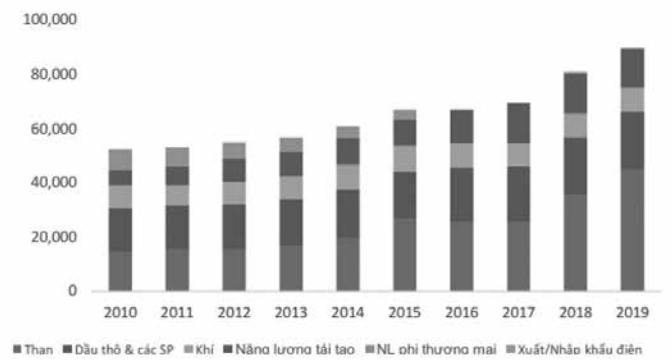
Đối với lĩnh vực vận tải và logistics thì mục tiêu xanh cũng được coi trọng và có nhiều giải pháp được tiến hành. Tuy nhiên, để đạt được mục tiêu đề ra thì Việt Nam sẽ gặp rất nhiều thách thức khi học hỏi kinh nghiệm từ các nước trên thế giới.

Thách thức lớn nhất đó là việc tối ưu hóa mạng lưới vận tải và logistics, do quy hoạch chưa đồng bộ, thiếu các nguồn lực tài chính để đầu tư kết cấu hạ tầng. Thực tế tại Việt Nam, mạng lưới đường bộ cao tốc chưa hoàn thiện, mạng lưới đường sắt với khổ đường 1.000 mm lạc hậu, các doanh nghiệp vận tải biển mới chỉ ở quy mô nhỏ, chưa có các đội tàu lớn. Tính kết nối giữa các phương thức còn ở mức thấp, như ở các cảng biển nước sâu (có khối lượng hàng thông qua lớn) thiếu kết nối với hệ thống đường sắt, sự kết nối đường sắt và đường bộ còn ở mức rất thấp.

Trong khu vực đô thị, hệ thống vận tải công cộng chưa phát triển đầy đủ, người đi lại phụ thuộc vào phương tiện cá nhân là chính, do đó thường xuyên xảy ra tắc đường, kẹt xe, va chạm và tai nạn giao thông.

Các thách thức khi nâng cao hiệu quả sử dụng phương tiện và chuyển đổi phương thức vận tải tại Việt Nam. Đối với việc vận tải hành khách hiện nay, các doanh nghiệp tại Việt Nam đang sử dụng các loại phương tiện có tiêu chuẩn khí thải EURO 3 hoặc EURO 4, việc nâng cao hiệu quả sử dụng phương tiện để giảm khí thải bằng chính sách nâng tiêu chuẩn khí thải lên EURO 4 là một thách thức cho các doanh nghiệp về chi phí đầu tư phương tiện. Đối với vận tải hàng hóa, chính sách chuyển đổi phương thức vận tải có các thách thức như các phương thức vận tải như đường sắt và đường biển chưa thật sự phát triển, trong đó đặc biệt hệ thống đường sắt cũ, lạc hậu, việc khai thác không hiệu quả dẫn tới chi phí vận tải hàng hóa rất cao.

Việc chuyển đổi năng lượng cho phương tiện vận tải như năng lượng từ nhiên liệu hóa thạch sang năng lượng điện gặp thách thức về nguồn sản xuất năng lượng.



Hình 1. Nguồn sản xuất năng lượng điện [8]

Nhìn vào Hình 1 có thể thấy rằng, điện năng ở Việt Nam được sản xuất từ than, dầu thô và khí chiếm tỷ lệ rất lớn, việc đốt các nhiên liệu này sẽ phát thải khối lượng rất lớn khí nhà kính và các loại khí gây ô nhiễm môi trường. Điều này cho thấy, nếu càng sử dụng nhiều năng lượng điện hơn thì mức độ ô nhiễm môi trường càng cao hơn. Đây là một thách thức rõ ràng đối với mục tiêu phát triển xanh và bền vững.

Mặt khác, đối với doanh nghiệp vận tải hàng hóa thì phương tiện sử dụng năng lượng điện chủ yếu trong phạm vi các kho bãi, điểm trung chuyển hàng hóa, phương tiện đưa ra vận tải hàng hóa ở trên đường chưa phổ biến.

Đối với hoạt động vận tải hành khách, hiện nay ở Việt Nam

phương tiện vận tải chạy bằng năng lượng điện có giá cao hơn rất nhiều so với phương tiện vận tải chạy bằng nhiên liệu hóa thạch. Theo [9], giá xe buýt điện 30 chỗ là xấp xỉ 3,9 tỷ đồng/1 chiếc, xe buýt điện 60 chỗ sấp xỉ 4,3 tỷ đồng/1 chiếc, trong khi đó giá xe buýt 30 chỗ chạy diesel sấp xỉ 2 tỷ đồng/1 chiếc, giá xe buýt 60 chỗ chạy diesel xấp xỉ 2,4 tỷ đồng/1 chiếc. So sánh giá mua của xe buýt điện đắt hơn rất nhiều so với xe chạy bằng năng lượng diesel. Hơn nữa, việc đầu tư phương tiện diesel doanh nghiệp chỉ phải mua phương tiện, trong khi mua phương tiện chạy điện doanh nghiệp còn phải bỏ chi phí đầu tư hệ thống trạm sạc điện. Điều này tạo ra áp lực rất lớn về vốn đầu tư phương tiện, cũng như chi phí khấu hao hàng năm của doanh nghiệp.

Thiếu hệ thống cơ sở hạ tầng như trạm sạc điện là một thách thức với việc sử dụng năng lượng điện cho các phương tiện vận tải. Đồng thời, các doanh nghiệp cũng gặp khó khăn khi pin lưu trữ điện cho phương tiện vận tải hiện nay chỉ có thời gian ngắn chủ yếu sử dụng cho các phương tiện sức chứa nhỏ, việc sử dụng cho các phương tiện có năng lực vận tải lớn còn rất nhiều hạn chế. Mặc dù đã có kỹ thuật xử lý pin lưu trữ điện khi hết niên hạn sử dụng, tuy nhiên chi phí xử lý rất lớn gây ra áp lực về tài chính cho người sử dụng phương tiện vận tải năng lượng điện.

Việt Nam cũng gặp các thách thức về kỹ thuật công nghệ hiện đại như hệ thống giao thông thông minh, hệ thống quản lý chuỗi cung ứng hiện đại chưa được phát triển và có khoảng cách rất lớn với các nước trên thế giới.

Nguồn nhân lực về giảm phát thải, chuyển đổi xanh còn thiếu cũng là một thách thức để đạt được mục tiêu xanh. Bên cạnh đó, nhận thức và chấp nhận của các cá nhân, doanh nghiệp kinh doanh về mục tiêu vận tải logistics xanh cũng là một yếu tố cần xem xét.

Từ phân tích ở trên có thể thấy rằng, với mục tiêu vận tải và logistics xanh thì có các thách thức đối với Nhà nước là thiếu nguồn lực tài chính để đầu tư phát triển hệ thống cơ sở hạ tầng vận tải và logistics, thiếu nguồn lực để đầu tư cho các lĩnh vực sản xuất điện từ các năng lượng sạch hơn. Đồng thời, cần các nguồn lực đầu tư cho các nghiên cứu về lưu trữ pin năng lượng, xử lý pin sau khi hết hạn sử dụng. Nhà nước cũng cần có các chính sách tạo điều kiện cho các doanh nghiệp phát triển các kỹ thuật công nghệ hiện đại như hệ thống giao thông thông minh, hệ thống quản lý vận tải và logistics hiện đại, tối ưu hóa vận hành.

Đối với các doanh nghiệp cũng gặp các thách thức về tài chính do chi phí đầu tư phương tiện, chi phí ứng dụng công nghệ hiện đại, chi phí xử lý pin lưu trữ điện sau khi hết niên hạn sử dụng, thậm chí doanh nghiệp sẽ chịu gánh nặng chi phí khi Nhà nước áp dụng các chính sách thuế, phí đối với nhiên liệu hóa thạch.

2.3. Các hướng nghiên cứu cho mục tiêu vận tải và logistics xanh

Nghiên cứu [10] tập hợp các các bài báo từ năm 1999 đến 2019 và phân thành 5 hướng nghiên cứu chính để đạt được mục tiêu vận tải và logistics xanh:

- Nhóm 1: Nghiên cứu đánh giá về tác động kinh tế - xã hội môi trường. Trong nhóm này, các nhánh nghiên cứu có thể tiến hành là: (1) Mức độ phát thải các loại khí gây ô nhiễm từ các phương tiện được sử dụng; (2) Nghiên cứu về nguồn năng lượng sử dụng; (3) Các lợi ích và chi phí; (4) Các sáng kiến sanh; (5) Ô nhiễm tiếng ồn; (6) Trách nhiệm xã hội; (7) Hệ thống đánh giá [10].

- Nhóm 2: Chính sách, quy hoạch và quản lý bao gồm các nhánh: (1) Mô hình kinh doanh và vận hành; (2) Mối quan hệ hợp tác giữa khách hàng và nhà cung cấp, Chính phủ và doanh nghiệp; (3) Phối hợp giữa các doanh nghiệp logistics; (4) Hành vi của các bên liên quan như vai trò của Chính phủ, vai trò của các doanh nghiệp logistics, vai trò của người giao hàng và các tập đoàn; (5) Chiến lược quy hoạch phát triển, đánh giá tác động của chính sách [10].

- Nhóm 3: Ứng dụng và thực hành bao gồm các nhánh: (1) Thương mại điện tử; (2) Công nghiệp sản xuất phương tiện, xây dựng; (3) Chuyển đổi phương tiện và vận tải liên phương thức; (4) Logistics ngược; (5) Quản lý chuỗi cung ứng; (6) Vận tải trong đô thị.

- Nhóm 4: Kỹ thuật công nghệ gồm các nhánh: (1) Hệ thống giao thông thông minh; (2) Vận tải hàng hóa bằng phương tiện sử dụng năng lượng điện; (3) Điện toán đám mây; (4) Big data; (5) Internet vạn vật IOT; (6) Trung tâm quản lý đô thị [10]

- Nhóm 5: Nghiên cứu về khai thác vận hành bao gồm các nhánh: (1) Tối ưu hóa vị trí kho hàng, hub vận tải; (2) Thiết kế mạng lưới logistics; (3) Tối ưu hóa hành trình vận tải; (4) Mô phỏng; (5) Mô hình ra quyết định vận hành [10].

Với điều kiện Việt Nam đã có quy hoạch đầy đủ về phát triển các phương thức vận tải, bài báo đề xuất Chính phủ cần ưu tiên thúc đẩy các nghiên cứu thuộc nhóm 1 và 2 để thực hiện các quy hoạch đã có và hoàn thiện mạng lưới vận tải và logistics và có đánh giá tổng hợp về tác động kinh tế - xã hội môi trường. Đồng thời, Nhà nước cần có các chính sách về tài chính để khắc phục các thách thức đó, tài chính hỗ trợ cho các cơ sở nghiên cứu cũng như dẫn dắt tạo điều kiện thuận lợi để doanh nghiệp đầu tư vào các nghiên cứu đáp ứng mục tiêu đặt ra.

Đối với các doanh nghiệp cần kết hợp với các cơ sở nghiên cứu khoa học thúc đẩy các nghiên cứu ở nhóm 3, 4 và 5 nhằm thúc đẩy sự phát triển nhanh và sớm đạt được mục tiêu vận tải và logistics xanh.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã tổng hợp kinh nghiệm của các nước phát triển trên thế giới về phát triển vận tải và logistics xanh, đồng thời phân tích chỉ ra các thách thức khi đặt ra mục tiêu vận tải và logistics xanh tại Việt Nam. Cuối cùng, nội dung bài báo đề xuất các hướng nghiên cứu cũng chính là các giải pháp phát triển để đạt được mục tiêu đề ra.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ và được thực hiện trong Trường Đại học Giao thông vận tải. Xin trân trọng cảm ơn sự tài trợ và sự giúp đỡ của các đồng nghiệp từ Trường Đại học Giao thông vận tải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. D. Banister (2007), Sustainable transport: Challenges and opportunities, Transportmetrica, vol.3, no.2, pp.91-106, doi: 10.1080/18128600708685668.

[2]. X. Zhao, Y. Ke, J. Zuo, W. Xiong and P. Wu (20, May, 2020), Evaluation of sustainable transport research in 2000-2019, Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120404.

[3]. I. V. Larina, A. N. Larin, O. Kiriliuk and M. Ingaldi (Sep., 2021), Green logistics - Modern transportation process technology, Production Engineering Archives, vol.27, no.3, pp.184-190, doi: 10.30657/pea.2021.27.24.

[4]. B. Beškovnik (2010), Challenges of Green Logistics in Southeast Europe.

[5]. X. Hu, S. Chang, J. Li, and Y. Qin (2010), Energy for sustainable road transportation in China: Challenges, initiatives and policy implications, Energy, vol.35, no.11, pp.4289-4301, doi: 10.1016/j.energy.2009.05.024.

[6]. A. Panday and H. O. Bansal (2014), Green transportation: Need, technology and challenges.

[7]. 2 Communication from the commission to the european parliament, the council, the european economic and social committee and committee of the regions.

[8]. Thong-ke-NL-2019-Jan-2021-1.

[9]. Bộ Kế hoạch và Đầu tư, Hệ thống mạng đấu thầu quốc gia, Accessed: Mar. 13, 2025. [Online]. Available: www.muasamcong.mpi.gov.vn/web/guest/contractor-selection?render=index.

[10]. R. Ren, W. Hu, J. Dong, B. Sun, Y. Chen and Z. Chen (01, Jan., 2020), A systematic literature review of green and sustainable logistics: Bibliometric analysis, research trend and knowledge taxonomy, MDPI. doi: 10.3390/ijerph17010261.

■Ngày nhận bài: 05/3/2025 ■Ngày sửa bài: 25/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Mô phỏng ứng xử uốn của dầm bê tông tính năng siêu cao sử dụng mô hình phá hoại dẻo

Flexural behavior simulation of ultra-high performance concrete beams using the damage plasticity model

> TS BÙI THANH QUANG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: thanhquang.bui@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bê tông tính năng siêu cao (UHPC) là vật liệu có các đặc tính cơ học và độ bền vượt trội so với bê tông thường, đặc biệt là khả năng chịu kéo. Kể từ khi ra đời, UHPC đã trở thành đối tượng nghiên cứu của nhiều nhà khoa học và đã được ứng dụng vào nhiều công trình thực tế. Cùng với sự phát triển của UHPC, nhu cầu mô tả chính xác ứng xử của loại vật liệu này ngày càng tăng. Bài báo trình bày các kết quả mô phỏng số nhằm khảo sát ứng xử uốn của mẫu UHPC. Quá trình mô phỏng được tiến hành thông qua phương pháp phần tử hữu hạn (FEA), với việc sử dụng mô hình bê tông phá hoại dẻo (Concrete Damaged Plasticity - CDP) khi mô tả đặc tính vật liệu của UHPC. Việc so sánh giữa dữ liệu thực nghiệm và kết quả mô phỏng cho phép hiệu chỉnh và xác định các thông số tối ưu cho việc mô hình hóa UHPC.

Từ khóa: Bê tông tính năng siêu cao (UHPC), mô hình phá hoại dẻo.

ABSTRACT

Ultra-High Performance Concrete (UHPC) is a cementitious composite material that demonstrates outstanding mechanical performance and durability compared to conventional concrete, particularly with respect to tensile strength. Since its introduction, UHPC has attracted considerable interest from researchers and has been increasingly applied in various structural applications. With its growing use in engineering practice, the demand for accurate modeling of UHPC's mechanical behavior has become increasingly important. This study presents a numerical investigation of the flexural behavior of UHPC specimens. The simulations were carried out using the finite element analysis (FEA) approach, in which the material behavior of UHPC was modeled using the Concrete Damaged Plasticity (CDP) model available in ABAQUS. A comparison between the experimental results and the numerical simulations was conducted to calibrate and evaluate the most appropriate parameters for accurately representing the flexural response of UHPC.

Keywords: UHPC, damage plasticity model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông tính năng siêu cao (Ultra-High Performance Concrete - UHPC là một loại vật liệu tiên tiến với các đặc tính cơ học và độ bền vượt trội. UHPC có cường độ chịu nén dao động từ 120 đến 200 MPa và cường độ chịu kéo lên đến 15 MPa với đặc trưng làm việc dẻo sau nứt, vượt xa hiệu suất của bê tông thông thường [1]. Việc bổ sung sợi thép vào thành phần hỗn hợp của bê tông giúp tăng khả năng kháng nứt và khả năng chịu kéo sau nứt, đồng thời nâng cao độ dẻo của vật liệu.

Kể từ khi ra đời, UHPC được coi là một trong những sản phẩm mang tính đột phá và đã thu hút sự quan tâm đáng kể từ cộng đồng nghiên cứu cũng như các kỹ sư trong ngành Xây dựng. UHPC có tiềm năng ứng dụng rộng rãi cho các công trình xây dựng và công nghiệp, công trình cầu, công trình ngoài khơi, cấu kiện đúc sẵn và giải pháp gia cường kết cấu [2]. Ở Việt Nam, UHPC được nghiên cứu từ khoảng hơn 10 năm trở lại đây [3-4], các nghiên cứu này tập trung vào công nghệ chế tạo như thiết kế cấp phối, hiệu quả của việc sử dụng vật liệu địa phương…. Gần đây, UHPC đã được ứng dụng trong một số công trình cụ thể như: Sửa chữa mặt cầu Thăng Long; cầu Đập Đá (Hậu Giang), cầu Năng An (Ninh Bình).

Cùng với sự phát triển của UHPC, nhu cầu mô phỏng chính xác ứng xử của loại vật liệu này bằng phương pháp phần tử hữu hạn cũng ngày càng tăng. Mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng mô hình CDP khi mô phỏng dầm UHPC chịu uốn bằng phần mềm Abaqus. Kết quả mô phỏng được so sánh với dữ liệu thực nghiệm, từ đó cho phép đánh giá các thông số tối ưu cho việc mô hình hóa UHPC.

2. MÔ HÌNH FEM

2.1. Thông tin chung

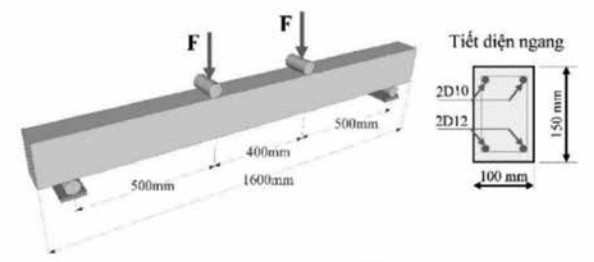
Dầm UHPC chịu uốn bốn điểm dưới tác dụng của tải trọng tĩnh

được mô phỏng tương ứng với các thông số dầm thí nghiệm trong nghiên cứu của [5] bằng phần mềm Abaqus. Dầm thí nghiệm bằng UHPC sử dụng cốt sợi có tỷ số giữa chiều dài cốt sợi (L_f) và đường kính cốt sợi (d_f) bằng 65; tính chất của vật liệu UHPC cho trong Bảng 1 dưới đây.

Bảng 1. Tính chất vật liệu UHPC sử dụng [5]

Hàm lượng cốt sợi V_f	Cường độ chịu nén f'_c (Mpa)	Mô-đun đàn hồi E_c (Mpa)
2%	120	48000

Mẫu dầm có kích thước (100×150×1.600)mm với chiều dài nhịp L_t = 1.400 mm, sơ đồ thí nghiệm được bố trí như Hình 1.



Hình 1. Kích thước hình học và mặt cắt ngang dầm [5]

2.2. Mô hình vật liệu và phần tử

a) Mô hình UHPC

UHPC là vật liệu không đồng nhất và thể hiện ứng xử không đàn hồi phi tuyến tính phức tạp. Để mô tả được ứng xử này, việc lựa chọn mô hình phù hợp để mô hình hóa vật liệu UHPC là rất quan trọng. Mô hình phá hoại dẻo của bê tông CDP (Concrete Damage Plasticity) được coi là một trong những mô hình phù hợp nhất để mô phỏng vật liệu này. Mô hình CDP được đề xuất bởi Lubliner [6] và được phát triển bởi nhiều tác giả khác [7-8]. Được xây dựng trên nền tảng lý thuyết dẻo kết hợp với khái niệm hư hỏng vật liệu, mô hình CDP giả định hai cơ chế hư hỏng chính của UHPC là nứt do kéo và nứt do nén.

Các thông số được sử dụng trong mô hình CDP bao gồm góc dãn nở Ψ, độ lệch tâm của bề mặt dẻo ε, tỉ số của ứng suất dẻo nén hai phương ban đầu với ứng suất dẻo nén một phương ban đầu σ_{bo}/σ_{co}, tỉ số của bất biến ứng suất thứ hai trên kinh tuyến kéo và nén K và tham số độ nhớt. 5 thông số này được lấy dựa trên đề xuất của M.Fakeh [9] và được cho trong Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số trong mô hình phá hoại dẻo của bê tông DCP

$\Psi(^0)$	ε	σ_{bo}/σ_{co}	K	Độ nhớt (viscosity parameter)
55	0,1	2,0 ÷ 3,0	0,667	0

Ở đây, tỷ số σ_{bo}/σ_{co} sẽ được xác định căn cứ vào việc so sánh giữa kết quả mô phỏng và kết quả thí nghiệm.

Quan hệ ứng suất - biến dạng nén của UHPC gồm hai nhánh đi lên và đi xuống, các nhánh này có thể được xác định theo đề xuất của M.Fakeh [9] như sau:

Nhánh đi lên [10]	Nhánh đi xuống [11]
$\sigma(\varepsilon) = E_c\varepsilon(1-\alpha_c)$ $\alpha_c = 0{,}011e^{\frac{\varepsilon E_c}{0.44f'_c}} - 0{,}011$	$\sigma(\varepsilon) = f'_c\left[1 - 0{,}35\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon_{co}} - 1\right)\right]$

Dựa trên nghiên cứu của M.Fakeh [9], quan hệ ứng suất - biến dạng kéo của UHPC cũng có thể được xác định dựa theo đề xuất của Tian et al [12] như sau:

$$\sigma(\varepsilon) = \begin{cases} \varepsilon\dfrac{\sigma_e}{\varepsilon_e} & 0 \le \varepsilon \le \varepsilon_e \\ \sigma_e + (\varepsilon - \varepsilon_e)\dfrac{\sigma_p - \sigma_e}{\varepsilon_p - \varepsilon_e} & \varepsilon_e \le \varepsilon \le \varepsilon_p \\ \sigma_p\left(1 - 0.15\dfrac{\varepsilon - \varepsilon_p}{\varepsilon_u - \varepsilon_p}\right) & \varepsilon_p \le \varepsilon \le \varepsilon_u \end{cases}$$

Trong đó:

$$\sigma_e = 4{,}50 \times (0{,}65\lambda_f + 1) \;\; ; \; \lambda_f = V_f\,\frac{L_f}{d_f}$$

$$\varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E_t}$$

$$\sigma_p = \begin{cases} \sigma_e & 0 \le \lambda_f \le 0{,}8 \\ 2{,}06 \times (2{,}98\lambda_f + 1) & 0{,}8 \le \lambda_f \le 2{,}6 \end{cases}$$

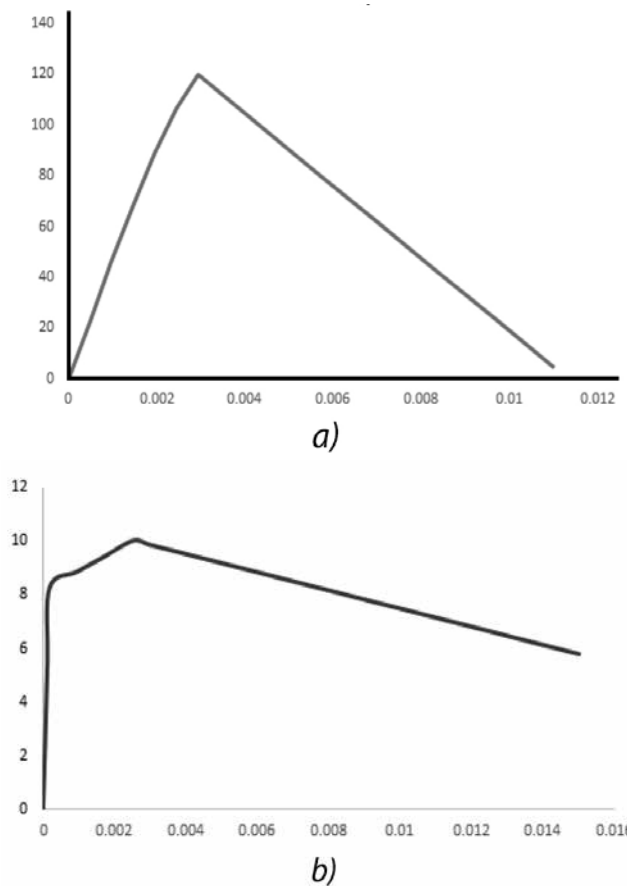
$$\varepsilon_p = \begin{cases} \varepsilon_e & 0 \le \lambda_f \le 0.8 \\ 3574 \times (1{,}31\lambda_f - 1) & 0{,}8 \le \lambda_f \le 2{,}6 \end{cases}$$

$$\sigma_u = 0{,}85\sigma_p = \begin{cases} 0{,}85\sigma_e & 0 \le \lambda_f \le 0{,}8 \\ 1{,}75 \times (2{,}98\lambda_f + 1) & 0.8 \le \lambda_f \le 2{,}6 \end{cases}$$

$$\varepsilon_u = 1531 \times (2{,}72\lambda_f + 1)$$

$$E_t = \frac{10^5}{1{,}8 + \dfrac{47}{f'_c}}$$

Dựa vào các thông số thiết kế vật liệu UHPC ở Bảng 1, quan hệ ứng suất - biến dạng nén và kéo của UHPC được biểu diễn trên Hình 2.



Hình 2. Quan hệ ứng suất - biến dạng của UHPC: a) - Khi chịu nén; b) - Khi chịu kéo

Phần tử được sử dụng để mô phỏng UHPC là phần tử C3D8R. Đây là dạng phần tử khối 8 nút với 3 bậc tự do và 3 chuyển vị theo

3 phương *x, y, z* tại mỗi nút. Mỗi cạnh của phần tử khối dùng trong mô phỏng có kích thước 10 mm.

b) Mô hình cốt thép

Quan hệ ứng suất - biến dạng của cốt thép theo mô hình đàn - dẻo được dùng trong mô phỏng này. Các thông số được khai báo vào mô hình là mô-đun đàn hồi (E_s), hệ số poisson (v) và giới hạn chảy dẻo (f_y) được lấy trong Bảng 3.

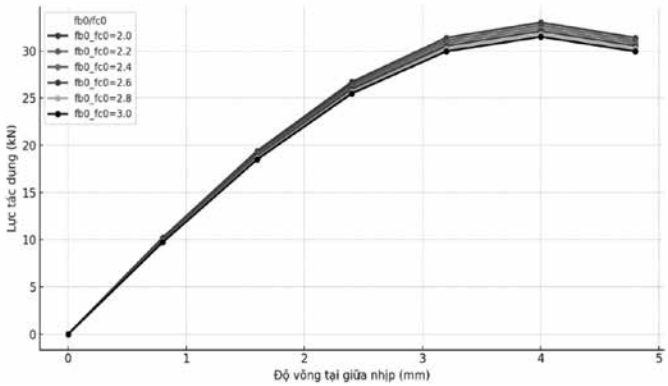
Bảng 3. Thông số của vật liệu thép

Mô-đun đàn hồi E_s (Mpa)	**Giới hạn chảy f_y (Mpa)**	**Hệ số poisson v**
200.000	300	0,33

Phần tử được sử dụng để mô phỏng cốt thép là phần tử T3D2. Đây là dạng phần tử có 2 nút với 3 bậc tự do tại mỗi nút. Mỗi cạnh của phần tử khối dùng trong mô phỏng có kích thước 10 mm.

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ SO SÁNH VỚI THỰC NGHIỆM

Để có thể xác định được các thông số tối ưu cho mô hình DCP, các mô phỏng dầm chịu uốn 4 điểm được thực hiện bằng cách thay đổi các giá trị σ_{bo}/σ_{co}. Các đường cong quan hệ tải trọng - độ võng tại mặt cắt giữa nhịp được biểu diễn trong Hình 3 dưới đây.



Hình 3. Quan hệ tải trọng - độ võng tại mặt cắt giữa nhịp của dầm UHPC chịu uốn 4 điểm

Từ kết quả mô phỏng ở Hình 3 ta thấy rằng, tải trọng lớn nhất giảm tuyến tính cùng với sự tăng của tỷ số σ_{bo}/σ_{co}.

So sánh với tải trọng lớn nhất thu được từ thí nghiệm [5], P_{exp} = 33 kN tỉ số của ứng suất dẻo nén hai phương ban đầu với ứng suất dẻo nén một phương ban đầu đề xuất được lấy như sau: σ_{bo}/σ_{co} = 2,15.

4. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày kết quả khảo sát ứng xử uốn của dầm UHPC chịu uốn 4 điểm bằng cách sử dụng mô hình CDP tích hợp trong phần mềm mô phỏng số Abaqus. Các tham số khảo sát của mô hình bao gồm góc giãn nở Ψ, độ lệch tâm của bề mặt dẻo ε, tỉ số của ứng suất dẻo nén hai phương ban đầu với ứng suất dẻo nén một phương ban đầu σ_{bo}/σ_{co}, tỉ số của bất biến ứng suất thứ hai trên kinh tuyến kéo và nén K và tham số độ nhớt. 5 tham số này cũng như đường cong mô tả ứng xử nén và kéo của UHPC được dựa trên đề xuất của M.Fakeh [9]. Mô phỏng số được thực hiện trên dầm UHPC tiết diện chữ nhật đã được thí nghiệm trong nghiên cứu của V.H. Cù [5]. Từ việc so sánh kết quả mô phỏng số và kết quả thực nghiệm, các tham số tối ưu của mô hình DCP đã được xác định nhằm mục đích mô tả được ứng xử uốn của dầm UHPC.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Yoo, D.Y., Oh, .T., Banthia, N. (2022), Nanomaterials in ultra-high-performance concrete (UHPC) - A review, Cement and Concrete Composites, vol.73, pp.267-280.

[2]. Voo, Y. L., Foster, S., Pek, L. G. (2007), Ultra-high performance concrete-technology for present and future. Proceedings of the High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet, Maastricht, The Netherlands, pp.2-14.

[3]. Phạm Duy Hữu, Nguyễn Ngọc Long, Phạm Hoàng Kiên, Nguyễn Thanh Sang (2011), Nghiên cứu công nghệ chế tạo bê tông có cường độ siêu cao áp dụng cho kết cấu cầu và nhà cao tầng, Đề tài NCKH cấp Bộ B2012-04-130-TĐ.

[4]. Nguyễn Công Thắng (2016), Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng siêu sử dụng phụ gia khoáng và vật liệu có sẵn ở Việt Nam, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Xây dựng.

[5]. Cù Việt Hưng, Nguyễn Đức Phúc, Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Ngọc Tuyển, Phạm Duy Hòa (2018), Dự báo sức kháng uốn của dầm bê tông chất lượng siêu cao (UHPC), Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng 12(4), tr.1-13.

[6]. Lubliner, J., Oliver, J., Oller, S., Oñate, E. (1989), A plastic-damage model for concrete, International Journal of Solids and Structures 25(3), pp.299-326.

[7]. Lee, J., Fenves, G.L. (1998), Plastic-damage model for cyclic loading of concrete structures, Journal of Engineering Mechanics 124(8), pp.892-900.

[8]. Hafezolghorani Esfahani, M., Hejazi, F., Vaghei, R., Jaafar, M., Karimzadeh, K. (2017), Simplified Damage Plasticity Model for Concrete, Structural Engineering International 27, pp.68-78.

[9]. Fakehi, M., Jawdhari, A., Fam, A. (2025), Recommended concrete damage plasticity parameters and constitutive models for UHPC in ABAQUS, Engineering Structures 333, https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141029625005450.

[10]. B. A. Graybeal (2007), Compressive behavior of ultra-high-performance fiber reinforced concrete, Acids Mater J 104(2), https://doi.org/10.14359/18577.

[11]. Zhao J, et al. (2013), Mechanical properties and constitutive model of ultra-high-performance concrete material under uniaxial tension and compression cycles, Constr Build Mater 48, pp.1027-1034, https://doi.org/10.1016/j.

[12]. Tian X, et al. (2023), Behavior and constitutive model of ultra-high-performance concrete under monotonic and cyclic tensile loading, Constr Build Mater, https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131634.

■Ngày nhận bài: 03/4/2025 ■Ngày sửa bài: 17/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 28/4/2025

Đánh giá hiệu quả phân tích dầm trên nền đàn hồi chịu tác dụng của tải trọng tĩnh bằng phương pháp phần tử hữu hạn sử dụng mô hình nền Winkler, liên kết dị hướng và phần tử dầm-nền dị hướng

Efficiency evaluation of finite element analysis for beams on elastic foundations under static loads using the winkler model with anisotropic connections and beam-foundation interaction elements

> THS ĐỖ XUÂN QUÝ
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: quysbvl@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Kết cấu dầm trên nền đàn hồi là kết cấu phổ biến trong xây dựng công trình, ví dụ như: Dầm móng đặt trên nền đàn hồi, hệ phao nổi trên mặt nước, hệ cọc trong đất, tà vẹt trên nền đá ballast... Cho đến nay, số lượng các nghiên cứu về loại kết cấu này rất phong phú, có cả theo hướng phân tích lý thuyết, phân tích số và hướng thí nghiệm. Mô hình tương tác giữa dầm và nền cũng rất đa dạng như: Mô hình nền tuyến tính Winkler với một hệ số nền, Filonenko-Borodich, Pasternak với hai hệ số nền...; mô hình nền phi tuyến dạng một chiều, dạng phi tuyến bậc cao. Trong nghiên cứu này, tác giả đồng thời sử dụng mô hình nền Winkler, mô hình liên kết dị hướng và phần tử dầm-nền dị hướng để phân tích một số bài toán điển hình để từ đó đưa ra các so sánh tương đối về hiệu quả của các mô hình trên.

Từ khóa: Dầm trên nền đàn hồi, đường sắt, phi tuyến, liên kết dị hướng, dầm-nền dị hướng.

ABSTRACT

Beam structures on elastic foundations are commonly encountered in civil engineering applications, such as foundation beams resting on elastic soils, floating systems on water surfaces, pile systems in soil and railway sleepers on ballast layers. To date, there has been a wealth of research on this type of structure, encompassing theoretical analysis, numerical methods and experimental investigations. The models describing the interaction between the beam and the foundation are also diverse, including the linear Winkler foundation model with a single foundation modulus, the Filonenko-Borodich model and the Pasternak model with two foundation parameters. In addition, there exist nonlinear foundation models, such as one-dimensional nonlinear and higher-order nonlinear models. In this study, the author employs the Winkler foundation model, the anisotropic foundation connection model and anisotropic beam-foundation finite elements to analyze several representative problems. Based on these analyses, comparative evaluations of the effectiveness of the aforementioned models are presented.

Keywords: Beam on elastic foundation, railway, nonlinearity, anisotropic coupling, anisotropic beam-foundation system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các mô hình tính dầm trên nền đàn hồi rất phong phú và đa dạng. Tuy nhiên, trong tính toán thiết kế công trình hầu hết chưa xét đến sự không tiếp xúc giữa dầm và nền. Khi tính toán, các tác giả thường sử dụng các mô hình nền có một hệ số nền hoặc hai hệ số nền. Các công bố có thể kể đến như: Vũ Đình Lai và cộng sự [1], Lều Thọ Trình và cộng sự [2], Anil K. Chopa [3] giới thiệu phương pháp tính dầm trên nền đàn hồi theo mô hình theo Winkler có một hệ số nền; Vũ Thị Bích Quyên [4] tính dầm trên nền đàn hồi với mô hình nền Winkler bằng phương pháp phần tử biên; Phạm Hoàng Anh [5] tính dầm trên nền đàn hồi có điều kiện biên phức tạp với môi hình nền Winkler bằng phương pháp giải tích.

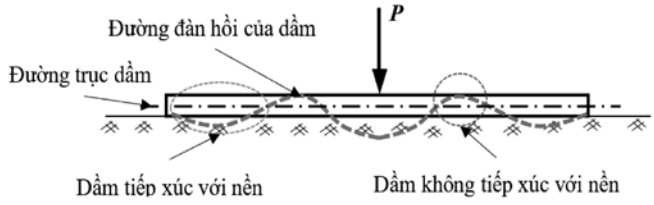
Để mô phỏng gần với ứng xử thực tế của dầm trên nền đàn hồi, các tác giả đã xem xét đến sự tiếp xúc và không tiếp xúc giữa dầm và nền: Z. Celep và các cộng sự [6] khảo sát tác dụng động của dầm dài hữu hạn trên nền một chiều; Diego Froio và các cộng sự [7], phân tích dầm trên nền phi tuyến, dưới tác dụng của tải trọng thay đổi theo thời gian di động; P. Castro Jorge và các cộng sự [8] nghiên cứu tác dụng của dầm hai đầu liên kết khớp trên nền đàn hồi, chịu tác dụng của tải trọng không đổi di động với mô hình nền Winkler, nền một chiều và nền phi tuyến bậc 3; Cristiano Viei Rodrigues [9] phân tích dầm trên nền phi tuyến, chịu tác dụng của bộ dao động di động bằng phương pháp phần tử hữu hạn; D. Froio và các cộng sự [10] sử dụng phương pháp số tính dầm giản đơn trên nền phi tuyến bậc 3, dưới tác dụng của tải trọng thay đổi theo thời gian di động; S.M. Abdelghany và các cộng sự [11] khảo sát ứng xử của dầm trên nền phi tuyến, chịu tác dụng của tải trọng di động bằng phương pháp Galerkin và Runge-Kutta; Salih N Akour [12] phân tích động dầm trên nền phi tuyến chịu tác dụng của tải trọng điều hòa phân bố trên bề mặt dầm, sử dụng phương pháp Runge-Kutta để giải; Đỗ Xuân Quý và các cộng sự [13] nghiên cứu ứng xử cơ học của thanh có liên kết dị hướng chịu tác dụng của tải trọng động; Đỗ Xuân Quý và các cộng sự [14] nghiên cứu thực nghiệm ứng xử có liên kết dị hướng chịu tác dụng của tải trọng động; Đỗ Xuân Quý và cộng sự [16] phân tích tĩnh dầm trên nền đàn hồi có kể đến sự không tiếp xúc giữa dầm và nền sử dụng phần tử dầm-nền dị hướng.

Trong bài báo này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để phân tích tĩnh dầm trên nền đàn hồi với mô hình nền Winkler, mô hình liên kết dị hướng và phần tử dầm-nền dị hướng, từ đó đưa ra các đánh giá, so sánh về tính hiệu quả của ba mô hình nền này.

2. MÔ HÌNH TÍNH DẦM TRÊN NỀN ĐÀN HỒI

2.1. Tương tác giữa dầm và nền

Hình 1 là sơ đồ biến dạng của dầm trên nền đàn hồi khi chịu tác dụng của tải trọng tập trung P. Giữa dầm và nền có đoạn tiếp xúc và có đoạn không tiếp xúc với nhau. Thông thường, đoạn dầm và nền không tiếp xúc với nhau xuất hiện khi dầm có chiều dài lớn và có độ cứng nhỏ. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng mô hình nền Winkler, mô hình liên kết dị hướng và mô hình dầm-nền dị hướng để mô tả sự tương tác giữa dầm và nền. Theo mô hình Winkler, dầm và nền luôn luôn tiếp xúc với nhau, phản lực của nền vào đáy dầm tỷ lệ thuận với chuyển vị của đáy dầm ở đó. Mô hình liên kết dị hướng và mô hình dầm-nền dị hướng, phản lực của nền vào đáy dầm cũng có tỷ lệ thuận với chuyển vị của dầm, trong đó có xét đến sự thay đổi độ cứng của nền khi chiều của chuyển vị thay đổi. Công thức tính phản lực nền vào đáy dầm như sau:



Hình 1. Sơ đồ biến dạng của dầm trên nền đàn hồi

- Với mô hình nền Winkler [1]:

$$p = c.w \quad (1)$$

Trong đó: p - Phản lực của nền; c - Độ cứng của nền; w - Độ võng của nền.

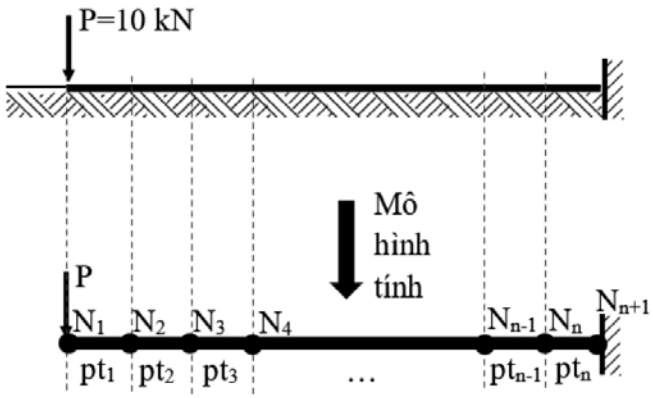
- Với mô hình nền dị hướng và dầm-nền dị hướng [13, 14, 16, 17]:

$$p = \frac{c_2+c_1}{2}(w-w_0) + \frac{c_2-c_1}{2}|w-w_0| \quad (2)$$

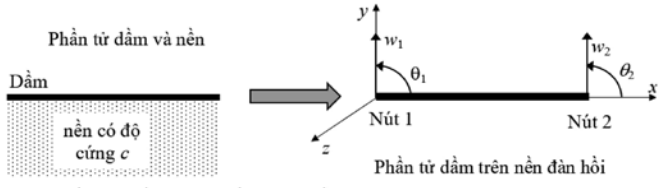
Trong đó: c_1, c_2 - Độ cứng của nền khi dầm có chuyển vị xuống dưới, lên trên; w_0 - Độ lệch chuẩn, mô tả nền bị ép trước hoặc giữa dầm và nền có khe hở. Với trường hợp dầm chịu lực như Hình 1, lấy $c_2 = 0$, $w_0 = 0$.

2.2. Mô hình tính

2.2.1. Theo mô hình Winkler



Hình 2. Mô hình tính dầm trên nền đàn hồi



Hình 3. Mô hình tính phần tử dầm trên nền đàn hồi

Để tính dầm trên nền đàn hồi bằng phương pháp phần tử hữu hạn với mô hình nền Winkler, dầm và nền được rời rạc hóa thành các phần tử dầm trên nền đàn hồi như Hình 2. Theo đó, dầm được chia thành n phần tử, tương ứng nền cũng được chia thành n phần. Gộp phần tử dầm với nền phía dưới thành phần tử dầm trên nền đàn hồi [15] (Hình 3).

Phần tử dầm trên nền đàn hồi [15] có ma trận độ cứng:

$$[k] = [k_1] + [k_2] \quad (3)$$

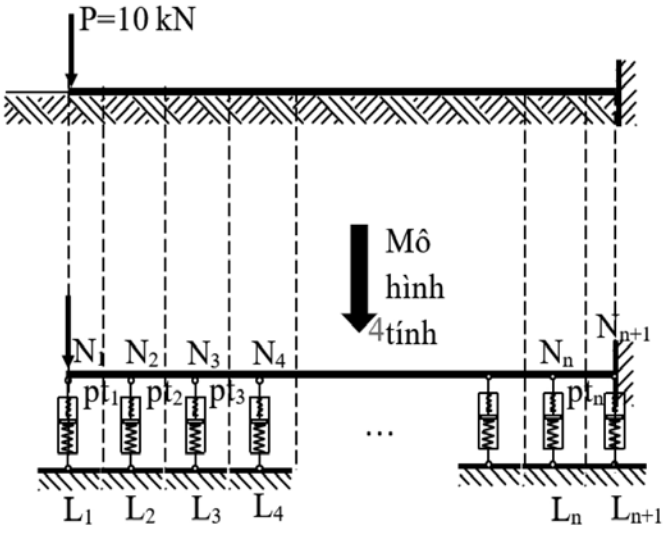
$$[k_1] = \begin{bmatrix} \frac{12EJ}{a^3} & \frac{6EJ}{a^2} & -\frac{12EJ}{a^3} & \frac{6EJ}{a^2} \\ \frac{6EJ}{a^2} & \frac{4EJ}{a} & -\frac{6EJ}{a^2} & \frac{2EJ}{a} \\ -\frac{12EJ}{a^3} & -\frac{6EJ}{a^2} & \frac{12EJ}{a^3} & -\frac{6EJ}{a^2} \\ \frac{6EJ}{a^2} & \frac{2EJ}{a} & -\frac{6EJ}{a^2} & \frac{4EJ}{a} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$[k_2] = \begin{bmatrix} \frac{13}{35}ca & -\frac{11}{210}ca^2 & \frac{9}{70}ca & \frac{13}{420}ca^2 \\ -\frac{11}{210}ca^2 & \frac{1}{105}ca^3 & -\frac{13}{420}ca^2 & -\frac{1}{140}ca^3 \\ \frac{9}{70}ca & -\frac{13}{420}ca^2 & \frac{13}{35}ca & \frac{11}{210}ca^2 \\ \frac{13}{420}ca^2 & -\frac{1}{140}ca^3 & \frac{11}{210}ca^2 & \frac{1}{105}ca^3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Trong đó: [k], [k_1], [k_2] - Ma trận độ cứng của phần tử dầm trên nền đàn hồi, phần tử dầm, phần tử nền dưới dầm; c - Độ cứng của nền; a - Chiều dài phần tử; E - Mô-đun đàn hồi vật liệu dầm; J - Mô-men quán tính chống uốn của mặt cắt ngang dầm; F - Diện tích mặt cắt ngang dầm.

2.2.2. Theo mô hình liên kết dị hướng

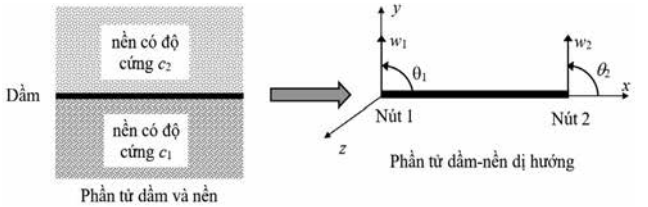
Với mô hình liên kết dị hướng, dầm được chia thành n phần tử có nút đầu Ni và nút cuối Ni+1. Nền được chia thành n+1 phần được mô hình bằng một liên kết dị hướng đặt tại các nút của các phần tử dầm. Mỗi phần nền nhận các nút dầm làm trung tâm, mở rộng sang hai bên trái phải đến giữa các phần tử dầm lân cận. Riêng ở đầu dầm, phần nền đó kéo dài từ đầu dầm đến giữa phần tử dầm lân cận về phía trong của dầm (Hình 4).



Hình 4. Mô hình tính dầm trên nền đàn hồi với hệ liên kết dị hướng

Phản lực của liên kết dị hướng được tính bằng công thức (2). Phần tử dầm có ma trận độ cứng được tính như công thức (4).

2.2.3. Theo mô hình dầm-nền dị hướng



Hình 5. Mô hình phần tử dầm-nền dị hướng

Theo mô hình này, dầm và nền cũng được rời rạc thành n phần tử dầm-nền dị hướng tương tự như trường hợp tính theo mô hình nền Winkler (Hình 2). Mỗi hệ gồm dầm và nền trong phạm vi của nó được mô hình hóa thành một phần tử dầm-nền dị hướng (Hình 5).

Tương tác của nền vào đáy dầm được tính theo công thức (2). Ma trận độ cứng của phần tử dầm-nền dị hướng được tính theo công thức (6) [16].

$$[k]=[k_1]+[k_2] \quad (6)$$

Trong đó: [k], [k_1], [k_2] - Ma trận độ cứng của phần tử dầm-nền dị hướng, phần tử dầm, phần tử nền dưới dầm. Ma trận độ cứng của phần tử dầm được tính như công thức (4). Ma trận độ cứng của phần tử nền được tính theo công thức (7).

$$[k_2] = \begin{bmatrix} TP_{11} & TP_{12} & TP_{13} & TP_{14} \\ TP_{12} & TP_{22} & TP_{23} & TP_{24} \\ TP_{13} & TP_{23} & TP_{33} & TP_{34} \\ TP_{14} & TP_{24} & TP_{34} & TP_{44} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Với hàm dạng của phần tử dầm là hàm bậc 3. Theo [16], phần tử dầm-nền dị hướng có 4 loại: Loại 1 - Đường đàn hồi dầm không cắt đường chuẩn w_0; Loại 2 - Đường đàn hồi dầm cắt đường chuẩn w_0 tại một điểm; Loại 3 - Đường đàn hồi dầm cắt đường chuẩn w_0 tại 2 điểm; Loại 4 - Đường đàn hồi dầm cắt đường chuẩn w_0 tại ba điểm. Mỗi loại phần tử dầm-nền dị hướng lập được công thức tính ma trận độ cứng nền [k_2] riêng (chi tiết có phụ lục).

3. TÍNH DẦM TRÊN NỀN ĐÀN HỒI BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHẦN TỬ HỮU HẠN

3.1. Theo mô hình Winkler

Phương trình cơ bản của phương pháp phần tử hữu hạn được viết như sau:

$$[K]\{\Delta\}=\{P\} \quad (8)$$

Trong đó: [K] - Ma trận độ cứng tổng thể của kết cấu, {Δ} - Vector chuyển vị của dầm, {P} - Vector tải trọng. Ma trận độ cứng [K] của kết cấu được xây dựng trên cơ sở ma trận độ cứng của các phần tử dầm trên nền đàn hồi như công thức (3).

Hệ phương trình tuyến tính (8) được giải bằng phương pháp khử Gauss. Nghiệm của phương trình là chuyển vị của các nút phần tử dầm, từ đó tính ra nội lực và chuyển vị các điểm còn lại trên dầm.

3.2. Theo mô hình liên kết dị hướng

Phương trình cơ bản của phương pháp phần tử hữu hạn được viết [17]:

$$[K]\{\Delta\}+\{N(\Delta)\}=\{P\} \quad (9)$$

Trong đó: [K] - Ma trận độ cứng tổng thể của kết cấu, được xây dựng trên cơ sở ma trận độ cứng các phần tử dầm (4); {N(Δ)} - Vector phản lực liên kết, được thành lập trên cơ sở công thức tính phản lực liên kết (2).

Do {N(Δ)} là hàm phi tuyến nên hệ phương trình (9) là hệ phi tuyến. Tác giả sử dụng phương pháp lặp Newton để giải bài toán này. Trình tự giải hệ (9) như sau:

Bước 1. Cho vector chuyển vị nút một giá trị ban đầu $\Delta_i=\Delta_i^0$.

Bước 2. Giải hệ phương trình lặp, tìm số gia của chuyển vị nút dDI theo phương pháp Newton. Tính lại giá trị vector chuyển vị nút: $D_i^1 = D_i^0 + dD_i$.

Bước 3. Kiểm tra điều kiện hội tụ. Nếu thỏa mãn, dừng chương trình. Nếu không thỏa mãn, quay lại Bước 1.

3.3. Theo mô hình dầm-nền dị hướng

Phương trình cơ bản của phương pháp phần tử hữu hạn được viết như sau:

$$[K]\{\Delta\}=\{P\} \quad (10)$$

Trong đó: [K] - Ma trận độ cứng tổng thể của kết cấu, được xây dựng trên cơ sở ma trận độ cứng của các phần tử dầm - nền dị hướng (6).

Do trong (6) có chứa $[k_2]$, mà $[k_2]$ chỉ xác định được rõ ràng khi biết chính xác được đường đàn hồi của phần tử dầm tương ứng nên [K] không thể tính ngay được, hay hệ phương trình (10) là hệ phương trình phi tuyến. Để giải hệ phương trình (10), tác giả sử dụng phương pháp lặp Newton, trình tự giải được thực hiện như sau:

Trình tự giải phương trình (10):

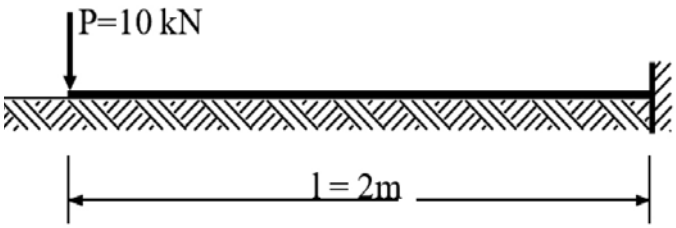
- Bước 1. Cho vector chuyển vị $\{\Delta\} = 0$, lập vector tải trọng {P}, lập ma trận độ cứng của phần tử dầm $[k_1]$.

- Bước 2. Suy ra thông số đầu các phần tử, xác lập đường đàn hồi của các phần tử, lập ma trận độ cứng của nền tương ứng $[k_2]$, lập ma trận độ cứng của phần tử dầm-nền dị hướng tương ứng, lập ma trận độ cứng kết cấu. Giải phương trình (10) được vector chuyển vị $\{\Delta_1\}$.

- Bước 3. Kiểm tra điều kiện dừng lặp: Nếu thỏa mãn thì dừng tính toán, nếu không thỏa mãn thì cho vector chuyển vị mới theo phương pháp giải lặp Newton và quay lại Bước 1.

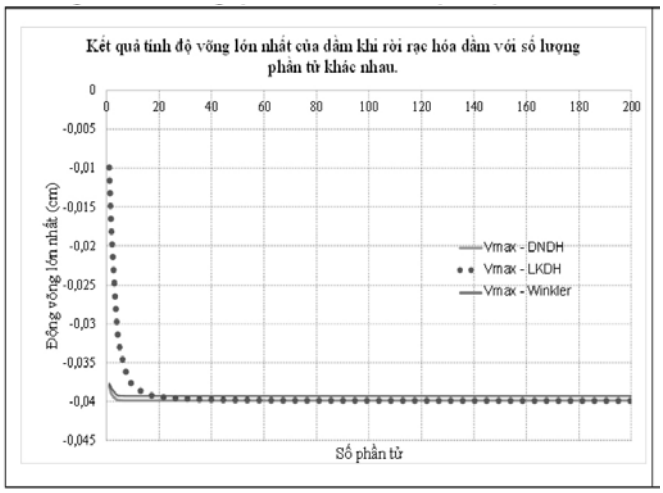
4. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ PHÂN TÍCH DẦM TRÊN NỀN ĐÀN HỒI CHỊU TÁC DỤNG CỦA TẢI TRỌNG TĨNH

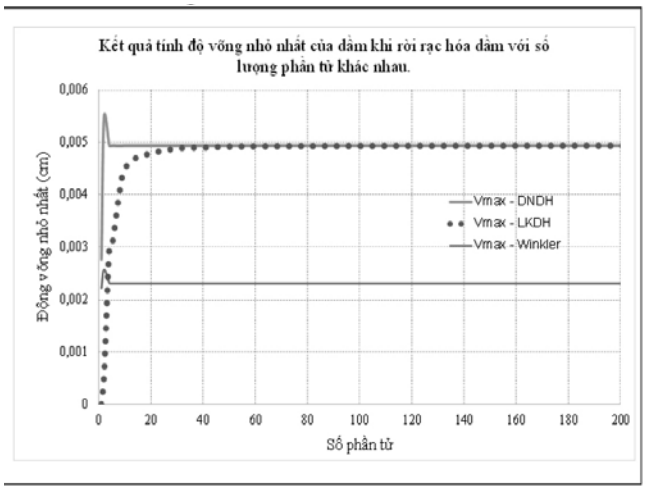
** Đặt bài toán:*



Hình 6. Dầm công-xon trên nền đàn hồi

Một dầm công-xon chịu lực như Hình 6. Mặt cắt ngang dầm có $J = 833\ cm^4$, $F = 100\ cm^2$. Vật liệu có $E = 2.10^4\ kN/cm^2$. Nền có $c_1 = 10\ kN/cm^2$, $c_2 = 0$, $w_0 = 0$. Phân tích độ võng của dầm theo các mô hình Winkler, liên kết dị hướng và dầm-nền dị hướng. Mô hình phần tử dầm-nền dị hướng



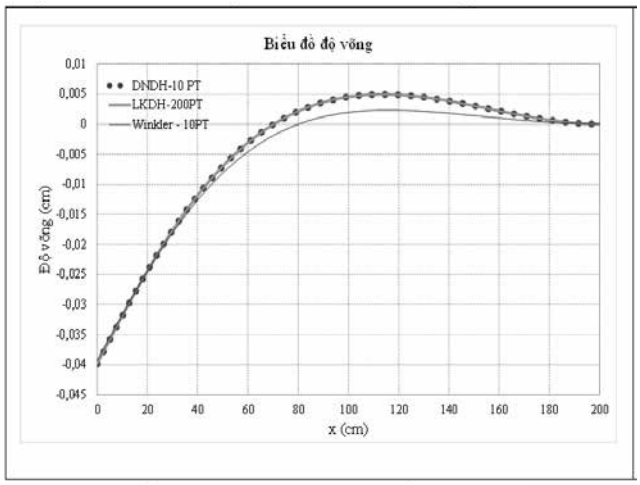


Hình 7. Độ võng lớn nhất, nhỏ nhất của dầm hội tụ khi số lượng phần tử đủ lớn

**Lời giải:*

- Với từng mô hình, dầm được rời rạc hóa thành số lượng phần tử tăng dần. Phân tích cho thấy kết quả phân tích theo cả ba mô hình đều hội tụ dần khi số lượng phần tử tăng dần (Hình 7). Kết quả phân tích cuối cùng sẽ là kết quả phân tích ứng với số lượng phần tử đủ lớn để khi tăng số lượng phần tử kết quả phân tích đo vẫn không đổi.

Hình 8 là kết quả phân tích dầm ở ba mô hình với cùng độ hội tụ giống nhau. Kết quả cho thấy, để đạt được mức độ hội tụ khoảng 0,01% về độ võng lớn nhất thì mô hình dầm-nền dị hướng và mô hình Winkler chỉ cần chia dầm thành 10 phần tử, trong khi đó mô hình liên kết dị hướng cần đến 200 phần tử. Điều này là kết quả của việc cả hai mô hình dầm-nền dị hướng và Winkler đều thực hiện xây dựng các "siêu" phần tử gồm cả dầm và nền, cùng giả định hàm dạng là bậc 3. Trong khi đó, mô hình liên kết dị hướng lại gần đúng nền thành hệ các liên kết dị hướng nên nó cần phải có số lượng lớn hơn mới có thể cho kết quả hội tụ được.



Độ võng	Winkler (10PT)	LKDH (200PT)	DNDH (10PT)
Lớn nhất (cm)	0,0393	0,0399	0,0399
Sai số (%)	0,0096	0,0101	0,0093
Nhỏ nhất (cm)	-0,0023	-0,0049	-0,0049
Sai số (%)	0,0048	0,0189	0,0033

Hình 8. Kết quả phân tích dầm với các mô hình khác nhau ở cùng mức độ hội tụ

Tuy nhiên, cũng theo Hình 8 cho thấy, kết quả phân tích theo mô hình dầm-nền dị hướng và mô hình liên kết dị hướng rất sát nhau, khác so với mô hình Winkler (1,504% về độ võng lớn nhất và 53,0610% về độ võng nhỏ nhất). Nguyên nhân có sự khác biệt này là do trong dầm có xuất hiện một đoạn chuyển vị lên trên, lúc này mô hình Winkler không thể mô tả được sự tách ra giữa dầm và nền, hai mô hình kia mô tả bằng hệ số nền $c_2 = 0$. Hay có thể nói rằng: Với trường hợp này, mô hình dầm-nền dị hướng và mô hình liên kết dị hướng cho kết quả phân tích sát với ứng xử của thực tế của dầm hơn.

Thông qua khảo sát này cho thấy, tốc độ hội tụ của mô hình Winkler và mô hình dầm nền-dị hướng là nhanh nhất, nhưng tổng thời gian tính toán của mô hình Winkler sẽ ngắn nhất do không phải giải lặp. Mô hình liên kết dị hướng cho tốc độ hội tụ chậm nhất nhưng xu thế hội tụ ổn định (Hình 7), không có sự tịnh tiến "quá" như hai mô hình kia, nên có thể sẽ cho tốc độ hội tụ tốt hơn ở những bài toán phức tạp. Mô hình Winkler chỉ phù hợp để phân tích các trường hợp dầm tiếp xúc hoàn toàn với nền, còn với trường hợp dầm không tiếp xúc hoàn toàn với nền thì nên sử dụng mô hình liên kết dị hướng hoặc dầm-nền dị hướng.

5. KẾT LUẬN

Tác giả đã tổng hợp, có các phân tích về việc sử dụng mô hình Winkler, dầm-nền dị hướng và liên kết dị hướng trong tính toán dầm trên nền đàn hồi.

Phân tích cho thấy: Tốc độ hội tụ, thời gian giải theo mô hình Winkler là ngắn nhất nhưng chỉ nên áp dụng với trường hợp dầm tiếp xúc hoàn toàn với nền. Mô hình dầm-nền dị hướng và liên kết dị hướng cho phép áp dụng với cả trường hợp dầm không tiếp xúc hoàn toàn với nền. Nhìn chung, tốc độ hội tụ của mô hình dầm-nền dị hướng nhanh hơn so với liên kết dị hướng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Vũ Đình Lai (2010), Sức bền vật liệu, tái bản 3, NXB. GTVT.

[2]. Lều Thọ Trình và Đỗ Văn Bình (2002), Ổn định công trình, lần 1, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

[3]. Anil K. Chopra (2012), Dynamics of structures, fourth ed, Theory and Applications to Earthquake Engineering, Prenice Hall, America.

[4]. Vũ Thị Bích Quyên và cộng sự (2017), Phương pháp phần tử biên tính nội lực và chuyển vị hệ dầm trên nền đàn hồi th eo mô hình Winkler, Tạp chí KHCN Xây dựng, 6-12, http://ibst.vn/upload/documents/file_upload/1512721967Vu-Thi-Bich-Quyen.pdf.

[5]. Phạm Hoàng Anh (2014), Nghiệm giải tích rời rạc cho bài toán dầm trên nền đàn hồi Winkler, tập 2, Kỷ yếu Hội nghị Cơ học toàn quốc, Hà Nội, tr.7-12.

[6]. Z. Celep, K. Güler, F. Demir (2011), Response of a completely free beam on a tensionless Pasternak foundation subjected to dynamic load, Structural Engineering and Mechanics, 37, 61-77, http://techno-press.org/samplejournal/pdf/sem3701004.pdf.

[7]. Diego Froio, Egidio Rizzi, Fernando M.F. Simões, A. Pinto da Costa (2017), Critical velocities of a beam on nonlinear elastic foundation under harmonic moving load, Procedia Engineering, 199, 2585-2590, https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.348.

[8]. P. Castro Jorge, F.M.F. Simões, A. Pinto da Costa (2014), Finite element dynamic analysis of beams on non-uniform nonlinear viscoelastic foundations under moving loads, Proceedings of the 9th International Conference on Structural Dynamics, EURODYN, Portugal, pp.841-845.

[9]. C. Rodrigues, F.M.F. Simões, A. Pinto da Costa, D. Froio, E. Rizzi (2018), Finite element dynamic analysis of beams on nonlinear elastic foundations under a moving oscillator, European Journal of Mechanics - A/Solids, 68, 9-24, https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2017.10.005.

[10]. D. Froio, R. Moioli, E. Rizzi (2016), Numerical dynami analysis of beams on nonlinear elastic foundation under harmonic moving load, ECCOMAS Congress 2016, VII European Congress on ComputationalMethods in Applied Sciences and Engineering, Greece, pp.4794-4809, https://doi.org/10.7712/100016.2149.7515.

[11]. S. M. Abdelghany, K.M. Ewis, A.A. Mahmoud, M.M. Nassar (2015), Dynamic response of non-uniform beam subjected to moving load and resting on non-linear viscoelastic foundation, Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences, 4, 192-199, https://dx.doi.org/10.1016/j.bjbas.2015.05.007.

[12]. Salih N Akour (2010), Dynamics of Nonlinear Beam on Elastic Foundation, Proceedings of the World Congress on Engineering, London, U.K.

[13]. Đỗ Xuân Quý, Lương Xuân Bính, Hà Văn Quân, Hoàng Văn Tuấn (2018), Nghiên cứu ứng xử cơ học của thanh có liên kết dị hướng chịu tác dụng của tải trọng động, Tuyển tập công trình khoa học toàn quốc Cơ học vật rắn lần thứ XIV, TP Hồ Chí Minh, tr.549-556.

[14]. Do Xuan Quy, Ta Thi Hien, Luong Xuan Binh, Hoang Van Tuan and Le Thanh Tam (2019), Experimental research on dynamic response of beams with anisotropic restraints, The 5th international Conference on Enginneering Mechanics and Automation, Ha Noi, pp.98-104.

[15]. Nguyễn Xuân Lựu, Phương pháp phần tử hữu hạn (2007), NXB. GTVT, Hà Nội.

[16]. Đỗ Xuân Quý, Vũ Thị Nga (6/2021), Phân tích tĩnh dầm trên nền đàn hồi có kể đến sự không tiếp xúc giữa dầm và nền sử dụng phần tử dầm-nền dị hướng, Tạp chí Khoa học GTVT, tập 72, số 5, 552-564.

[17]. Lương Xuân Bính, Đỗ Xuân Quý, Nguyễn Xuân Lựu (2007), Tính toán kết cấu có liên kết dị hướng bằng phương pháp phần tử hữu hạn, Tuyển tập công trình Hội nghị Cơ học toàn quốc lần thứ 8, tập 2, tr.57-68.

■Ngày nhận bài: 19/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2025

Điều khiển thông minh dựa trên deep Q-learning cho xe tự hành trong hệ thống giao thông thông minh

Deep Q-learning-based intelligent control for automotive vehicles in intelligent transportation systems

> TS NGUYỄN VĂN HẢI
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: haihadkt@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo giới thiệu thiết kế bộ điều khiển thông minh cho xe tự hành, sử dụng phương pháp học tăng cường và thuật toán Q-learning dựa trên mạng nơ-ron học sâu (DQN) để tránh va chạm với chướng ngại vật. DQN là một thuật toán học tăng cường không theo chính sách, trực tuyến và không cần mô hình, hoạt động bằng cách ước tính giá trị phần thưởng trong tương lai. Giải pháp tạo ra tác tử, xe tự hành có khả năng tránh chướng ngại vật tĩnh và di chuyển trong môi trường vật lý thực. Tính đúng đắn của lý thuyết được kiểm chứng qua mô phỏng MATLAB/SIMULINK.

Từ khóa: Học tăng cường, DQN, xe tự hành, ITS.

ABSTRACT

This paper presents the design of an intelligent controller for autonomous vehicles, utilizing reinforcement learning and Q-learning algorithms based on deep neural networks (DQN) to avoid collisions with obstacles. DQN is a policy-free, online and model-free reinforcement learning algorithm that operates by estimating future reward values. The solution develops an autonomous agent to evade static obstacles and navigate in a real physical environment. The correctness of the theory is validated through MATLAB simulation.

Keywords: Reinforcement learning, DQN, autonomous vehicles, ITS.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống GTVT là một trong những yếu tố quan trọng trong quá trình phát triển kinh tế và xã hội của một quốc gia. Bên cạnh những lợi ích tuyệt vời mà giao thông mang lại, nó cũng khiến xã hội phải đối mặt với nhiều vấn đề nghiêm trọng đến con người, chẳng hạn như tử vong do tai nạn giao thông [1] và ô nhiễm môi trường do khí thải của các phương tiện giao thông gây ra [2]. Hơn nữa, tắc đường là một vấn đề nghiêm trọng khác, gây hại cho sức khỏe [2], thiệt hại kinh tế [3]. Những vấn đề này ngoài nguyên nhân do cơ sở hạ tầng giao thông phát triển không kịp với sự gia tăng các phương tiện giao thông, ngoài các nguyên nhân gây tử vong do tai nạn giao thông thì có thể là do lỗi của lái xe, chẳng hạn như buồn ngủ, phán đoán cho rằng lỗi, thiếu kinh nghiệm lái xe. Do đó, một số nhà sản xuất xe hơi trên toàn cầu đã và đang phát triển sản xuất xe tự lái - hành động làm giảm nguy cơ tai nạn giao thông.

Để giảm tai nạn giao thông của xe tự hành, các nhà quản lý đã đưa ra các quy định về tốc độ, đổi làn giao thông với các phương tiện khác, giảm tắc đường và lãng phí thời gian trong xe, giảm lượng xăng tiêu thụ và giảm lượng phương tiện khí thải... Tuy nhiên, việc sản xuất và đưa xe tự hành vào thị trường thương mại của nhà sản xuất đang ở mức độ tự hành cấp độ 3 (người điều khiển xe là cần thiết, nhưng không bắt buộc). Người lái xe luôn sẵn sàng giám sát môi trường phương tiện khi có thông báo) [5]. Một hệ thống phương tiện tự hành giải quyết nhiều bài toán phức tạp, chẳng hạn như (1) định vị điểm xuất phát, điểm kết thúc và tìm đường đi tối ưu nhất để đi từ điểm đầu đến điểm cuối phương tiện sử dụng hệ thống camera và cảm biến.

Bài báo này sẽ tập trung vào các vấn đề chính liên quan đến hệ thống hỗ trợ điều hướng một ô tô di chuyển đúng làn đường và tuyến đường trong môi trường. Trong mô phỏng, hệ thống cũng đưa ra các quyết định tự hành và hỗ trợ nhận diện các vật cản trên đường giao thông và người ngồi trong xe. Trong đó, một trong những công nghệ là thuật toán điều khiển giám sát đường dẫn quan trọng của hệ thống hỗ trợ tự hành. Thuật toán điều khiển giám sát này phải đảm bảo việc giám sát đường đi chính xác, đảm bảo sự thoải mái khi lái xe khi phương tiện thay đổi hướng lái xe, đảm bảo

vị trí và hướng của phương tiện. Nhiều nhà khoa học quan tâm đến việc nghiên cứu công nghệ đỗ xe tự động đang đề xuất các thuật toán điều khiển liên tục cả trong lĩnh vực lý thuyết và thực tiễn. Tài liệu [6] đề xuất một phương pháp điều khiển đường đỗ xe tự động xem xét độ trễ thời gian. Phương pháp này sẽ giải quyết vấn đề của mô hình điều khiển của hệ thống bãi đỗ xe tự động truyền thống không liên quan đến thời gian, ảnh hưởng đến độ trễ điều khiển phương tiện. Một nghiên cứu khác [7] đã đề xuất một hệ thống hỗ trợ đỗ xe bán tự động dựa trên khu vực điều hướng lái xe. Khu vực này có thể sử dụng cảm biến cảm nhận môi trường để nhận dạng thông tin về môi trường trong thời gian thực và tối ưu các đường đỗ xe để giảm va chạm.

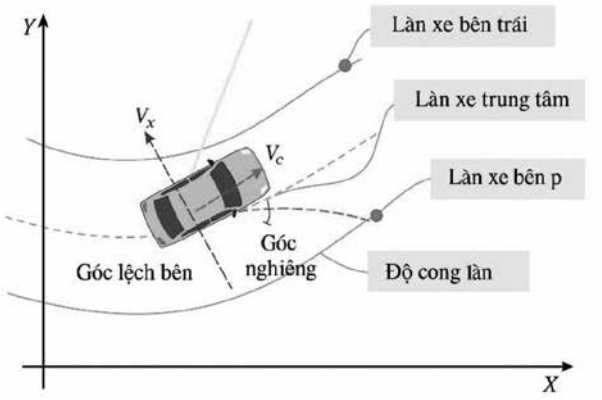
Theo một nghiên cứu khác [8], một bộ điều khiển logic mờ hỗ trợ đỗ xe tự động khởi động cần một mô hình để theo dõi đường đỗ xe. Ngoài ra, có thể sử dụng nghiên cứu [9] cải thiện kết hợp điều khiển mờ và nơ-ron. Bộ điều khiển này chỉ cần biết cấu hình bãi đỗ xe sẽ giám sát phương tiện mô hình động lực học phương tiện được bộ điều khiển dự báo (MPC) sử dụng để dự đoán cách phương tiện sẽ phản ứng với một hành động điều khiển một phần của phạm vi dự báo. Hành vi này giống như việc người lái xe hiểu và dự đoán những gì sẽ xảy ra, sự nhạy cảm của phương tiện của người lái xe. Để tính toán các chuyển động điều khiển tối ưu, bộ điều khiển MPC này phải tính đến tất cả các ràng buộc đầu vào và đầu ra có trong hệ thống, chẳng hạn như giới hạn tốc độ, khoảng cách an toàn sau, giới hạn vật lý của ảnh hưởng đến bộ điều khiển để tránh [10-12]. Các thuật toán trên có thể điều khiển và giám sát các đường dẫn, đỗ xe và xử lý các lỗ hổng tự động hóa phương tiện khi cần thiết.

Bài báo này trình bày thiết kế một bộ điều khiển thông minh ứng dụng phương pháp học tăng cường và thuật toán đào tạo mạng nơ-ron học sâu Q-learning cho xe tự hành. Khả năng tự động trích xuất đặc trưng từ dữ liệu đầu vào là một ưu điểm chính của mạng DQL. Để xác định hành động hàm giá trị và kết quả là một chính sách, phương pháp DQN sử dụng công cụ xấp xỉ hàm và học Q. Trong mỗi trạng thái đầu vào, hành vi của tác tử cho tác tử biết hành động nào nên được thực hiện. Một số bài toán đã được giải quyết bằng cách sử dụng tính phi tuyến của các bộ xấp xỉ, chẳng hạn như mạng nơ-ron, trong đó các thuật toán học tăng cường không có mô hình được sử dụng trong không gian hành động và trạng thái liên tục nhiều chiều. Bởi vì chúng có khả năng hội tụ tốt hơn, các phương pháp gradient chính sách thường được sử dụng [13-15]. Ưu điểm của DQN này cho phép xe tự hành tránh va chạm với chướng ngại vật. Thuật toán mạng nơ-ron học sâu (DQN) là một phương pháp học tăng cường không theo chính sách và không có mô hình, được cung cấp trực tuyến. Để ước tính giá trị phần thưởng trong tương lai, tác tử DQN sử dụng giá trị huấn luyện. Để thực hiện giải pháp này cần tạo ra một tác tử tự hành có khả năng chánh chướng ngại vật tĩnh và di chuyển theo mô trường vật lý thực. Mô phỏng MATLAB/SIMULINK sẽ chứng minh tính đúng đắn lý thuyết và giả pháp điều khiển đề xuất.

Bài báo được chia thành 5 phần chính. Nghiên cứu về xe tự hành được giới thiệu trong phần thứ nhất. Mô hình toán học cho xe ô tô được trình bày trong phần tiếp theo. Dựa vào mô hình toán học này để thiết kế bộ điều khiển xe di chuyển và tránh chướng ngại vật của phương pháp học tăng cường với thuật toán DQN trong Phần 3. Phần 4 chứng minh tính đúng đắn của giải pháp điều khiển bằng cách sử dụng mô phỏng MATLAB/SIMULINK. Cuối cùng, bài báo đưa ra kết luận về các yếu tố chính của giải pháp xe tự hành đề xuất, cũng như các hướng tiếp theo cho nghiên cứu tiếp theo.

2. MÔ HÌNH TOÁN HỌC XE Ô TÔ

Mô hình xe ô tô hình chữ nhật có chiều dài 5 m và chiều rộng 2 m, như thể hiện trong Hình 1. Xe ô tô được hỗ trợ vượt chướng ngại vật bằng cảm biến Lidar. Cảm biến này đo khoảng cách giữa chướng ngại vật trong cùng làn đường và chướng ngại vật phía trước xe. Chướng ngại vật có thể là tĩnh, chẳng hạn như một cái hố lớn hoặc di chuyển, chẳng hạn như một phương tiện đang di chuyển chậm. Tạm thời chuyển sang làn đường khác, vượt qua chướng ngại vật và quay trở lại làn đường ban đầu là hành động phổ biến nhất của người lái xe.



Hình 1. Mô hình tọa độ xe ô tô

Mô hình phi tuyến tính đơn giản để mô tả động lực học ô tô như công thức (1):

$$\begin{aligned} \dot{x} &= \cos(\theta)v \\ \dot{y} &= \sin(\theta)\,v \\ \dot{\theta} &= (tan(\delta)\,C_L).v \\ \dot{v} &= 0.5T \end{aligned} \quad (1)$$

Theo Jacobian về mô hình trạng thái phi tuyến được sử dụng để xây dựng mô hình dự báo tuyến tính tại điểm vận hành được xây dựng công thức (2):

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -v\sin(\theta).\theta + \cos(\theta).v \\ \dot{y} &= \mathrm{v}.\cos(\theta).\theta + \sin(\theta)\,v \\ \dot{\theta} &= (tan(\delta)\,C_L).v + (v(\tan(\delta^2)+1)/(tan(\delta)\,C_L).\delta \\ \dot{v} &= 0.5T \end{aligned} \quad (2)$$

Trên Hình 1 nhận thấy mô hình tọa độ xe ô tô có 4 biến trạng thái như: *x,y* - Vị trí trung tâm trục *x, y* của xe ô tô; *v* - Vận tốc của xe ô tô; - Góc nghiêng của ô tô (giá trị *0* khi quay về hướng Đông, ngược chiều kim đồng hồ theo chiều dương).

Và hai biến tương tác: *T* - Van tiết lưu (giá trị dương khi tăng tốc, âm khi giảm tốc); δ - Góc lái (giá trị 0 khi thẳng hàng với ô tô, dương ngược chiều kim đồng hồ); C_L - Chiều dài của xe ô tô.

3. THIẾT KẾ BỘ ĐIỀU KHIỂN HỌC TĂNG CƯỜNG VÀ THUẬT TOÁN DQN

3.1. Q-learning

Ma trận Q được tính toán theo công thức (3), để tác tử biết phải chọn hành động nào để đạt được phần thưởng lớn nhất:

$$Q(s,a)=r(s,a)+ymaxaQ(s',a) \quad (3)$$

Công thức này cho thấy bảng *Q* của hành động *a* tại tập trạng

thái *s* bằng phần thưởng *r(s,a)* cộng với bảng lớn nhất của các trạng thái *s'* tiếp theo khi thực hiện các hành động *a*. Có nghĩa là, tạo ra một ma trận trạng thái-hành động để mỗi trạng thái tác tử chỉ cần tìm hành động nào có bảng lớn nhất. Tuy nhiên, học tăng cường là một quá trình ngẫu nhiên, nên bảng ở thời điểm trước và sau khi thực hiện hành động sẽ khác nhau. Vì vậy, quá trình Q-leaning được xác định theo công thức (4):

$$Q_t(s,a) = Q_{t-1}\, r(s,a) + \alpha TD_t(a,s) \quad (4)$$

Trong đó:

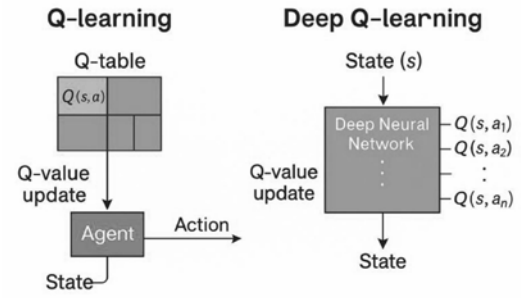
TD_t - Giá trị tức thời được tính toán theo công thức (5):

$$TD_t = R(s,a) + \gamma max_{a'} Q(s',a') - Q_{t-1}(s,a) \quad (5)$$

α - Tốc độ học

3.2. Deep Q-learning

Phương pháp Q-leaning khác Deep Q-learning là thay thế bảng Q trạng thái-hành động bằng một mạng nơ-ron như Hình 2. Phương pháp Q-learning khác với Deep Q-learning (DQL) ở chỗ: thay vì sử dụng một bảng Q truyền thống để lưu trữ giá trị của từng cặp trạng thái - hành động, DQL sử dụng một mạng nơ-ron sâu (deep neural network) để xấp xỉ hàm Q. Điều này giúp giải quyết bài toán không khả thi về mặt bộ nhớ và hiệu suất khi không gian. Trong đó, mạng nơ-ron trong DQL nhận đầu vào là trạng thái hiện tại s_t và đầu ra là một vector chứa giá trị Q tương ứng với tất cả các hành động khả thi tại trạng thái đó. Tác tử sẽ chọn hành động có giá trị Q cao nhất hoặc áp dụng chính sách ε tar get network để cân bằng giữa khám phá và khai thác. Trong quá trình huấn luyện, DQL sử dụng hàm mất mát (loss function) để đo lường sai lệch giữa giá trị Q dự đoán và giá trị Q mục tiêu được tính từ công thức Bellman. Mạng nơ-ron được tối ưu thông qua thuật toán lan truyền ngược (backpropagation) và kỹ thuật gradient descent.



Hình 2. Cấu trúc của phương pháp Q-learning và Deep Q-learning

Tuy nhiên, phương pháp Deep Q-learning là cần xác định hàm mất mát để mạng nơ-ron học được cách ước lượng của bảng *Q* sao cho các hành động một cách chính xác, nên hàm mất mát phải tính được sai số giữa bảng *Q* thực tế và dự đoán. Hàm mất mát được xác định theo công thức 5:

$$Loss = TD^2(a,s).(r + \gamma max_{a'} Q(s',a';\theta') - Q(s,a;\theta))^2 \quad (6)$$

Trong đó: θ - Tham số ngẫu nhiên.

3.2. Xây dựng tập các trạng thái môi trường

Mô hình được thiết lập với các giả thiết sau:

- Tín hiệu hành động góc lái từ tác tử đến tập trạng thái môi trường là từ -15 độ đến 15 độ.

- Các tín hiệu quan sát từ môi trường là độ lệch bên và độ lệch góc nghiêng tương đối e_2, đạo hàm, tích phần của e_1, e_2.

Phần thưởng Reward tại mỗi thời điểm *t* được xác định theo công thức (7):

$$r_t = -(10e_1^2 + 5e_2^2 + 2u^2 + 5e_1^2 + 5e_2^2 \quad (7)$$

Trong đó: u - Tín hiệu vào điều khiển tại chu kỳ trước t-1.

Giao diện có một không gian hành động riêng biệt, nơi tác tử có thể áp dụng một trong 31 góc điều khiển có thể từ -15 độ đến 15 độ. Quan sát là sáu vector sáu chiều chứa độ lệch bên, góc lệch tương đối, cũng như đạo hàm và tích phân của chúng theo thời gian. Để xác định điều kiện ban đầu cho độ lệch bên và góc lệch tương đối, hãy chỉ định chức năng đặt lại môi trường bằng cách thiết lập ngẫu nhiên hóa các giá trị ban đầu cho độ lệch bên và góc lệch tương đối.

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ

Kết quả mô phỏng với các tham số của xe ô tô như sau:

m = 1.575; % tổng khối lượng xe (kg); I_z = 2.875; % mô-men quán tính; l_f = 1,2; % khoảng cách dọc từ trọng tâm đến lốp trước (m); l_r = 1,6; % khoảng cách dọc từ trọng tâm đến lốp sau (m); C_F = 19.000; % độ cứng khi vào cua của lốp trước (N/rad); C_r = 33.000; % độ cứng vào cua của lốp sau (N/rad); V_x = 15; % vận tốc dọc (m/s); Thời gian trích mẫu: T_s= 0,01; Chu kỳ làm việc *T*=15;

DQN thực hiện các bước sau:

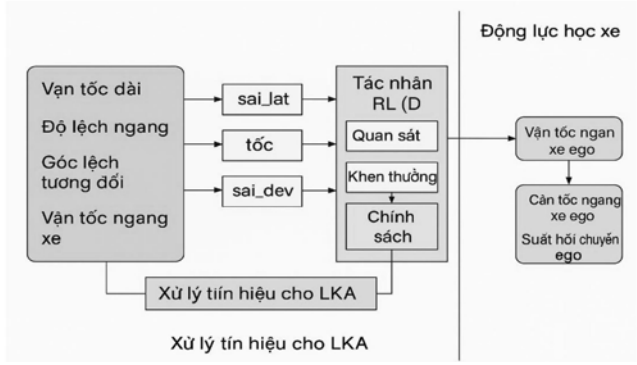
- Tập trạng thái đưa vào mạng một trạng thái *s*; đầu ra là các bảng *Q* của các hành động tương ứng.

- Tác tử chọn hành động bằng một chính sách và thực hiện hành động đó.

- Tập trạng thái trả lại trạng thái *s'* và phần thưởng *r* là kết quả của hành động *a* và lưu [*s, a, r, s'*] vào bộ nhớ.

- Thực hiện mẫu thực nghiệm thành một vài lô và tiến hành đào tạo mạng nơ-ron.

- Quá trình lặp lại đến khi kết thúc M lần học gọi lại hệ số episodes.

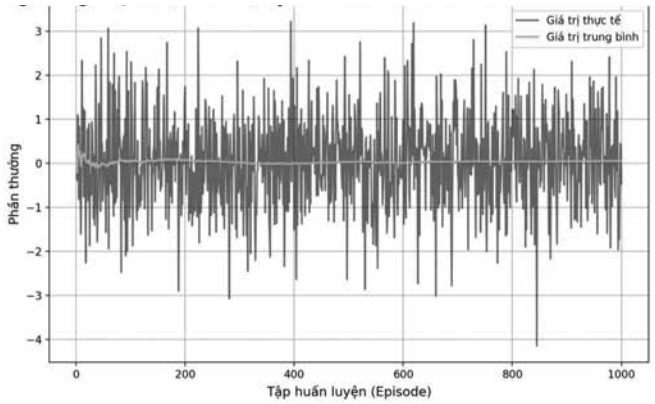


Hình 3. Cấu trúc điều khiển xe tự hành theo học tăng cường-DQL

Cấu trúc điều khiển xe tự hành theo học tăng cường-DQL được mô phỏng theo cấu trúc như Hình 4: Tác tử học tăng cường QNL được tạo bởi mạng nơ-ron bao gồm 1 lớp vào nhận các thông tin từ bộ quan sát và 1 lớp ra. Đây là sơ đồ mô phỏng hệ thống hỗ trợ giữ làn đường (LKA) dựa trên học tăng cường (Reinforcement Learning - RL) cho xe tự hành. Hệ thống bắt đầu với việc thu thập dữ liệu từ cảm biến, bao gồm các thông số như vận tốc dài, độ lệch ngang, góc lệch tương đối và vận tốc ngang xe. Sau đó, các tín hiệu này sẽ được xử lý để tính toán các sai số, bao gồm sai số độ lệch ngang (sai_lat), tốc độ thay đổi của vận tốc ngang (tốc) và sai lệch so với làn đường mong muốn (sai_dev). Các dữ liệu này sẽ được đưa vào tác nhân học tăng cường (RL Agent) để quan sát tình trạng hiện tại

và thực hiện các hành động điều khiển, như điều chỉnh góc lái, để giữ xe trong làn đường. Tác nhân RL nhận phần thưởng từ việc duy trì làn đường thành công và điều chỉnh chính sách hành động của mình. Cuối cùng, các hành động từ tác nhân RL sẽ được đưa vào mô hình động lực học xe, nơi chúng ảnh hưởng đến chuyển động thực tế của xe, giúp xe tự hành điều chỉnh và duy trì sự ổn định trong quá trình di chuyển.

Mạng nơ-ron này được đào tạo theo kinh nghiệm như huấn luyện tác tử số bước lặp steps được thiết lập là 150 trong mỗi lần episode và số lần huấn luyện episode lớn nhất là 5.000. Kết quả học tăng cường DQN được thể hiện qua Hình 4.



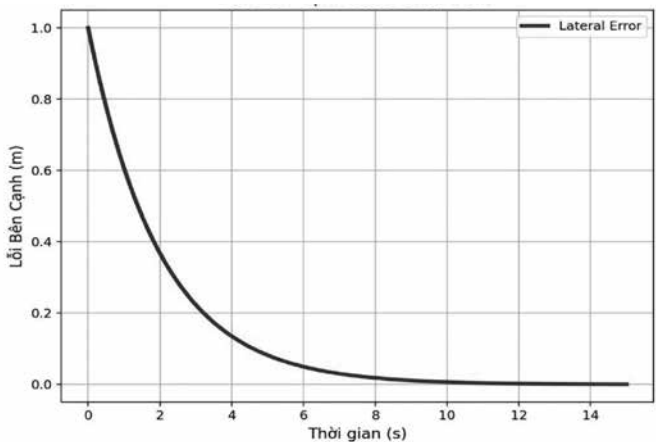
Hình 4. Quá trình huấn luyện của học tăng cường DQL

Dựa vào Hình 4, trung bình số bước qua mỗi episode sau 150 lần thực hiện ngẫu nhiên là ổn định, với thời gian huấn luyện 1.090 giây và phần thưởng trung bình -16,5874. Trong 700 episode đầu, phần thưởng biến động lớn, cho thấy xe chưa tối ưu trong việc tránh chướng ngại vật. Khi số episode tăng, phần thưởng ổn định hơn, chứng tỏ xe dần cải thiện khả năng tự điều chỉnh, ra quyết định chính xác hơn và hiệu quả trong việc tránh vật thể. Số bước đạt mức bão hòa ở khoảng 800 episode, chứng minh xe hoạt động tốt trong môi trường phức tạp và đạt hiệu suất tối đa sau các lần huấn luyện. Điều này khẳng định thuật toán Q-learning được triển khai thành công, giúp xe tự học cách tránh vật thể tĩnh và động, đồng thời hành động tối ưu trong các trạng thái khác nhau của môi trường. Việc tối ưu tham số như learning rate và discount factor cũng đóng vai trò quan trọng trong cải thiện hiệu suất. Hệ thống Q-table hợp lý và hiệu quả giúp xe đưa ra những hành động phù hợp với tình huống, giảm thiểu nguy cơ va chạm.

Ngoài ra, tăng số episode vượt mức 1.500 không cải thiện hiệu suất đáng kể, cho thấy mô hình đã đạt giới hạn huấn luyện trong cấu hình hiện tại. Sự tương đồng giữa kết quả mô phỏng và thử nghiệm thực tế khẳng định thuật toán hoạt động tốt trong cả môi trường ảo và thực, ngay cả khi có yếu tố nhiễu loạn. Kết quả mô phỏng đáp ứng lỗi bên, góc nghiêng tương đối và góc lái xe được thể hiện qua Hình 5, 6, 7.

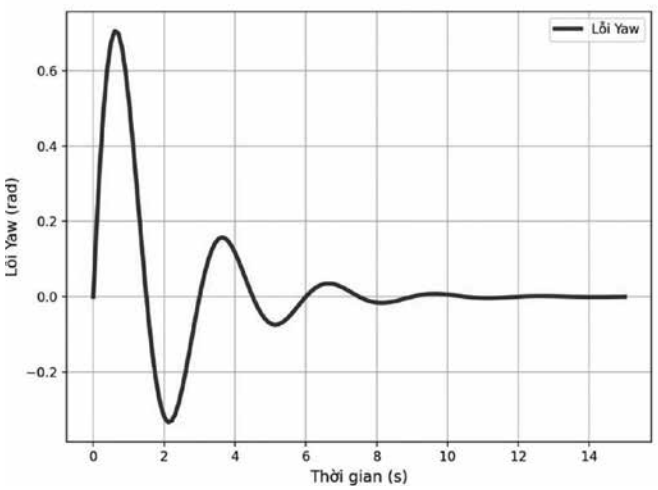
Lỗi yaw (Hình 5) ban đầu dao động mạnh nhưng giảm dần và ổn định ở mức thấp, cho thấy hệ thống có khả năng tự điều chỉnh và duy trì độ chính xác theo thời gian. Tuy nhiên, dao động mạnh lúc đầu phản ánh vấn đề ổn định khởi đầu, có thể do tham số điều khiển chưa được tối ưu. Để khắc phục, cần điều chỉnh các tham số như độ lợi bộ điều khiển (gain) hoặc hằng số thời gian (time constants) thông qua khảo sát thực nghiệm hoặc các thuật toán tối ưu hóa. Đồng thời, phân tích động lực học của hệ thống và yếu tố ngoại cảnh cũng giúp tăng tính ổn định trong điều kiện bất thường. Ngoài ra, tích hợp cơ chế tự động điều chỉnh (adaptive control) có thể hỗ trợ hệ thống tự hiệu chỉnh tham số khi điều kiện thay đổi, giảm dao động ban đầu và nâng cao khả năng thích nghi, độ tin cậy. Đặc biệt, với các ứng dụng đòi hỏi độ chính xác cao, kiểm soát tốt lỗi yaw là yếu tố quan trọng để đảm bảo hiệu năng tổng thể.

Trong thực tế, cần thực hiện thử nghiệm thực địa để đánh giá hiệu quả và khả năng áp dụng trên quy mô lớn. Kế hoạch thử nghiệm chi tiết với nhiều kịch bản sẽ cung cấp cơ sở dữ liệu quan trọng, hỗ trợ quá trình hiệu chỉnh và tối ưu hệ thống.

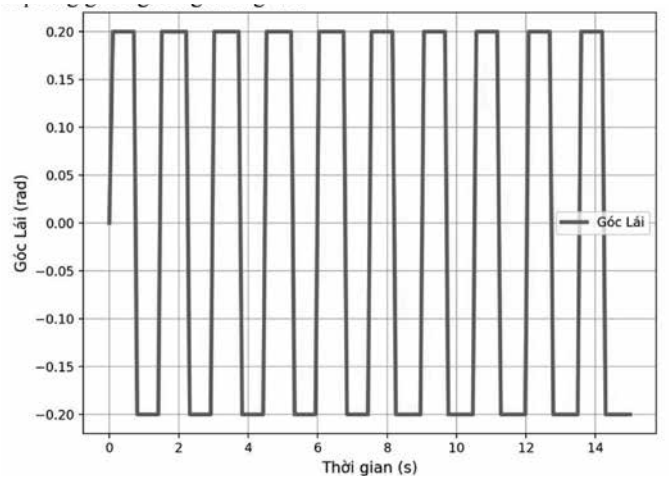


Hình 5. Đáp ứng sai số lỗi bên

Hình 5 trên thể hiện lỗi lệch bên (Lateral Error) của xe tự hành theo thời gian, đây là một chỉ số quan trọng để đánh giá hiệu quả giữ làn của bộ điều khiển. Tại thời điểm ban đầu, xe có sai số lệch bên lớn (khoảng 1,0 m), cho thấy phương tiện đang nằm lệch khỏi làn đường mục tiêu. Tuy nhiên, trong khoảng 5 - 6 giây đầu tiên, lỗi giảm nhanh theo dạng hàm mũ và tiệm cận về gần 0 sau đó, cho thấy bộ điều khiển đã học được chính sách điều chỉnh tối ưu. Đường cong không xuất hiện dao động hay vượt quá (overshoot), phản ánh khả năng điều khiển ổn định và chính xác. Kết quả này chứng minh rằng bộ điều khiển học tăng cường (DQL) có hiệu suất cao trong việc giữ xe ổn định trong làn, đảm bảo an toàn và tính thoải mái khi vận hành.



Hình 6. Đáp ứng góc nghiêng tương đối



Hình 7. Đáp ứng góc lái xe

Hình 7 thể hiện sự dao động của góc lái (steer angle) theo thời gian từ 0 đến 15 giây, với các bước nhảy rõ rệt giữa +0,2 rad và -0,2 rad. Góc lái thay đổi theo chu kỳ, có vẻ như hệ thống điều khiển đang sử dụng một chiến lược điều khiển dạng bang-bang, nơi góc lái chuyển đổi nhanh chóng giữa các giá trị cực đại. Điều khiển góc lái: Hệ thống điều khiển đang áp dụng các bước nhảy đồng đều, chuyển đổi giữa các giá trị cực đại. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng nếu không có các cơ chế giảm chấn bổ sung hoặc hệ thống bù trừ, dạng điều khiển này có thể dẫn đến hiện tượng rung lắc quá mức, gây ảnh hưởng đến độ ổn định và tăng khả năng xảy ra các sai lệch nhỏ tích lũy trong quá trình vận hành dài hạn. Một phân tích bổ sung về hiệu quả của cách tiếp cận này trong từng điều kiện cụ thể sẽ là cần thiết để đánh giá tối ưu hóa chiến lược hiện tại.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày thành công thiết kế bộ điều khiển thông minh tích hợp phương pháp học tăng cường và học sâu RL-DQL cho xe tự hành. Bộ điều khiển đề xuất cho phép phương tiện di chuyển ổn định và tránh chướng ngại vật hiệu quả với thời gian tính toán nhanh, đáp ứng tốt các yêu cầu vận hành trong môi trường mô phỏng. Kết quả nghiên cứu đóng góp tích cực vào lĩnh vực giao thông thông minh, góp phần nâng cao hiệu quả điều khiển phương tiện tự động, hỗ trợ người điều khiển và các cơ quan quản lý giao thông. Tuy nhiên, do đặc thù tính toán của thuật toán RL-DQL, hệ thống vẫn cần tối ưu thêm về hiệu năng tính toán để đáp ứng các yêu cầu thời gian thực. Trong tương lai, bộ điều khiển sẽ được triển khai kiểm chứng thông qua các thử nghiệm thực địa nhằm đánh giá khả năng ứng dụng thực tế và độ tin cậy của hệ thống trong các điều kiện vận hành đa dạng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Obstacle Avoidance Planning of Autonomous Vehicles Using Deep Reinforcement Learning, SAGE Journals, 2022, https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/16878132221139661.

[2]. Double Deep Q-Learning and Faster R-CNN-Based Autonomous Navigation, MDPI Sensors, 2021, https://www.mdpi.com/1424-8220/21/4/1468.

[3]. Deep Reinforcement Learning in Autonomous Car Path Planning and Control. arXiv, 2024, https://arxiv.org/html/2404.00340.

[4]. Deep Q-Network Implementation for Simulated Autonomous Vehicle Control. IET Research, 2021, https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049.

[5]. Deep Reinforcement Learning for a Self-Driving Vehicle Operating in a Simulated Environment, MDPI Electronics, 2023, https://www.mdpi.com/2079-9292/14/5/825.

[6]. Obstacles Avoidance of Self-driving Vehicle Using Deep Reinforcement Learning, ResearchGate, 2021, https://www.researchgate.net/publication/36147.

[7]. Deep Reinforcement Learning for Collision Avoidance of Autonomous Vehicle, ResearchGate, 2021, https://www.researchgate.net/profile/Chen-Chiung.

[8]. Reinforcement Learning for Online Testing of Autonomous Driving Systems, Springer, 2024, https://link.springer.com/article/10.1007/s10664-024-10562-5.

[9]. A Deep Reinforcement Learning Approach for Autonomous Driving Decision-Making, ScienceDirect, 2021, https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589632100272.

[10]. Deep Reinforcement Learning for Autonomous Driving with an Attention Mechanism, PMC, 2023, https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10818910.

[11]. Reinforcement Learning Decision-Making for Autonomous Driving, ACM Digital Library, 2024, https://dl.acm.org/doi/10.1145/3675417.3675561.

[12]. Reinforcement Learning Decision-Making for Autonomous Vehicles with Semantic Segmentation, MDPI Applied Sciences, 2023, https://www.mdpi.com/2076-3417/15/3/1323.

[13]. Deep Reinforcement Learning for Autonomous Driving in Amazon Web Services DeepRacer. Springer, 2020, https://link.springer.com/article/10.1007/s10489-019-01648-6.

[14]. A Review of Deep Reinforcement Learning for Autonomous Driving Applications, IEEE Access, 2019, https://ieeexplore.ieee.org/document/8759920.

[15]. Safe Reinforcement Learning for Autonomous Vehicles: A Survey, IEEE Transactions, 2021.

■Ngày nhận bài: 18/3/2025 ■Ngày sửa bài: 10/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2025

Nghiên cứu phân tích và trích xuất đặc trưng dữ liệu giao thông từ camera giám sát phục vụ cho mô hình dự báo lưu lượng

Research on analyzing and extracting traffic data features from surveillance cameras for traffic forecasting model

> TS. PHẠM THỊ LÝ
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: ptlydk@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Nội dung bài báo đưa ra chương trình và kết quả của việc phân tích bộ dữ liệu được thu thập từ camera giao thông bao gồm 2.976 bản ghi dưới định dạng tệp CSV, bao gồm 9 trường thông tin. Kết quả của nghiên cứu đã phân tích và tìm ra được loại phương tiện chi phối tổng thể của hệ thống; phân tích được lưu lượng giao thông theo thời gian với hành vi đi lại hàng ngày của người tham gia giao thông, bao gồm việc di chuyển đến và rời khỏi nơi làm việc; phân tích được sự phân bố các tình huống giao thông, cho thấy trạng thái lưu thông phổ biến trong tập dữ liệu giúp cho việc đánh giá mức độ thách thức của bài toán dự báo lưu lượng giao thông và hiệu suất của mô hình. Ngoài ra, nghiên cứu cũng trích chọn được đặc trưng của dữ liệu giúp giảm độ phức tạp, cải thiện độ chính xác, giảm rủi ro overfitting, biết feature nào ảnh hưởng mạnh nhất đến kết quả, giúp phân tích sâu hơn cho mô hình dự báo lưu lượng giao thông sẽ triển khai.

Từ khóa: Lưu lượng giao thông, mô hình dự báo, phân tích dữ liệu, dữ liệu lớn, trí tuệ nhân tạo.

ABSTRACT

The paper presents the program and results of the analysis of a data set collected from traffic cameras including 2976 records in CSV file format, including 9 information fields. The results of the study analyzed and found the type of vehicle that is the majority at the intersection; analyzed real-time traffic flow with daily travel behavior of traffic participants including moving to and from work; analyzed the distribution of traffic situations, showing common traffic states in the data set to help assess the level of challenge of the traffic forecasting problem and the performance of the model. In addition, the study also extracted data features to reduce complexity, improve accuracy, reduce the risk of overfitting, know which features have the strongest influence on the results, helping to further analyze the traffic forecasting model to be deployed.

Keywords: Traffic flow, forecasting model, data analysis, Big data, artificial intelligence.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những năm gần đây, cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ và đặc biệt là kỹ thuật trí tuệ nhân tạo đã giúp mọi mặt trong đời sống trở nên dễ dàng hơn. Trong đó, lĩnh vực GTVT cũng không ngoại lệ. Để áp dụng các thuật toán trí tuệ nhân tạo vào việc điều khiển luồng tín hiệu giao thông tại các nút giao thì rất cần thiết phải thu thập bộ dữ liệu lớn và phân tích, lựa chọn đặc tính phù hợp cho việc triển khai các thuật toán [1-12]. Việc phân tích dữ liệu đóng vai trò quan trọng, biến dữ liệu "thô" được thu thập, phân tích thành thông tin có giá trị. Với hàng triệu bản ghi giao thông, sau khi được phân tích dữ liệu sẽ phát hiện được thời điểm và địa điểm hay tắc đường để từ đó có phương án điều chỉnh phù hợp. Dựa trên việc phân tích dữ liệu từ bộ dữ liệu lớn, các quyết định sẽ không còn cảm tính mà dựa trên bằng chứng rõ ràng giúp giảm thiểu rủi ro, nâng cao độ tin cậy cho các chiến lược. Dữ liệu lịch sử kết hợp với các mô hình phân tích có thể cho phép dự báo xu hướng, giúp chuẩn bị trước kế hoạch, tránh bị động (ví dụ dự đoán lưu lượng xe mùa lễ, tết để điều tiết giao thông trước). Phân tích dữ liệu sẽ giúp phát

hiện những điểm bất cập cần phải cải thiện giúp doanh nghiệp vận tải tổ chức hoạt động hiệu quả hơn, chi phí thấp hơn (ví dụ phân tích hành trình xe buýt để tối ưu hóa lịch trình, tiết kiệm nhiên liệu). Phân tích dữ liệu thu thập từ hệ thống camera giao thông giúp giám sát giao thông theo thời gian thực nhằm phát hiện kịp thời các sự cố như tai nạn, tắc đường, xe vi phạm giao thông; dự đoán tắc nghẽn từ đó đưa ra điều chỉnh đèn tín hiệu, phân luồng giao thông hợp lý và quản lý ùn tắc giao thông. Ngoài ra, khi phân tích dữ liệu từ camera giao thông có thể xác định mật độ xe theo từng tuyến, từng khung giờ, giúp cơ quan quản lý lên kế hoạch tổ chức giao thông tốt hơn… Bài báo đưa ra một nghiên cứu xây dựng hệ thống phân tích dữ liệu cho bộ dữ liệu thu thập từ camera giám sát giao thông, có định dạng CSV, 2976 bản ghi, 9 trường thông tin phục vụ cho mô hình dự báo.

2. NỘI DUNG

2.1. Mô tả dữ liệu

Tập dữ liệu được sử dụng trong nghiên cứu có nguồn gốc từ camera giám sát giao thông có ứng dụng mô hình thị giác máy tính [3]. Bộ dữ liệu được lưu trữ trong 2.976 bản ghi dưới định dạng tệp CSV, bao gồm 9 trường thông tin. Các cột bổ sung như thời gian tính theo giờ, ngày, ngày trong tuần và số lượng cho từng loại phương tiện (CarCount, BikeCount, BusCount, TruckCount). Cột "Tổng" biểu thị tổng số lượng của tất cả các loại phương tiện được phát hiện trong khoảng thời gian 15 phút. Bộ dữ liệu được cập nhật sau mỗi 15 phút, cung cấp chế độ xem toàn diện về các mô hình giao thông trong suốt một tháng. Ngoài ra, bộ dữ liệu bao gồm một cột chỉ ra tình hình giao thông được phân loại thành bốn loại: 1 - Heavy, 2 - High, 3 - Normal và 4 - Low. Thông tin này có thể giúp đánh giá mức độ nghiêm trọng của tình trạng tắc nghẽn và theo dõi tình trạng giao thông tại các thời điểm và ngày khác nhau trong tuần.

	Time	Date	Day of the week	CarCount	BikeCount	BusCount	TruckCount	Total	Traffic Situation
0	12:00:00 AM	10	Tuesday	31	0	4	4	39	low
1	12:15:00 AM	10	Tuesday	49	0	3	3	55	low
2	12:30:00 AM	10	Tuesday	46	0	3	6	55	low
3	12:45:00 AM	10	Tuesday	51	0	2	5	58	low
4	1:00:00 AM	10	Tuesday	57	6	15	16	94	normal
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
2971	10:45:00 PM	9	Thursday	16	3	1	36	56	normal
2972	11:00:00 PM	9	Thursday	11	0	1	30	42	normal
2973	11:15:00 PM	9	Thursday	15	4	1	25	45	normal
2974	11:30:00 PM	9	Thursday	16	5	0	27	48	normal
2975	11:45:00 PM	9	Thursday	14	3	1	15	33	normal

2976 rows × 9 columns

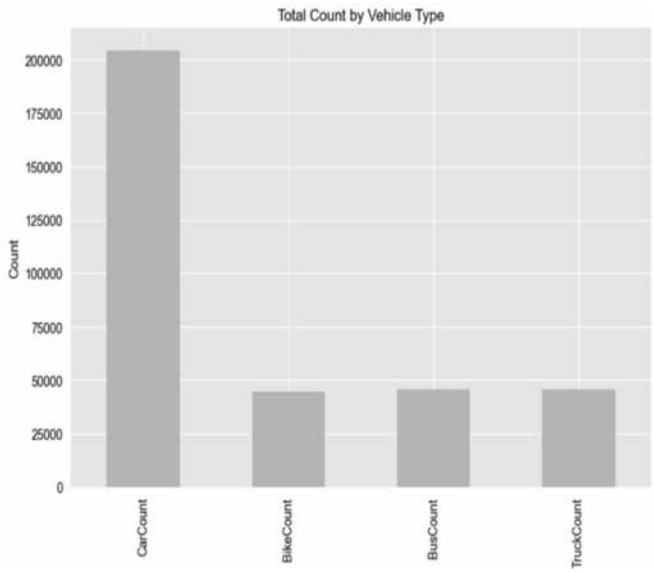
Hình 1. Bộ dữ liệu giao thông dùng cho hệ thống phân tích dữ liệu

2.2. Phân tích dữ liệu

1. Thống kê số lượng phương tiện

Chương trình:

```
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
%matplotlib inline
# Set the style for better aesthetics
plt.style.use('seaborn-v0_8')
fig, axes = plt.subplots(2, 2, figsize=(16, 12))
# 1. Distribution of vehicle types// Loại phương tiện giao thông
vehicle_data = traffic_data[['CarCount', 'BikeCount', 'BusCount', 'TruckCount']].sum()
vehicle_data.plot(kind='bar', ax=axes[0, 0], color='skyblue')
axes[0, 0].set_title('Total Count by Vehicle Type')
axes[0, 0].set_ylabel('Count')
```



Hình 2. Tổng số lượng theo loại phương tiện

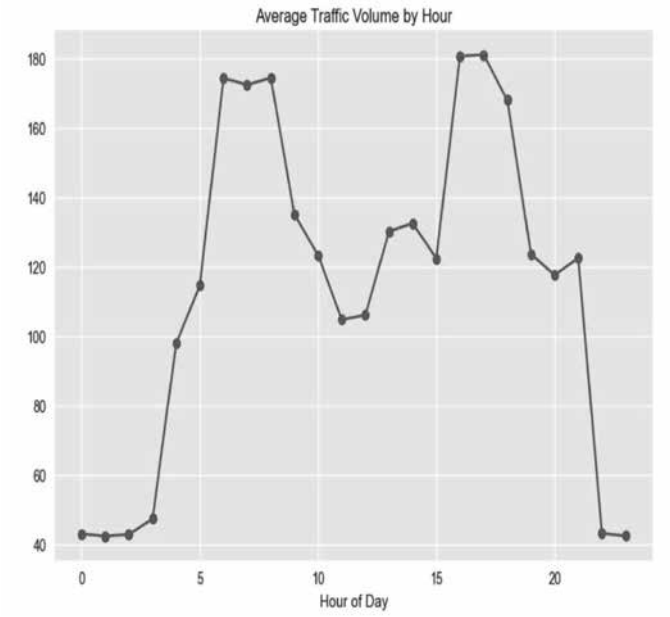
Trên biểu đồ kết quả "Tổng số lượng theo loại phương tiện", chỉ ra thành phần của dòng giao thông dựa trên phân loại phương tiện. Trong đó, loại phương tiện "Car" (ô tô con) chiếm số lượng lớn hơn so với các loại phương tiện khác như "Bike" (xe máy/xe đạp), "Bus" (xe buýt) và "Truck" (xe tải). Sự phân bố không đồng đều này cho thấy ô tô con là thành phần chính chi phối lưu lượng tổng thể, điều này có thể ảnh hưởng đến đặc điểm của dòng giao thông và cần được xem xét khi phân tích hoặc mô hình hóa, đặc biệt nếu mô hình có khả năng phân biệt các loại phương tiện.

2. Lưu lượng giao thông trung bình theo giờ

Chương trình:

```
traffic_data['Hour'] = pd.to_datetime(traffic_data['Time']).dt.hour
hourly_traffic = traffic_data.groupby('Hour')['Total'].mean()
hourly_traffic.plot(kind='line', ax=axes[0, 1], marker='o', color='green')
axes[0, 1].set_title('Average Traffic Volume by Hour')
axes[0, 1].set_xlabel('Hour of Day')
axes[0, 1].set_ylabel('Average Vehicle Count')
```

Phân tích lưu lượng giao thông theo thời gian là yếu tố cốt lõi trong dự báo. Biểu đồ "Lưu lượng giao thông trung bình theo giờ" thể hiện rõ ràng tính chu kỳ hàng ngày đặc trưng của giao thông đô thị. Đường biểu diễn cho thấy lưu lượng thấp nhất vào ban đêm, bắt đầu tăng dần từ sáng sớm và đạt đỉnh điểm đầu tiên vào khoảng giờ đi làm buổi sáng (khoảng 7 - 9 giờ). Sau đó, lưu lượng giảm xuống vào giữa ngày và tăng trở lại, đạt đỉnh điểm thứ hai và thường là cao nhất vào giờ tan tầm buổi chiều/tối (khoảng 16 - 18 giờ), trước khi giảm nhanh chóng vào cuối ngày. Mẫu hình này phản ánh hành vi đi lại hàng ngày của người dân, bao gồm việc di chuyển đến và rời khỏi nơi làm việc, là đặc điểm quan trọng cần được nắm bắt bởi mô hình dự báo.



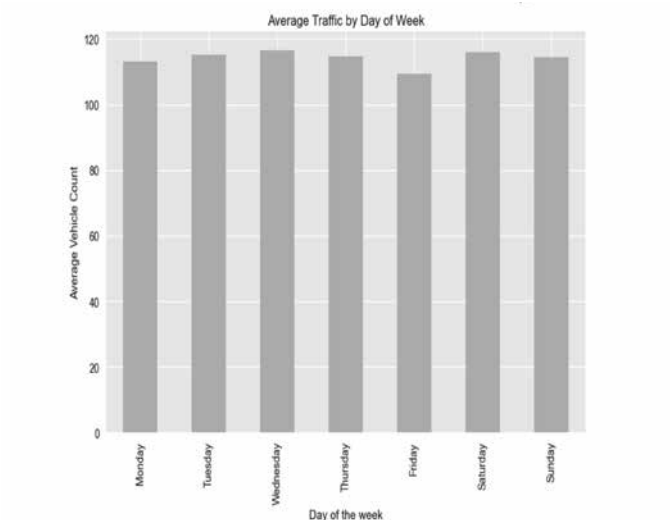
Hình 3. Lưu lượng giao thông trung bình theo giờ

3. Lưu lượng giao thông trung bình theo ngày trong tuần

Chương trình:

```
day_order = ['Monday', 'Tuesday', 'Wednesday', 'Thursday', 'Friday', 'Saturday', 'Sunday']
day_traffic = traffic_data.groupby('Day of the week')['Total'].mean()
day_traffic = day_traffic.reindex(index=[d for d in day_order if d in day_traffic.index])
day_traffic.plot(kind='bar', ax=axes[1, 0], color='orange')
axes[1, 0].set_title('Average Traffic by Day of Week')
axes[1, 0].set_ylabel('Average Vehicle Count')
```

Kết quả đạt được như trên Hình 3:



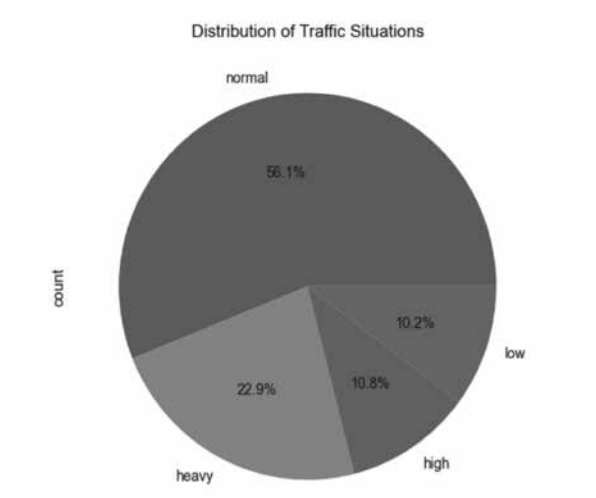
Hình 4. Lưu lượng giao thông trung bình theo ngày trong tuần

Ngoài biến động hàng ngày, lưu lượng giao thông còn thể hiện sự khác biệt giữa các ngày trong tuần. Biểu đồ "Lưu lượng giao thông trung bình theo ngày trong tuần" cho thấy sự biến động của lưu lượng trung bình từ thứ hai đến chủ nhật. Thông thường, các ngày trong tuần (thứ hai đến thứ sáu) có xu hướng có lưu lượng trung bình cao hơn do hoạt động đi lại phục vụ công việc và học tập. Cuối tuần (thứ bảy và chủ nhật) có thể có lưu lượng khác biệt, tùy thuộc vào mục đích của các chuyến đi (mua sắm, giải trí...). Phân tích này giúp xác định liệu có cần xử lý riêng dữ liệu ngày thường và cuối tuần hay không trong quá trình dự báo.

4. Phân bố tình trạng giao thông

Chương trình:

```
traffic_data['Traffic Situation'].value_counts().plot(kind='pie', ax=axes[1, 1], autopct='%1.1f%%')
axes[1, 1].set_title('Distribution of Traffic Situations')
plt.tight_layout()
plt.show()
```



Hình 5. Phân bố các tình huống giao thông

Kết quả cho ra biểu đồ "Phân bố các tình huống giao thông" cung cấp cái nhìn tổng quan về trạng thái lưu thông phổ biến trong tập dữ liệu. Biểu đồ tròn này phân loại lưu lượng thành các tình huống như "normal" (bình thường), "low" (thấp), "high" (cao) và "heavy" (rất cao/ùn tắc nặng). Tỷ lệ phần trăm của mỗi lát cắt cho biết tần suất xuất hiện của từng tình huống. Ví dụ, nếu tình huống "normal" chiếm tỷ lệ lớn nhất, điều này cho thấy phần lớn thời gian giao thông diễn ra ở mức bình thường. Ngược lại, tỷ lệ cao của "high" hoặc "heavy" có thể chỉ ra rằng dữ liệu bao gồm nhiều trường hợp ùn tắc. Thông tin này hữu ích cho việc đánh giá mức độ thách thức của bài toán dự báo và có thể ảnh hưởng đến việc lựa chọn tiêu chí đánh giá hiệu suất mô hình.

Các biểu đồ phân tích dữ liệu ban đầu này cung cấp những hiểu biết sâu sắc về đặc điểm của lưu lượng giao thông nền, bao gồm thành phần phương tiện, tính chu kỳ theo giờ và ngày và phân bố các mức độ tắc nghẽn. Những thông tin này là nền tảng quan trọng để hiểu rõ dữ liệu, xác định các yếu tố ảnh hưởng chính đến lưu lượng và xây dựng/đánh giá các mô hình dự báo lưu lượng giao thông một cách hiệu quả.

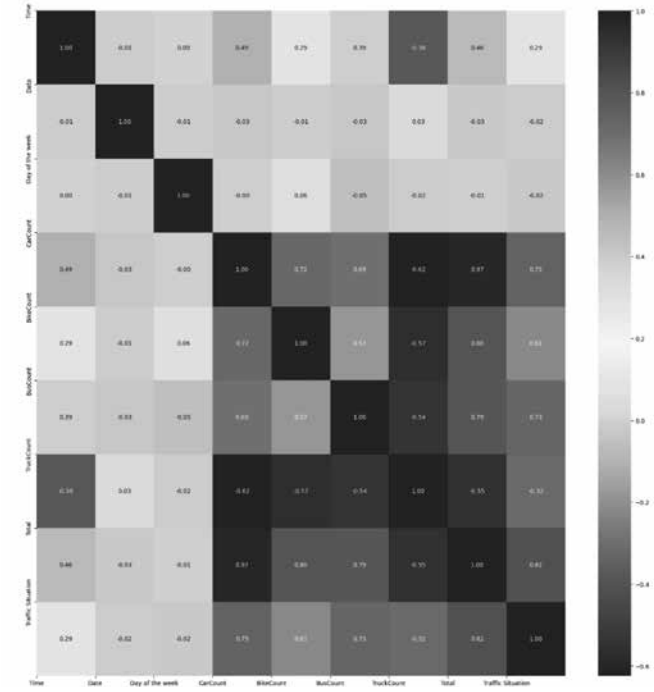
2.3. Trích chọn đặc trưng dữ liệu

```
# Create a correlation matrix for the vehicle counts and total traffic
corr_matrix = traffic_data[['CarCount', 'BikeCount', 'BusCount', 'TruckCount', 'Total']].corr()
# Plot the correlation heatmap
```

```
plt.figure(figsize=(10, 8))
heatmap = sns.heatmap(corr_matrix, annot=True, cmap='coolwarm', vmin=-1, vmax=1)
plt.title('Correlation Between Vehicle Types and Total Traffic')
plt.tight_layout()
# Create a composite traffic pattern analysis
fig, axes = plt.subplots(1, 2, figsize=(16, 6))
# 1. Stacked area chart of vehicle composition over the day
hourly_composition = traffic_data.groupby('Hour')[['CarCount', 'BikeCount', 'BusCount', 'TruckCount']].mean()
hourly_composition.plot.area(stacked=True, ax=axes[0],
                             color=['#4e79a7', '#f28e2c', '#e15759', '#76b7b2'])
axes[0].set_title('Vehicle Composition by Hour of Day')
axes[0].set_xlabel('Hour')
axes[0].set_ylabel('Average Count')
axes[0].legend(loc='upper right')
# 2. Traffic situation by hour
traffic_situation_hour = traffic_data.groupby(['Hour', 'Traffic Situation']).size().unstack().fillna(0)
traffic_situation_hour.plot(kind='bar', stacked=True, ax=axes[1],
                            color=['#59a14f', '#f1ce63', '#e15759'])
axes[1].set_title('Traffic Situation Distribution by Hour')
axes[1].set_xlabel('Hour of Day')
axes[1].set_ylabel('Count')
plt.tight_layout()
plt.show()
# Calculate percentage of each vehicle type in total traffic
traffic_data['CarPercent'] = traffic_data['CarCount'] / traffic_data['Total'] * 100
traffic_data['BikePercent'] = traffic_data['BikeCount'] / traffic_data['Total'] * 100
traffic_data['BusPercent'] = traffic_data['BusCount'] / traffic_data['Total'] * 100
traffic_data['TruckPercent'] = traffic_data['TruckCount'] / traffic_data['Total'] * 100
# Show summary statistics of vehicle percentages
vehicle_percentage_summary = traffic_data[['CarPercent', 'BikePercent', 'BusPercent', 'TruckPercent']].describe()
display(vehicle_percentage_summary)
```

Trích chọn đặc trưng dữ liệu để đánh giá mối quan hệ giữa các biến thông qua biểu đồ ma trận tương quan, được trình bày dưới dạng heatmap (Hình 5). Biểu đồ này hiển thị hệ số tương quan Pearson giữa tất cả các cặp biến trong tập dữ liệu, bao gồm Time (giờ trong ngày), Date (ngày tháng), Day of the week (ngày trong tuần), số lượng của từng loại phương tiện (ô tô, xe máy/xe đạp, xe buýt, xe tải), tổng số lượng phương tiện và tình huống giao thông. Giá trị trong mỗi ô của ma trận thể hiện cường độ và chiều của mối quan hệ tuyến tính giữa hai biến tương ứng.

Từ Hình 5, phân tích mối tương quan giữa các loại phương tiện riêng lẻ với tổng số lượng phương tiện cho thấy được cấu trúc của dòng giao thông. Hệ số tương quan rất cao giữa Car Count và Total (0,97) cho thấy ô tô con là thành phần chiếm tỷ trọng lớn nhất và có sự biến động gần gũi nhất với tổng lưu lượng. Bike Count cũng cho thấy tương quan mạnh với Total (0.89), trong khi Bus Count (0,79) và Truck Count (0,73) có mức độ tương quan với Total thấp hơn một chút. Điều này củng cố nhận định từ biểu đồ tổng số lượng theo loại phương tiện và chỉ ra rằng các mô hình dự báo lưu lượng tổng thể có thể được chi phối chủ yếu bởi hành vi của ô tô con và xe máy/xe đạp. Mối tương quan thuận mạnh nhưng không quá cao giữa các loại phương tiện với nhau (ví dụ: Car Count với Bike Count là 0,72) cho thấy mặc dù chúng có xu hướng biến động cùng chiều, nhưng mức độ đồng bộ không hoàn toàn tuyệt đối, phản ánh sự khác biệt trong mục đích và thời gian di chuyển của từng loại phương tiện.



Hình 6. Biểu đồ nhiệt phục vụ trích chọn đặc trưng

Tiếp theo, xem xét mối quan hệ của các yếu tố thời gian với lưu lượng. Biến Time (giờ trong ngày) có mối tương quan thuận ở mức trung bình với các biến đếm số lượng phương tiện (khoảng 0,30 đến 0,45) và với tổng số lượng phương tiện (0,48). Mặc dù không phải là tương quan rất mạnh (gần 1), giá trị tương quan này cho thấy có một xu hướng tăng lưu lượng tuyến tính chung trong ngày (ví dụ: từ sáng đến chiều tối). Tuy nhiên, hệ số tương quan này có thể không hoàn toàn phản ánh đúng bản chất phi tuyến tính của biến động lưu lượng theo giờ (với các đỉnh và đáy rõ rệt), mà chủ yếu bắt giữ xu hướng tổng thể. Điều này ngụ ý rằng các mô hình dự báo cần có khả năng nắm bắt các mẫu hình phi tuyến tính và tính chu kỳ theo giờ chứ không chỉ dựa vào mối quan hệ tuyến tính đơn giản với biến "Time". Mặt khác, biến Day of the week cho thấy mối tương quan rất yếu hoặc gần như không có với tất cả các biến đếm số lượng và Tổng lưu lượng (hệ số rất gần 0). Điều này khá bất ngờ nếu chúng ta kỳ vọng lưu lượng ngày thường và cuối tuần khác biệt rõ rệt. Một khả năng là biến "Day of the week" trong tập dữ liệu được mã hóa theo cách không tạo ra mối quan hệ tuyến tính mạnh với lưu lượng, hoặc ảnh hưởng của ngày trong tuần là làm thay đổi mức lưu lượng trung bình tổng thể chứ không phải là một tương quan tuyến tính trực tiếp với các biến đếm trong toàn bộ tập dữ liệu. Việc này cần được làm rõ thêm thông qua phân tích các biểu đồ trung bình theo ngày đã trình bày trước đó, vốn đã chỉ ra sự khác biệt.

Cuối cùng, mối quan hệ giữa Tình huống giao thông (Traffic Situation) và các biến khác là cực kỳ quan trọng. Biến Traffic Situation cho thấy mối tương quan thuận mạnh mẽ với Tổng số lượng phương tiện (0,88). Điều này khẳng định một cách định lượng rằng khi số lượng phương tiện trên đường tăng lên, tình trạng giao thông có xu hướng xấu đi (chuyển sang "high" hoặc "heavy"). Mối tương quan này cũng mạnh với Car Count (0,87), Bike Count (0,75), Bus Count (0,61) và Truck Count (0,62), lần lượt theo thứ tự đóng góp vào tổng lưu lượng. Mối tương quan dương nhưng ở mức thấp hơn với Time (0,29) và gần như không có với Day of the week (-0,02) ngụ ý rằng mặc dù giờ cao điểm có xu hướng xảy ra ùn tắc hơn, bản thân biến thời gian và ngày trong tuần không có mối quan hệ tuyến tính mạnh với mức độ nghiêm trọng của tình huống giao thông khi xem xét toàn bộ tập dữ liệu. Điều này nhấn mạnh rằng chính lượng phương tiện trên đường tại một thời điểm mới là yếu tố quyết định chính đến tình huống giao thông. Phân tích ma trận tương quan đã cung cấp bằng chứng định lượng về mối quan hệ giữa các biến. Nó xác nhận tầm quan trọng của các loại phương tiện, đặc biệt là ô tô con, đối với tổng lưu lượng, làm nổi bật sự phụ thuộc của lưu lượng vào yếu tố thời gian trong ngày (dù không hoàn toàn tuyến tính) và chứng minh mối liên hệ chặt chẽ giữa tổng số lượng phương tiện và tình trạng giao thông. Mặc dù mối quan hệ với ngày trong tuần có vẻ yếu về mặt tuyến tính, các phân tích khác (như biểu đồ trung bình theo ngày) có thể tiết lộ những khác biệt phi tuyến tính hoặc ảnh hưởng gián tiếp. Những phát hiện này là nền tảng vững chắc cho việc lựa chọn các biến đầu vào cho mô hình dự báo và hiểu rõ hơn về các yếu tố chi phối lưu lượng giao thông.

3. KẾT LUẬN

Nội dung bài báo này chỉ tập trung nghiên cứu phân tích bộ dữ liệu được thu thập từ camera giao thông gồm 2.976 bản ghi dưới định dạng tệp CSV, bao gồm 9 trường thông tin phục vụ cho mô hình dự báo lưu lượng giao thông. Nghiên cứu đã phân tích và tìm ra được loại phương tiện chi phối tổng thể của hệ thống; phân tích được lưu lượng giao thông theo thời gian với hành vi đi lại hàng ngày của người tham gia giao thông bao gồm việc di chuyển đến rời khỏi nơi làm việc; phân tích được sự phân bố các tình huống giao thông, cho thấy trạng thái lưu thông phổ biến trong tập dữ liệu giúp cho việc đánh giá mức độ thách thức của bài toán dự báo lưu lượng giao thông và hiệu suất của mô hình. Ngoài ra, nghiên cứu này cũng đã trích chọn được các đặc trưng phục vụ cho mô hình dự báo lưu lượng giao thông từ bộ dữ liệu thu được từ camera giám sát giao thông. Tuy nhiên, nội dung bài báo này mới chỉ dừng lại ở phạm vi phân tích dữ liệu mà chưa đưa ra mô hình dự báo lưu lượng giao thông. Việc nghiên cứu xây dựng mô hình dự báo lưu lượng giao thông dựa trên bộ dữ liệu hiện có và các phân tích dữ liệu thu được từ nghiên cứu này sẽ được nhóm tác giả công bố ở những nghiên cứu tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. D'Alconzo, I. Drago, A. Morichetta (Sep., 2019), M. Mellia and P. Casas, A Survey on Big Data for Network Traffic Monitoring and Analysis, IEEE Transactions on Network and Service Management, vol.16, no.3, pp.909-923, doi: 10.1109/TNSM.2019.2933358.

[2]. Y. Miao, Z. Ruan, L. Pan, J. Zhang and Y. Xiang (2018), Comprehensive analysis of network traffic data, Concurrency and Computation: Practice and Experience, vol.30, no.22, doi: 10.1002/cpe.4181.

[3]. S. Park, S. Kim and Y. Ha (Dec., 2018), Highway traffic accident prediction using VDS big data analysis, The Journal of Supercomputing, vol.74, no.12, pp.6261-6280, doi: 10.1007/s11227-016-1624-z.

[4]. B. Shamo, E. Asa and J. Membah (2014), Linear Spatial Interpolation and Analysis of Annual Average Daily Traffic Data, Journal of Computing in Civil Engineering, vol.28, no.4, doi: 10.1061/(ASCE) CP.1943-5487.0000281.

[5]. J. Han, Z. Li, and L. A. Tang (2010), Mining Moving Object, Trajectory and Traffic Data, in Database Systems for Advanced Applications (DASFAA), Part II, LNCS 5982, Springer, pp 485-486.

[6]. V. D. Sharma, R. R. Sharma, B. D. Pandey and N. Gupta (1989), Non-linear analysis of a traffic flow, Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik (ZAMP), vol.40, no.6, pp.828-837.

[7]. M. Abbasi, A. Shahraki and A. Taherkordi (Apr., 2021), Deep Learning for Network Traffic Monitoring and Analysis (NTMA): A Survey, Computer Communications, vol.170, pp.19-41, doi: 10.1016/j.comcom.2021.01.021.

[8]. H. Zhang, Y. Zhang, Z. Li and D. Hu (Dec., 2004), Spatial-Temporal Traffic Data Analysis Based on Global Data Management Using MAS, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, vol.5, no.4, pp.267-274, doi: 10.1109/TITS.2004.837816.

[9]. D. E. Duffy, A. A. McIntosh, M. Rosenstein and W. Willinger (Apr., 1994), Statistical Analysis of CCSN/SS7 Traffic Data from Working CCS Subnetworks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol.12, no.3, pp.544-551.

[10]. I. Alam, D. M. Farid, and R. J. F. Rossetti (2019), The Prediction of Traffic Flow with Regression Analysis, in Emerging Technologies in Data Mining and Information Security, A. Abraham et al., Eds., Springer, pp.661-670, doi: 10.1007/978-981-13-1498-8_58.

[11]. I. Alam, D. Md. Farid and R. J. F. Rossetti (2019), The Prediction of Traffic Flow with Regression Analysis, in Emerging Technologies in Data Mining and Information Security, A. Abraham et al., Eds. Singapore: Springer Nature, pp.661-671, doi: 10.1007/978-981-13-1498-8_58.

[12]. R. Ling, T. F. Bertel and P. R. Sundsøy (2011), The socio-demographics of texting: An analysis of traffic data, New Media & Society, vol.14, no.2, pp.281-298, doi: 10.1177/1461444811412711.

■Ngày nhận bài: 28/02/2025 ■Ngày sửa bài: 18/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Xây dựng phương pháp lý thuyết và thực nghiệm xác định các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép trong quá trình hạ bằng búa rung

Theoretical and experimental method measures the dynamic resistance of soil acting on steel pile driving by vibarator

> TS VŨ VĂN TRUNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: trungvv@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Xây dựng phương pháp lý thuyết và thực nghiệm để xác định các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép trong quá trình hạ cọc bằng búa rung, từ đó xây dựng cơ sở áp dụng vào quá trình tính chọn búa rung phù hợp trong quá trình thi công cọc ván thép tại Việt Nam.

Từ khóa: Búa rung, lực cản động, sức kháng động, cọc ván thép, cọc cừ, cọc thép.

ABSTRACT

Developing theoretical and experimental methods to determine determine the dynamic resistances of soil acting on steel pile driving by vibrator and building a method for applying to select suitable vibrator driving steel pile in Vietnam.

Keywords: Vibrator, dynamic toe resistance, dynamic shaft resistance, sheet pile.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ thi công hạ cọc thép, cọc thép bằng búa rung đã và đang được sử dụng nhiều trong thi công các công trình hạ tầng tại Việt Nam, tuy nhiên còn thiếu các nghiên cứu chuyên sâu về lý thuyết và thực nghiệm để xác định các thành phần lực cản động của nền đất lên cọc thép khi hạ cọc bằng búa rung, do đó việc tính toán, lựa chọn búa rung khi thi công vẫn hoàn toàn dựa trên kinh nghiệm của đơn vị thi công. Lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép trong quá trình hạ cọc bằng búa rung là thành phần lực phức tạp và khó xác định vì nó phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố liên quan như các thông số của đất (loại đất và các chỉ tiêu cơ lý…), các thông số của búa rung (tần số, biên độ…) và các thông số của cọc thép (đặc trưng mặt cắt và tình trạng bề mặt cọc...). Trên thế giới đã có các nghiên cứu công bố về vấn đề này, song kết quả đạt được còn nhiều hạn chế và chỉ mang tính chất cục bộ ở từng địa phương. Ở nước ta, đến nay chưa có tác giả nào đề cập đến vấn đề này, qua đó việc xây dựng phương pháp lý thuyết và thực nghiệm để xác định các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép trong quá trình hạ cọc bằng búa rung là cần thiết và có ý nghĩa thực tế cao.

Như đã biết, các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép gồm lực cản động thành cọc và lực cản động mũi cọc, giá trị của các thành phần lực cản động này luôn thay đổi trong quá trình làm việc thực tế và thường rất khác biệt so với giá trị tính toán theo lý thuyết cơ học đất, mà ở đó các tác giả tập trung xây dựng lý thuyết xác định các thành phần lực cản của nền đất để xác định sức chịu tải của các loại cọc khi chúng được hạ vào nền đất với mục đích làm hệ móng cho các công trình xây dựng và thường được tính toán dựa trên phương pháp tĩnh. Tuy nhiên, việc xác định các thành phần lực cản động của nền đất lên cọc khi hạ cọc bằng lực rung động đến nay vẫn chưa được nghiên cứu cụ thể. Với lý do trên, trong phạm vi bài báo này, tác giả đề cập đến việc nghiên cứu phương pháp lý thuyết và thực nghiệm để xác định các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép khi hạ cọc bằng búa rung, qua đó có những kiến nghị và khuyến cáo trong lựa chọn búa rung để thi công hạ các loại cọc thép, cọc ván thép.

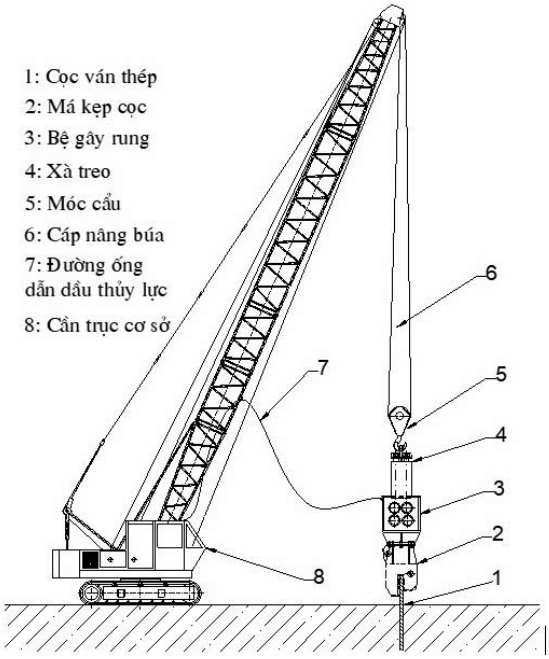
2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết

a) Xây dựng mô hình toán lý thuyết cho hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp"

Trong phạm vi bài báo, tác giả xây dựng mô hình tính toán hai khối lượng cho hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp",

có quan tâm đến sự tương tác giữa cọc ván thép với các lớp đất xung quanh để tính toán, xác định các thành phần lực cản động của chúng lên cọc ván thép trong quá trình hạ cọc là cần thiết, cho phép mô tả đúng điều kiện làm việc thực tế của hệ. Các đối tượng cụ thể của hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp" gồm: Búa rung là loại búa rung có kết cấu hai khối lượng (khung treo và thân búa riêng biệt), kiểu treo tự do trên cần trục cơ sở và điều chỉnh lực rung động thông qua điều chỉnh tần số rung; cọc ván thép là loại cọc có mặt cắt chữ U được đóng đơn; nền đất có cấu trúc nhiều lớp có chiều dày và tính chất cơ lý khác nhau, đồng thời lựa chọn mô hình Vibdrive (cho các loại đất cát) và mô hình Alain Holeyham (cho các loại đất sét) [4] để tính toán xác định các thành phần lực cản động của các lớp đất tác dụng lên cọc ván thép.



Hình 1. Sơ đồ cấu tạo tổng thể hệ búa rung thi công cọc ván thép lắp trên cần trục cơ sở

b) Mô hình tính toán lý thuyết cho hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp"

Các giả thiết xây dựng mô hình tính toán lý thuyết cho hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp":

- Coi cọc ván thép được liên kết cứng với thân búa qua má kép, mọi điểm trên búa và cọc ván thép có độ dịch chuyển, gia tốc, vận tốc và chuyển vị giống nhau.

- Coi tổng lực của búa rung tác dụng lên cọc có phương thẳng đứng trùng với tim cọc và có điểm đặt tại đỉnh cọc.

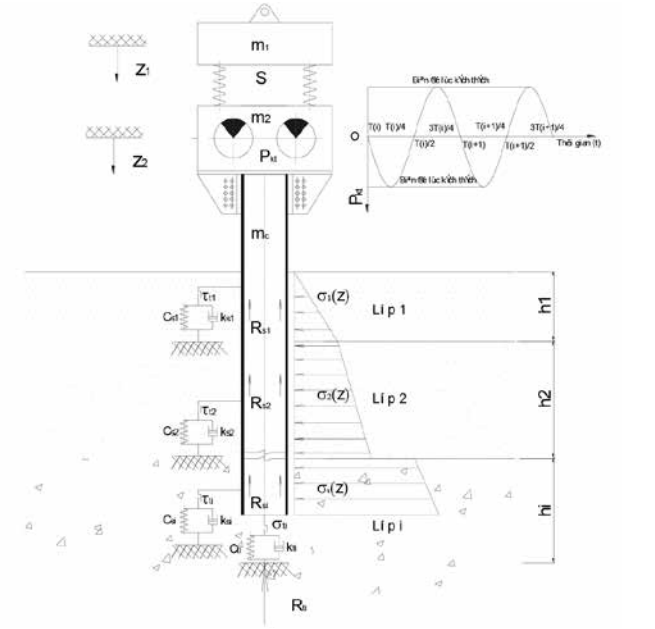
- Chỉ xét quá trình hạ cọc khi lực căng cáp nâng búa bằng không và không xét quá trình kéo cọc.

- Búa rung thay đổi được tần số rung, không thay đổi được mô-men lệch tâm.

- Đất gồm nhiều lớp khác nhau có chiều dày lần lượt là h_1, h_2,... h_i, coi trong mỗi lớp là đồng nhất và có các thông số cơ lý đặc trưng riêng. Mỗi lớp đất được đặc trưng bởi một mô hình đất để xác định các thành phần lực cản động lên cọc ván thép, giá trị của các thành phần lực cản động được xác định trong mỗi chu kỳ tác dụng của lực rung động, tương ứng với chiều sâu dịch chuyển của cọc trong các lớp đất đó.

- Coi cọc ván thép cứng tuyệt đối (vì có chiều dài nhỏ), chỉ dao động theo phương thẳng đứng và chỉ xét trường hợp cọc ván thép được đóng đơn.

- Coi môi trường tương tác của đất xung quanh cọc giống nhau theo mọi phương.



Hình 2. Mô hình tính toán lý thuyết hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Đất nhiều lớp"

c) Xây dựng phương trình chuyển động cho hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp"

Áp dụng định luật Newton 2, ta được hệ phương trình chuyển động của hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp" như sau:

$$\begin{cases} P_{qt1} + F_S - m_1 g = 0 \\ P_{qt2} - F_S - (m_2 + m_c)g - P_{kt} + R_s + R_t = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó:

- z_1, z_2 - Lần lượt là chuyển vị của khung treo búa rung và chuyển vị của thân búa - cọc ván thép, m;

- m_1, m_2, m_c - Lần lượt là khối lượng khung treo, khối lượng thân búa (gồm cả khối lượng của bộ gây rung và khối lượng của má kẹp cọc) và khối lượng cọc ván thép, kg;

- F_s: Lực đàn hồi của hệ lò xo, kN

$$F_S = S(z_1 - z_2) \quad (2)$$

- P_{kt} - Lực rung động do búa rung tạo ra, kN;

$P_{kt} = M_e.\omega^2.\sin(\omega.t)/1000$

$$P_{kt} = M_e.\omega^2.\sin(\omega.t)/1000 \quad (3)$$

- t - Thời gian tính, s;

- P_{qt1}, P_{qt2} - Lần lượt là lực quán tính của khung treo và của thân búa - cọc ván thép, kN

$$P_{qt1} = \frac{m_1.\ddot{z}_1}{1000} \quad (4)$$

$$P_{qt2} = \frac{(m_2+m_c).\ddot{z}_2}{1000} \quad (5)$$

- R_s - Tổng lực cản động thành cọc do các lớp đất tác dụng lên phần chiều dài cọc đã được hạ vào trong nền đất [5]. Lực cản động thành cọc (R_s) được mô hình bằng hàm bậc thang, mà ở đó hướng của lực cản thành luôn ngược với chiều chuyển động của cọc, do đó lực cản động thành cọc được xác định bằng công thức sau:

$$R_s = \text{sign}(\dot{z}_2)\chi \int_0^z \tau_d dz \text{ với } \text{sign}(\dot{z}_2) = \begin{bmatrix} 1 & \text{khi } \dot{z}_2 > 0 \\ 0 & \text{khi } \dot{z}_2 = 0 \\ -1 & \text{khi } \dot{z}_2 < 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Với:

χ - Chu vi cọc ván thép, m;

τ_d - Sức kháng cắt động đơn vị tại thành cọc, kN/m^2;

z - Chiều sâu dịch chuyển của đầu cọc vào đất, m;

$\dot{z}_2$ - Vận tốc dịch chuyển của cọc, m/s;

- R_t - Lực cản động mũi cọc của lớp đất hiện tại mà mũi cọc đang dịch chuyển vào [5]. Lực cản động mũi cọc (R_t) được thể hiện theo dạng đơn giản nhất và được mô hình hóa bằng hàm bậc thang mà ở đó $R_t = 0$ khi cọc chuyển động đi lên (bằng hoặc nhỏ hơn 0) và dương khi cọc chuyển động đi xuống (lớn hơn 0), do đó lực cản động mũi cọc được xác định bằng công thức sau:

$$R_t = \begin{cases} q_d.A_t & \text{khi } \dot{z}_2 > 0 \\ 0 & \text{khi } \dot{z}_2 \le 0 \end{cases} \quad (7)$$

Với:

A_t - Diện tích mũi cọc, m^2;

q_d - Sức kháng nén động đơn vị tại mũi cọc, kN/m^2.

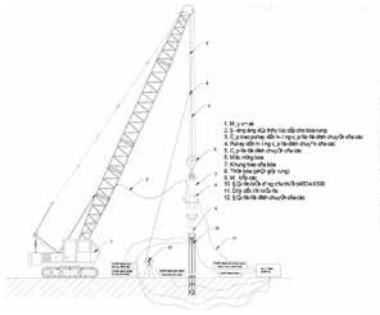
d) Giải phương trình chuyển động cho hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp"

Giải phương trình (1) ta sẽ xác định được các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc ván thép khi hạ bằng búa rung tại các chiều sâu khác nhau qua các lớp đất.

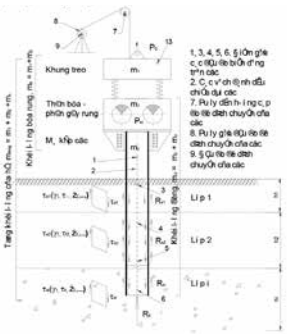
2.2. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm [3]

a) Xây dựng mô hình thực nghiệm cho hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp"

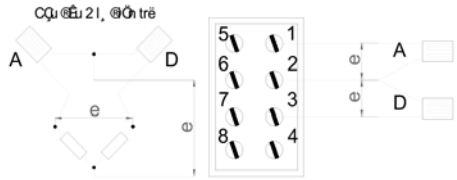
Mô hình thực nghiệm hệ "Búa rung - Cọc ván thép - Nền đất nhiều lớp" được mô tả như trên Hình 3, Hình 4, trên đó thể hiện vị trí bố trí các đầu đo trong quá trình thực nghiệm.



Hình 3. Sơ đồ bố trí thiết bị thực nghiệm



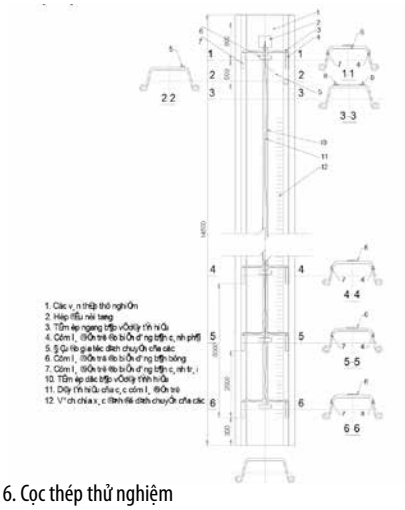
Hình 4. Mô hình thực nghiệm



Hình 5. Sơ đồ đấu lá điện trở

Để xác định các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép cần xác định được ứng suất (nội lực) tại các mặt cắt dọc theo cọc thép (Hình 6). Ở đây, tác giả sử dụng các lá điện trở (strain gause) để đo biến dạng của cọc thép. Biến dạng của cọc thép dưới tác động của nội lực phát sinh trong cọc thép gây ra, nội lực này được tạo ra bởi các thành phần lực cản của nền đất tác dụng lên cọc trong quá trình hạ cọc.

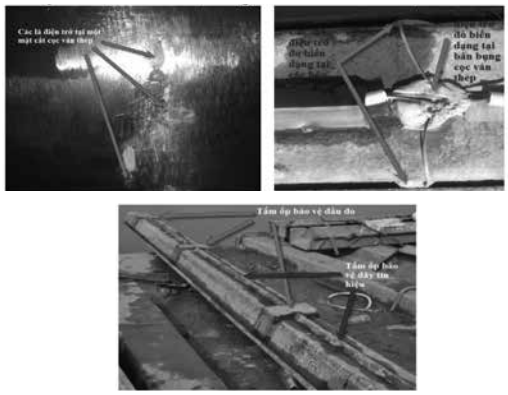
Để đo biến dạng tại các mặt cắt trên cọc thép, tại mỗi mặt cắt cần đo bố trí 3 cụm đầu đo lá điện trở gồm 1 cụm bố trí trên bản bụng của cọc thép, 2 cụm còn lại bố trí trên 2 cánh của cọc thép (Hình 6) và tại mỗi cụm đầu đo sử dụng sơ đồ cầu đấu 1/2 với 2 lá điện trở như Hình 5. Ngoài ra, để có thể xác định chính xác giá trị lực cản động của nền đất ở các chiều sâu khác nhau, trong quá trình đo cần tiến hành đồng thời việc đo chiều sâu hạ cọc với việc đo lực cản động. Việc đo chiều sâu hạ cọc được thực hiện thông qua đầu đo encoder (Hình 4).



Hình 6. Cọc thép thử nghiệm

b) Thiết bị đo và đầu đo sử dụng trong thực nghiệm

Lá điện trở sử dụng loại có kích thước (30x2)mm; điện trở 120 Ω; hệ số độ nhạy 2,08±1% (A level) (Hình 7). Thiết bị đo SDA380C gồm 8 kênh đo, tần số lấy mẫu10Hz, điện áp cầu đấu 2VDC, phạm vi biến dạng đo được ±19.999 με, độ phân giải ±1 με, độ chính sác của hệ thống ±0,3%Fs ± 2 με, biến dạng nhiệt nhỏ hơn 3 με/2h, phạm vi cân bằng ±15.000 με, phạm vi hiệu chuẩn chiều dài dây dẫn 0,0 ~ 100 Ω, công suất 220 V ± 10%; 50 Hz ± 2%.



Hình 7. Một số hình ảnh lắp đặt các lá điện trở trên cọc thép thử nghiệm



Hình 8. Thiết bị đo SDA380C

c) Cơ sở lý thuyết xử lý kết quả thực nghiệm

- Dạng tín hiệu thực nghiệm thu được từ thiết bị đo biến dạng của cọc thép (SDA380C) là giá trị điện áp biến thiên theo thời gian tại các vị trí đo với tần suất lấy mẫu thí nghiệm là 500 mẫu/s.

- Cơ sở lý thuyết tính toán các giá trị nội lực trong cọc thép:

+ Giá trị biến dạng cọc thép tại các mặt cắt bố trí đầu đo:

$$\varepsilon_i = V_i.X_{bd} \quad (8)$$

Với: ε_i - Biến dạng tương đối trung bình tại mặt cắt i;

X_{bd} - Hệ số thiết lập chế độ đo của thiết bị trong quá trình thực nghiệm, X_{bd} = 1.000 με/V;

V_i - Điện áp của đầu đo tại mặt cắt i.

+ Ứng suất tại các mặt cắt cọc thép bố trí đầu đo:

$$\sigma_i = E.\varepsilon_i \quad (9)$$

Với: σ_i - Ứng suất trong cọc thép tại mặt cắt i, kN/m^2;

E - Mô-đun đàn hồi của vật liệu chế tạo cọc thép, E = 2,1.10^8 kN/m^2.

+ Nội lực tại các mặt cắt cọc thép bố trí đầu đo:

$$N_i = \sigma_i.A \quad (10)$$

Với: N_i - Nội lực của cọc thép tại mặt cắt i, kN;

A - Diện tích mặt cắt ngang cọc thép, m^2.

- Các thành phần lực cản động của nền đất tác dụng lên cọc thép:

+ Lực cản mũi cọc động: Gần đúng bằng giá trị nội lực tại mặt cắt 6-6 (Hình 6):

$$R_{tk} = N_{6k} = \sigma_{6k}.A \quad (11)$$

Với - R_{tk} - Lực cản mũi cọc của lớp đất thứ k, kN;

N_{6k} - Nội lực tại mặt cắt 6-6 của cọc thử nghiệm đối với lớp đất thứ k, kN;

σ_{6k} - Ứng suất trong cọc thép tại mặt cắt 6-6 với lớp đất thứ k, kN/m^2;

+ Lực cản thành động: Là hiệu giữa nội lực trong cọc thép tại mặt cắt 1-1 (Hình 6) với nội lực đo được trong cọc thép tại mặt cắt 6-6 (Hình 6) và phần trọng lượng của cọc nằm giữa hai mặt cắt trên:

$$R_{sz} = N_{1z} - N_{6k} - G_{cvt(6)} = (\sigma_{1z} - \sigma_{6k}).A - g_{cvt}.l_6 \quad (12)$$

Với: R_{sz} - Lực cản thành động tại chiều sâu z, kN;

$G_{cvt(6)}$ - Phần trọng lượng đoạn cọc thép giữa hai mặt cắt 1-1 và 6-6, kN;

σ_{1z} - Ứng suất trong cọc thép tại mặt cắt 1-1 tại chiều sâu z, kN/m^2;

g_{cvt} - Trọng lượng một mét dài của cọc thép, kN/m;

l_6 - Chiều dài cọc thép từ mũi cọc đến mặt cắt 1-1, m.

2.3. Thông số đầu vào để tính toán kiểm chứng

Để kiểm chứng giữa phương pháp lý thuyết và phương pháp thực nghiệm, tác giả sử dụng thông số địa chất thực nghiệm tại trụ T2 cầu Đồng Quang (Ba Vì, Hà Nội), cụ thể:

a) Búa rung VH-QTUTC70 [2] có các thông số như trong Bảng 1.

Bảng 1. Thông số của búa rung VH-QTUTC70

Tên thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mô-men lệch tâm của trục gây rung	M_e	13,46	kg.m
Khối lượng phần treo của búa	m_1	300	kg
Khối lượng phần rung của búa	m_2	2.200	kg
Tần số rung	f	15-36	Hz
Độ cứng hệ lò xo giảm chấn	S	30	kN/m

b) Điều kiện địa chất tại vị trí làm thực nghiệm tại trụ T2 cầu Đồng Quang [1]

- Lớp 1: Cát hạt nhỏ lòng sông, có chiều dày nhỏ (0,03 m).

- Lớp 2: Cát hạt nhỏ màu xám đen, chặt vừa, có chiều dày 2,07 m, chỉ số SPT trung bình N = 15, có các chỉ tiêu cơ lý sau:

+ Sức kháng thành đơn vị theo thí nghiệm CPT, f_s = 31 kN/m^2;

+ Sức kháng mũi côn đơn vị theo thí nghiệm CPT, q_c = 3.420 kN/m^2;

+ Sức kháng tĩnh đơn vị của đất dọc thành cọc, τ_s = 41 kN/m^2;

+ Sức kháng tĩnh đơn vị tại mũi cọc, q_s = 3.150 kN/m^2;

+ Khối lượng thể tích tự nhiên: γ = 1.850 kg/m^3;

+ Góc ma sát, $\phi = 28^0 42'$;

+ Cường độ kháng cắt không thoát nước trung bình, S_u = 125 kN/m^2;

+ Cỡ hạt được thể hiện trong biểu đồ thành phần hạt (Hình 11).

- Lớp 3: Sét pha màu xám nâu, trạng thái nửa cứng, có chiều dày 6,9 m, có chỉ số SPT trung bình N = 27, có các chỉ tiêu cơ lý sau:

+ Sức kháng thành đơn vị theo thí nghiệm CPT, f_s = 73 kN/m^2;

+ Sức kháng mũi côn đơn vị theo thí nghiệm CPT, q_c = 5.980 kN/m^2;

+ Sức kháng tĩnh đơn vị của đất dọc thành cọc, τ_s = 71 kN/m^2;

+ Sức kháng tĩnh đơn vị tại mũi cọc, q_s = 5.200 kN/m^2;

+ Khối lượng thể tích tự nhiên: γ = 1.890 kg/m^3;

+ Chỉ số dẻo, I_p = 14,7%;

+ Lực dính kết, c = 2,6.10^{-3} kN/m^2;

+ Hệ số lỗ rỗng, e_0 = 0,849;

+ Góc ma sát trong, $\phi = 12^0 25'$;

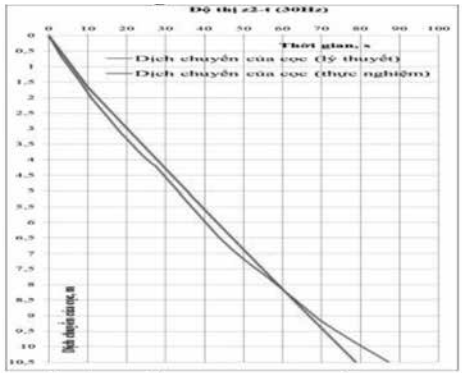
+ Cường độ kháng cắt không thoát nước trung bình, S_u = 200 kN/m^2.

c) Cọc thép thử nghiệm loại NSP-IIw có thông số như trong Bảng 2.

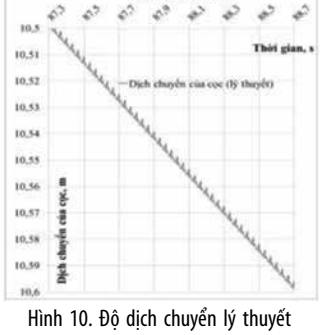
Bảng 2. Thông số của cọc thép NSP-II$_w$

Tên thông số	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Chu vi cọc thép	χ	1,5	m
Diện tích mũi cọc thép	A_t	1,04E^{-02}	m^2
Chiều dài cọc	l_{coc}	14,5	m
Khối lượng cọc thép	m_c	1.183,2	kg
Khối lượng 1m dài cọc thép	g_{cvt}	81,6	kg/m
Mô men quán tính cọc ván	J_{cvt}	5,22E^{-05}	m^4

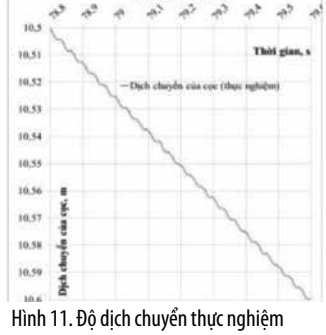
2.4. Kết quả nghiên cứu và đánh giá



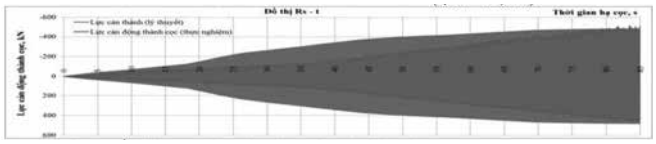
Hình 9. Đồ thị dịch chuyển tổng thể của cọc (lý thuyết - đỏ và thực nghiệm - xanh)



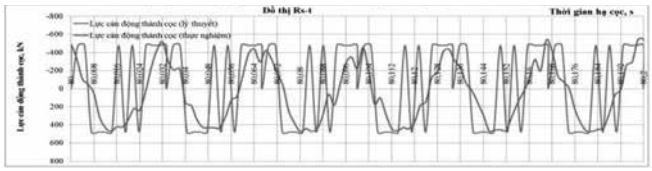
Hình 10. Độ dịch chuyển lý thuyết của cọc (tại z = 10,5 m)



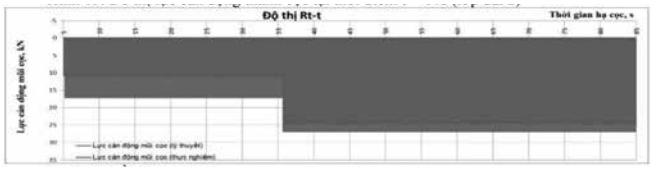
Hình 11. Độ dịch chuyển thực nghiệm của cọc (tại z = 10,5 m)



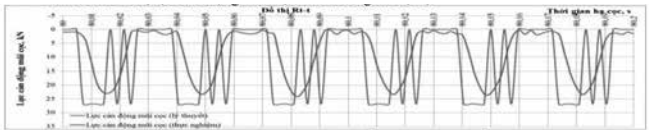
Hình 12. Đồ thị lực cản động thành cọc theo thời gian hạ cọc



Hình 13. Đồ thị lực cản động thành cọc tại thời điểm t = 80s (lớp đất 2)



Hình 14. Đồ thị lực cản động mũi cọc theo thời gian hạ cọc



Hình 15. Đồ thị lực cản động mũi cọc tại thời điểm t = 80s (lớp đất 2)

** Nhận xét:*

- Từ trên ta thấy, lực cản động thành cọc có giá trị tăng dần theo chiều sâu hạ cọc (Hình 12), giá trị của nó thay đổi có tính chất lặp theo chu kỳ dịch chuyển của cọc (chu kỳ của lực rung động, Hình 13). Giá trị biên độ của lực cản động thành cọc thay đổi khi cọc dịch chuyển qua các lớp đất khác nhau, điều đó cho thấy lực cản động thành cọc phụ thuộc vào tính chất cơ lý của các lớp đất theo chiều sâu hạ cọc. Khi cọc được ấn xuống, giá trị lực cản này tăng, khi cọc được rút lên thì giá trị lực cản này giảm nhanh. Mặt khác, với cùng một điều kiện địa chất giống nhau (cùng một vị trí thực nghiệm), khi tần số lực rung động thay đổi thì giá trị lực cản động thành cọc thay đổi tương đối nhiều, đặc biệt khi cọc nằm trong các lớp đất cát, điều đó cho thấy tần số rung và giá trị của lực rung động có ảnh hưởng rất lớn đến thành phần lực cản động thành cọc.

- Kết quả và độ sai lệch giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm của độ dịch chuyển của cọc như trên Hình 9, 10, 11 và Bảng 3.

Bảng 3. Sai số giữa độ dịch chuyển lý thuyết và thực nghiệm

Thời gian, s	10	20	30	40	50	60	70	80
Dịch chuyển lý thuyết, m	1,65	3,149	4,801	6,310	7,416	8,474	9,510	10,289
Dịch chuyển thực nghiệm, m	1,450	2,806	4,192	5,557	6,898	8,217	9,516	10,797
Sai lệch	12%	11%	13%	12%	7%	3%	0%	-5%

- Kết quả và độ sai lệch giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm của lực cản động thành cọc như trên Hình 12, 13 và Bảng 4.

Bảng 4. Sai số giữa lực cản động thành cọc lý thuyết và thực nghiệm

Thời gian, s	30	40	50	60	70	80
Lực cản động thành cọc lý thuyết, kN	261,69	338,70	396,72	429,24	466,57	478,57
Lực cản động thành cọc thực nghiệm, kN	228,31	298,15	347,15	383,63	412,04	492,94
Sai lệch	13%	12%	12%	11%	12%	-3%

- Kết quả và độ sai lệch giữa tính toán lý thuyết và thực nghiệm của lực cản động mũi cọc như trên Hình 14, 15 và Bảng 5.

Bảng 5. Sai số giữa lực cản động mũi cọc lý thuyết và thực nghiệm

Thời gian, s	30	40	50	60	70	80
Lực cản động mũi cọc lý thuyết, kN	17,13	26,84	26,84	26,84	26,84	26,84
Lực cản động mũi thực nghiệm, kN	14,90	23,42	23,45	23,48	23,56	23,60
Sai lệch	13%	13%	13%	13%	12%	12%

3. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Xác định lực cản động của nền đất lên cọc thép là một việc phức tạp và khó khăn do tính chất và cấu trúc địa chất ở mỗi nơi là hoàn toàn khác nhau. Hiện nay, không chỉ ở nước ta mà cả trên thế giới, các nhà nghiên cứu vẫn đang nỗ lực nhằm tìm ra phương pháp đơn giản, hiệu quả và chính xác để xác định được các thành phần lực cản động này. Từ kết quả nghiên cứu, tác giả đưa ra một số kết luận như sau:

- Bằng lý thuyết và thực nghiệm có thể xác định được các thành phần lực cản động của nền đất lên cọc thép trong quá trình thi công bằng búa rung. Qua việc đối sánh giữa kết quả lý thuyết và và kết quả thực nghiệm cho thấy việc xây dựng mô hình tính toán lý thuyết xác định các thành phần lực cản động của nền đất lên cọc thép khi hạ bằng lực rung động là một vấn đề khó và chỉ có tính chất gần đúng.

- Từ kết quả lý thuyết và thực nghiệm xác định thành phần lực cản động của nền đất lên cọc thép theo chiều sâu hạ cọc có thể tính toán được sức kháng đơn vị cho từng lớp đất.

- Trong quá trình làm thực nghiệm có thể thấy, khi cọc được hạ qua các lớp đất khác nhau thì lực cản của các lớp đất này lên cọc cũng thay đổi, tuy nhiên giá trị thay đổi tương đối phức tạp vì nó phụ thuộc vào nhiều yếu tố như búa rung, địa chất của các lớp đất…

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Công ty TNHH MTV Tư vấn & KSTKXD (2013), Hồ sơ thiết kế thi công dự án đầu tư xây dựng cầu Đồng Quang - Ba Vì - Hà Nội.

[2]. Thái Hà Phi và tập thể (2014), Nghiên cứu, thiết kế chế thử búa rung thủy lực 70 tấn, Đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo.

[3]. Nguyễn Thiệu Xuân (2014), Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm máy xây dựng, NXB. Xây dựng, Hà Nội.

[4]. Holeyman, Alain and Whenham, Valerie (2010), Vibrodriving Prediction Models vs. Experimental Results.

[5]. Kenneth, Viking (2002), Vibro-driveability-a field study of vibratory driven sheet piles in non-cohesive soils, Byggvetenskap.

■Ngày nhận bài: 19/02/2025 ■Ngày sửa bài: 10/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 01/4/2025

Áp dụng máy học dựa trên tìm kiếm A* để thu được công thức mô đun đàn hồi tương đương của sàn thép khi quy về bài toán dầm

A* Search-Based machine learning Approach for Obtaining the Equivalent elastic modulus formula of Steel decks as Beam problems

> NGUYỄN THANH TÙNG
Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; Email: nguyenthanhtungb@gmail.com

TÓM TẮT

Bài viết đề xuất một công thức quy đổi độ cứng sàn thép khi quy về bài toán dầm thông qua mô đun đàn hồi tương đương E_l trong trường hợp làm việc hai phương để giúp kỹ sư thiết kế có thể dễ dàng áp dụng trong thực tế. Công thức thu được bằng máy học dựa trên thuật toán tìm kiếm A*. Bài toán máy học được huấn luyện trên các dữ liệu được lấy mẫu từ một hàm không tường minh xây dựng theo lý thuyết uốn tấm. Đưa ra kết quả là một hàm tường minh dạng đóng cho mô đun đàn hồi tương đương và bảng tra tương ứng, thuận tiện cho người thực hành.

Từ khóa: AI; máy học; tìm kiếm A*; mô đun đàn hồi tương đương của sàn; hồi quy kí hiệu.

ABSTRACT

This article proposes a formula of equivalent stiffness of steel decks via the equivalent elastic modulus E_l when converting to beam problem in the case of two-way behavior to assist structural designers in easy practical application. The formula is developed using machine learning based on the A* search algorithm. Machine learning is applied to data sampled by an implicit function constructed with plate bending theory. The end result is a practitioner-friendly closed-form explicit function with a corresponding lookup table for the equivalent elastic modulus.

Keywords: AI; machine learning; A* search; deck equivalent elastic modulus; symbolic regression.

1. GIỚI THIỆU

Sàn thép là kết cấu sàn bằng thép có nhiều ưu điểm như bền, nhẹ, chịu lực cao và linh hoạt. Sàn thép phù hợp cho nhiều loại công trình từ nhà xưởng, nhà cao tầng, nhà kho đến nhà dân dụng.

Trong tính toán thiết kế, sàn thép là một kết cấu dạng bản, được thiết kế theo điều kiện bền và độ võng [2] [3] [8] [9]. Việc thiết kế sàn thép dựa trên phân tích bài toán kết cấu của tấm. Do chiều dày sàn nhỏ nên sàn có điều kiện võng xảy ra trước điều kiện bền [4]. Hiện nay trong thực hành thiết kế, có hai phương pháp tính toán độ võng của sàn thép, các phương pháp này đều có ưu và nhược điểm riêng.

Phương pháp thứ nhất là tính toán theo lý thuyết tấm chịu uốn [8]. Nhược điểm là không có công thức tường minh để tính toán, nếu dùng phần mềm PTHH chỉ có thể áp dụng cho bài toán kiểm tra khả năng chịu lực, không dùng được cho bài toán thiết kế. Ngoài ra các phần mềm thông dụng chỉ xét đến biến dạng nhỏ, không xét đến phi tuyến hình học sàn. Điều này có thể khiến cho kết quả chênh lệch vài lần [3].

Phương pháp thứ hai là phương pháp dầm tương đương: cắt một dải sàn và quy đổi thành dầm để tính với mô đun đàn hồi quy đổi E_1. Phương pháp này có thể xét đến phi tuyến hình học dựa trên lý thuyết phi tuyến hình học của dầm [2] [3] [9]. Việc quy đổi độ cứng của sàn thép thông qua mô đun đàn hồi quy đổi E_1 là một phần quan trọng trong bài toán thiết kế sàn, vì độ cứng của sàn phụ thuộc vào ảnh hưởng của các phân tố lân cận. Nếu chỉ cắt ra một dải và tính toán như một dầm, kết quả sẽ không chính xác và không phản ánh được sự làm việc của sàn. Tuy nhiên, trong các tài liệu thiết kế hiện nay, chỉ có công thức quy đổi độ cứng cho trường hợp sàn làm việc một phương, dựa trên lý thuyết bài toán tấm chịu uốn [2] [9]. Công thức này không áp dụng được cho trường hợp sàn làm việc hai phương, mà người thiết kế có thể gặp phải trong thực tế. Do đó, bài viết này sử dụng máy học để đưa ra công thức quy đổi độ cứng dạng tường minh cho trường hợp này dựa trên các công thức không tường minh được thiết lập theo lý thuyết uốn tấm trong mục 2. Công thức thuận tiện cho thực hành thiết kế sàn thép. Đây là một bài toán hồi quy kí hiệu (Symbolic Regression - SR) [5].

Các phương pháp máy học mã hoá kiến thức học được từ dữ liệu thành hai loại: "hộp đen" và "hộp trắng". "Hộp đen" chỉ cho biết kết quả, không giải thích được lý do có được kết quả cũng như khó kiểm chứng tính đúng đắn kết quả học được, cần chương trình đã được huấn luyện để áp dụng. Do vậy khó ứng dụng vào thực tế nếu tác giả không công bố chương trình. "Hộp trắng" đưa ra kiến thức có thể hiểu được bởi con người, không cần chương trình đã huấn luyện để áp dụng, do đó có có giá trị thực tiễn với người thiết kế thực hành.

Để giải bài toán hồi quy kí hiệu cần sử dụng các phương pháp máy học "hộp trắng". Trong [6], tác giả đã sử dụng lập trình di truyền (Genetic programming) để giải bài toán hồi quy kí hiệu, tuy nhiên nhược điểm là

các hệ số tự do khó tối ưu bằng thuật toán dẫn tới có thể có sai số lớn. Trong bài viết này sử dụng thuật toán trí tuệ nhân tạo (Artificial Intelligence - AI) là tìm kiếm A* (A* search) [7] nhằm đưa ra công thức thực hành cho hệ số quy đổi. Đầu tiên sử dụng duyệt đồ thị đưa ra biểu thức chưa có hệ số, sau đó ánh xạ thành biểu thức có hệ số sử dụng phân tích văn phạm phi ngữ cảnh (CFG) [4]. Từ đó giải bài toán tối ưu hóa hàm tổn thất để thu được các hệ số. Sau đó áp dụng tìm kiếm A*. Kết quả sẽ đưa ra công thức dạng đóng. Công thức này giúp cho các kỹ sư thực hành dễ dàng áp dụng mà không cần phải giải bài toán phức tạp.

2. BÀI TOÁN TÍNH ĐỘ VÕNG SÀN CHỊU UỐN

2.1. Lý thuyết bài toán tấm chịu uốn

Xét một sàn chữ nhật kích thước là a×b, chiều dày là h, có các cạnh là gối cố định khớp như Hình dưới và chịu tải trọng phân bố $p(x,y)$, có chiều dày không đổi h, độ võng của sàn là *w(x,y)*.



Hình 1. Sơ đồ tính toán sàn hình chữ nhật, có các gối cố định

Hàm độ võng *w(x,y)* thỏa mãn phương trình vi phân sau [1]:

$$D\left[\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+2\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}\right]=p(x,y) \quad (2\text{-}1)$$

với $D=\frac{E}{1-\nu^2}\frac{h^3}{12}$

Các cạnh là khớp nên có các điều kiện biên:

$$\begin{matrix}\text{x = 0 \& x = a:}\\ \text{y = 0 \& y = b:}\end{matrix}\quad \begin{cases}w=0\\ \dfrac{\partial^2 w}{\partial x^2}+\nu\dfrac{\partial^2 w}{\partial y^2}=0\end{cases} \quad (2\text{-}2)$$

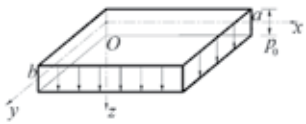
Ta tìm hàm độ võng trong dạng chuỗi Fourier kép [9]:

$$w(x,y)=\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n=1}^{\infty}A_{mn}\,sin\frac{m\pi x}{a}sin\frac{n\pi y}{b} \quad (2\text{-}3)$$

Trong đó: A_{mn}là hệ số của chuỗi, (m,n=1,2,3,…,)

Có thể nhận thấy hàm độ võng (2-3) thỏa mãn điều kiện biên (2-2).

Có công thức xác định A_{mn} với tải trọng phân bố đều *p*: $p(x,y)=p_0=\text{const}$



Hình 2. Sơ đồ tải trọng phân bố đều tác dụng lên sàn.

Độ võng ở tâm sàn $\left(x=\frac{a}{2};y=\frac{b}{2}\right)$:

Viết lại dưới dạng sau:

$$w_{max}=\alpha(1-\nu^2)\frac{p_0a^4}{Eh^3} \quad (2\text{-}4)$$

Với:

$$\alpha=\frac{192}{\pi^6}\sum_m^\infty\sum_n^\infty\frac{(-1)^{\frac{m+n}{2}-1}}{mn\left(m^2+n^2\frac{a^2}{b^2}\right)^2};(m,n=1,3,5,\dots) \quad (2\text{-}5)$$

Như vậy α chỉ phụ thuộc vào tỉ số giữa 2 cạnh (k=a/b)

2.2. Quy đổi sàn thép hai phương về dầm

Để quy đổi mô đun đàn hồi sử dụng điều kiện là độ võng lớn nhất của sàn và dầm bằng nhau. Độ võng lớn nhất của dầm quy đổi là

$$w_{max}^1=\frac{5}{384}\frac{p_0a^4}{E_1\frac{h^3}{12}}=\frac{5}{32}\frac{p_0a^4}{E_1h^3} \quad (2\text{-}6)$$

Trong đó: p_0 là tải trọng phân bố đều trên sàn, E_1 mô đun đàn hồi qui đổi của sàn về dầm.

Cân bằng (2-6) và (2-4) ta có:

$$w_{max}=(1-\nu^2)\frac{p_0a^4}{Eh^3}\frac{5}{32}\frac{p_0a^4}{E_1h^3} \quad (2\text{-}7)$$

Từ đó

$$E_1=\frac{5}{32}\frac{E}{1-\nu^2}\frac{1}{\alpha} \quad (2\text{-}8)$$

Với α xác định theo công thức (2-5). Viết E_1 dưới dạng

$$E_1=\beta\frac{E}{1-\nu^2} \quad (2\text{-}9)$$

Trong đó:

$$\beta=\frac{30}{\pi^6}\sum_m^\infty\sum_n^\infty\frac{(-1)^{\frac{m+n}{2}-1}}{mn\left(m^2+n^2\frac{a^2}{b^2}\right)^2} \quad (2\text{-}10)$$

Đặt tỉ số hai cạnh k= b/a thì β được viết dưới dạng sau

$$\beta=\frac{30}{\pi^6}\sum_m^\infty\sum_n^\infty\frac{(-1)^{\frac{m+n}{2}-1}}{mn(m^2+n^2k^2)^2}; \quad (2\text{-}11)$$

Với $(m,n=1,3,5,\dots)$

3. ÁP DỤNG MÁY HỌC ĐỂ TÌM CÔNG THỨC QUY ĐỔI MÔ ĐUN ĐÀN HỒI QUY ĐỔI CHO SÀN LÀM VIỆC 2 PHƯƠNG

3.1. Phát biểu bài toán

Để giải bài toán tìm công thức dạng đóng của hệ số quy đổi β cho công thức (2-11) đã trình bày ở trên, chúng ta có thể sử dụng phương pháp hồi quy kí hiệu dựa trên các thuật toán tìm kiếm đồ thị trong trí tuệ nhân tạo.

Hồi quy kí hiệu [5] là một loại phân tích hồi quy mà tìm kiếm không gian của các biểu thức toán học để tìm ra mô hình phù hợp nhất với tập dữ liệu cho trước, đảm bảo tối ưu về độ chính xác và đơn giản của biểu thức. Phương pháp này không yêu cầu xác định trước một mô hình như các loại hồi quy toán học khác (hồi quy tuyến tính, hồi quy logistics…), mà tiến hóa các biểu thức từ các khối xây toán học như các toán tử, hàm, hằng số và biến. Đây là bài toán tối ưu tổ hợp có độ phức tạp thời gian thuộc lớp NP-khó [5]. Điều này có nghĩa là không có thuật toán nào hiện nay có thể giải bài toán trong thời gian đa thức. Do vậy chỉ có thể sử dụng các thuật toán kinh nghiệm (heuristic) để giải xấp xỉ nghiệm tối ưu trong thời gian đa thức. Phát biểu bài toán hồi quy kí hiệu như sau [5]:

Gọi $\{(x_i,y_i)\}_{i=1}^n$ là một tập các cặp tọa độ-giá trị hàm được lấy mẫu từ hàm không tường minh, và F là tập của tất cả các hàm kí hiệu có thể được cấu thành từ các hàm cơ sở như +,-,*,/,exp,sin,cos, ... Tập F được định nghĩa trong mục 3.3.

Bài toán của hồi quy kí hiệu là tìm $f^*\in F$ sao cho cực tiểu hóa hàm mục tiêu sau:

$$f^*=\arg\min_{f\in F,c_i\in C}L(f,\{c_i\})+\lambda Cpl(f) \quad (3\text{-}1)$$

Trong đó $L(f)$ là hàm tổn thất (Loss function) đo sai số của f trên dữ liệu, $Cpl(f)$ là hàm phức tạp đo mức độ đơn giản của f, C là tập hợp các hệ số có dạng c_i, và λ là một tham số điều chuẩn (regulation) điều khiển sự cân bằng giữa độ chính xác và đơn giản.

3.2. Thuật toán

Bài báo sử dụng thuật toán tìm kiếm A* để giải bài toán SR. Thuật toán A* là một thuật toán tìm kiếm tham lam (Greedy Search) được sử dụng rất rộng rãi trong trí tuệ nhân tạo [7]. Thuật toán tìm đường đi tối ưu từ một nút bắt đầu đến một nút đích trong một đồ thị. Thuật toán sử dụng một hàm chi phí kết hợp chi phí thực tế từ nút bắt đầu đến nút hiện tại và chi phí ước tính từ nút hiện tại đến nút đích.

Để áp dụng tìm kiếm A*, ta xác định một đồ thị $G=(V,E)$ trong đó V là tập các nút và E là tập các cạnh. Mỗi nút $v\in V$ biểu diễn một biểu thức kí hiệu f_v và mỗi cạnh $e=(u,v)\in E$ biểu diễn một sửa đổi của f_u để thu được f_v. Hàm chi phí cho tìm kiếm A* được cho bởi [7]:

$$f(v)=g(v)+h(v) \quad (3\text{-}2)$$

trong đó $g(v) = L(f_v)$ là chi phí thực tế của nút v và $h(v) = C(f_v)$ là chi phí ước tính của nút v.

Các bước của thuật toán như sau:

Gọi Q là một hàng đợi ưu tiên của các nút trong G, được sắp xếp theo $f(v)$. Chúng ta khởi tạo Q với một biểu thức rỗng hoặc một biểu thức hằng số. Lặp các bước sau cho đến khi $Q = \varnothing$ hoặc một nút đích được tìm thấy:

1. Xóa $v = \min_{u \in Q} f(u)$ khỏi Q.
2. Nếu v thỏa mãn một tiêu chí kết thúc, trả về f_v.
3. Nếu không, đưa tất cả các nút kế tiếp của v vào Q.

Cuối cùng, trả về

$$f^* = \arg \min_{f \in F, c_i \in C} L(f, \{c_i\}) + \lambda Cpl(f)$$

3.3. Định nghĩa tập F

Gọi F_0 là tập hợp tất cả các biểu thức có dạng $f_0(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, trong đó $x_1, x_2, \ldots, x_n$ là các biến và f là một hàm được tạo thành từ các phép toán số học và hàm siêu việt. Gọi C là tập hợp các hệ số có dạng c_i, trong đó i là một số nguyên dương. Gọi F là tập hợp các biểu thức có dạng $f(x_1, x_2, \ldots, x_n)$, trong đó f được thu được bằng cách nhân mỗi biểu thức con của f_0 với một hệ số trong C. Chúng ta định nghĩa một ánh xạ $M: F_0 \to$ F thỏa mãn các điều kiện sau:

- Với mọi biểu thức $e \in F_0$, $M(e)$ được thu được bằng cách thay thế mỗi biểu thức con của e bằng tích của nó với một hệ số trong C.
- Với mọi biểu thức $e \in F_0$, các hệ số được sử dụng trong $M(e)$ là khác nhau và có chỉ số khác nhau.

Văn phạm phi ngữ cảnh (Context Free Grammar - CFG) [4] sinh ra các biểu thức trong F_0 như sau:

- Ký hiệu khởi đầu là E, biểu diễn cho biểu thức.
- Các ký hiệu kết thúc là $\{x_1, x_2, \ldots, x_n, +, *, /, -, \sin, \cos, \tan, \ldots, (), \}\}$, là các biến, toán tử, hàm và dấu ngoặc.
- Các ký hiệu không kết thúc là $\{E, T, F, G, H\}$, biểu diễn cho biểu thức, số hạng, nhân tử, hàm và đối số tương ứng.
- Các quy tắc sinh là:

$$\begin{aligned} E &\to E + T \mid E - T \mid T \\ T &\to T * F \mid T/F \mid F \\ F &\to G \mid (E) \\ G &\to H \mid \sin(H) \mid \cos(H) \mid \tan(H) \ldots \\ H &\to x_1 \mid x_2 \mid \ldots \mid x_n \end{aligned} \tag{3-3}$$

CFG sinh ra các biểu thức trong F như sau:

- Ký hiệu khởi đầu là E', biểu diễn cho biểu thức có hệ số.
- Các ký hiệu kết thúc là $\{x_1, x_2, \ldots, x_n, c_1, c_2, \ldots, c_k, +, *, /, -, \sin, \cos, \tan, (), \}\}$, trong đó k là một số nguyên dương phụ thuộc vào biểu thức.
- Các ký hiệu không kết thúc là $\{E', T', F', G', H'\}$, biểu diễn cho biểu thức có hệ số, số hạng có hệ số, nhân tử có hệ số, hàm có hệ số và đối số có hệ số tương ứng.
- Các quy tắc sinh là:

$$\begin{aligned} E' &\to c_i * E' + c_j * T' \mid c_i * E' - c_j * T' \mid c_i * T' \\ T' &\to c_i * T' * c_j * F' \mid c_i * T'/c_j * F' \mid c_i * F' \\ F' &\to c_i * G' \mid c_i * (E') \\ G' &\to c_i * H' \mid c_i * \sin(c_j * H') \mid c_i * \cos(c_j * H') \mid c_i * \tan(c_j * H') \ldots \\ H' &\to x_1 \mid x_2 \mid \ldots \mid x_n \end{aligned} \tag{3-4}$$

trong đó với mọi quy tắc có dạng $A \to B$, các hệ số $c_i, c_j, \ldots$ là khác nhau và có chỉ số khác nhau.

Ánh xạ $M: F \to F_1$ có thể được định nghĩa như sau:

- Với mọi ký hiệu kết thúc a trong F, $M(a) = a$.
- Với mọi ký hiệu không kết thúc A trong F, gọi $A \to B_1 B_2 \ldots B_n$ là một quy tắc sinh trong CFG cho F. Khi đó,

$$M(A) = c_i * M(B_1) M(B_2) \ldots M(B_n) \tag{3-5}$$

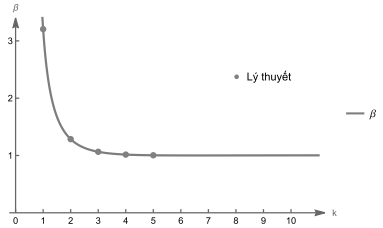
Trong đó c_i là một hệ số trong C khác và có chỉ số khác với bất kỳ hệ số nào được sử dụng trong các biểu thức con của A.

3.4. Kết quả đầu ra của thuật toán

Áp dụng thuật toán trên thu được công thức dạng đóng cho công thức (2-11) để tính toán mô đun đàn hồi quy đổi β cho bản sàn hai phương theo công thức (2-9) là :

$$\beta = 1 + \frac{k(c_1 k + c_2) + c_3}{k(k(c_4 + k) + c_5) + c_6} \tag{3-6}$$

Trong đó, $c_1 = 0.138748$, $c_2 = -1.75688$, $c_3 = 5.7388$, $c_4 = -1.46613$,$c_5 = 5.26562$, $c_6 = -2.93091$



Hình 3. Đồ thị hệ số β theo k

Bảng thể hiện sự biến thiên của hệ số β theo tỉ số k=b/a

Bảng 1. Quan hệ giữa k và β

k=b/a	1	2	3	4	5	∞
β	3,20524	1,28554	1,06442	1,01577	1,00385	1,0

Như vậy, công thức quy đổi mô đun đàn hồi trong trường hợp bản kê bốn cạnh là công thức (2-9) so với công thức bản kê hai cạnh có thêm hệ số β theo (3-6) hoặc *Bảng 1*, là hàm số theo tỉ số giữa hai cạnh k. Khi k→∞ thì β=1 nên công thức (2-9) sẽ trở về công thức đã biết cho sàn 1 phương.

4. KẾT LUẬN

Bài viết đã trình bày cơ sở lý thuyết việc quy đổi mô đun đàn hồi sàn thép về dầm cho hai trường hợp: bản kê hai cạnh và bản kê bốn cạnh. Thiết lập từ công thức không tường minh hệ số β là (2-11) về công thức quy đổi sàn hai phương về bài toán dầm. Sử dụng máy học dựa trên lấy mẫu công thức (2-11), tác giả đã thu được công thức dạng đóng cho β là công thức (3-6).

Tiêu chí coi sàn là một phương có thể dao động trong phạm vi k=1→∞. Nếu k=1 thì độ cứng thực sẽ lớn hơn 3.2 lần (*Bảng 1*) khi quy sàn về bài toán dầm. Do đó nếu coi sàn có k=1 là làm việc 1 phương sẽ gây lãng phí. Đối với kết cấu bê tông, thông thường do đặc điểm cấu tạo công trình thường có k≤2. Với giá thành rẻ cũng như có nhiều yếu tố khác không kiểm soát được, giáo trình BTCT phần cấu kiện cơ bản đưa ra tiêu chí chọn k≥2 coi sàn là 1 phương để đơn giản hóa cấu tạo cốt thép và tính toán thực hành. Lúc này sẽ lớn hơn 1.28 lần (*Bảng 1*), là hợp lý. Đối với kết cấu thép nên do giá thành đắt và có độ tin cậy cao, nên lấy giá trị k≥3 để coi sàn làm việc 1 phương, dựa trên kiến nghị trong [9]. Khi đó, có thể coi công thức thức (2-9) trùng với công thức tính cho sàn 1 phương với sai số <6.5% (*Bảng 1*).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. S. Timoshenko và J. Gere, Lý thuyết tấm, vỏ, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 1976.

[2]. Е. И. Беленя, В. А. Балдин, Г. С. Веденików, Б. Н. Кошутин, Т. Н. Морачевский, А. Б. Пуховский, Д. Н. Стрелецкий và Б. Ю. Уваров, Металлические конструкции, Москва: Стройиздат, 1986.

[3]. N. T. Tùng, "Khảo sát điều kiện bền về ứng suất pháp so với điều kiện độ võng của sàn thép," Tạp chí khoa học Kiến Trúc - Xây Dựng số 27, 2017.

[4]. Hopcroft, R. Motwani và J. D. Ullman, Introduction to automata theory, languages, and computation, 2nd edition, Upper Saddle River: Pearson Education International. ISBN 978-0321210296, 2003.

[5]. M. Virgolin và S. Pissis, "Symbolic Regression is NP-hard," arXiv:2207.01018 , 2022.

[6]. N. T. Tùng, "Yielding novel K-factor formula according to the AISC standard by machine learning," Tạp chí khoa học Kiến Trúc - Xây dựng số 46, 2023.

[7]. N. J. Nilsson, The Quest for Artificial Intelligence, Cambridge: Cambridge University Press. ISBN 9780521122931., 2009.

[8]. B. Davison và G. W. Owen, Steel Designers' Manual: The Steel Construction Institute, Wiley-Blackwell, 2005.

[9]. N. V. Hội, Kết cấu thép - Cấu kiện cơ bản, NXB Khoa học Kỹ thuật, 2005.

■Ngày nhận bài: 25/02/2025 ■Ngày sửa bài: 20/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 03/4/2025

Nghiên cứu thiết kế chiếu sáng công trình tôn giáo, tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống theo hướng phát triển du lịch văn hóa

Lighting design for traditional wooden religious structures in the context of cultural tourism development

> THS.KTS DƯƠNG AN HÀ
BM Nội thất, Khoa Kiến trúc & Quy hoạch, Trường ĐH Xây dựng Hà Nội
Email: hada@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu tập trung vào vai trò của thiết kế chiếu sáng trong việc nâng cao giá trị không gian kiến trúc nội thất các công trình tôn giáo tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống. Qua khảo sát thực tế và tổng hợp kinh nghiệm trong nước và quốc tế. Nghiên cứu đề xuất giải pháp thiết kế chiếu sáng nhằm bảo tồn và tôn vinh di sản kiến trúc truyền thống, đồng thời phát triển du lịch văn hóa tâm linh.

Từ khóa: Thiết kế chiếu sáng; di sản; kiến trúc nội thất; kết cấu gỗ truyền thống; du lịch văn hóa.

ABSTRACT

This research focuses on the role of lighting design in enhancing the spatial value of interior architecture in religious and spiritual buildings utilizing traditional wooden structures. Through field surveys and a synthesis of domestic and international experiences, the study proposes evaluation criteria and lighting design solutions aimed at preserving and honoring traditional architectural heritage, while simultaneously fostering spiritual and cultural tourism development.

Keywords: Lighting Design; heritage; interior Architecture; traditional wooden structures; cultural tourism.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Du lịch văn hóa tâm linh, dựa trên các công trình tôn giáo tín ngưỡng gỗ truyền thống tại Việt Nam, có tiềm năng lớn nhưng chưa được khai thác hiệu quả. Nhiều bài học kinh nghiệm cho thấy thiết kế chiếu sáng đóng vai trò then chốt trong phát triển du lịch bền vững, tôn vinh di sản và tạo trải nghiệm hấp dẫn. Nghiên cứu này tập trung vào việc đề xuất giải pháp thiết kế chiếu sáng phù hợp cho các công trình này, nhằm nâng cao giá trị thẩm mỹ, công năng, thu hút du khách, tạo trải nghiệm mới và bảo tồn di sản kiến trúc gỗ truyền thống.

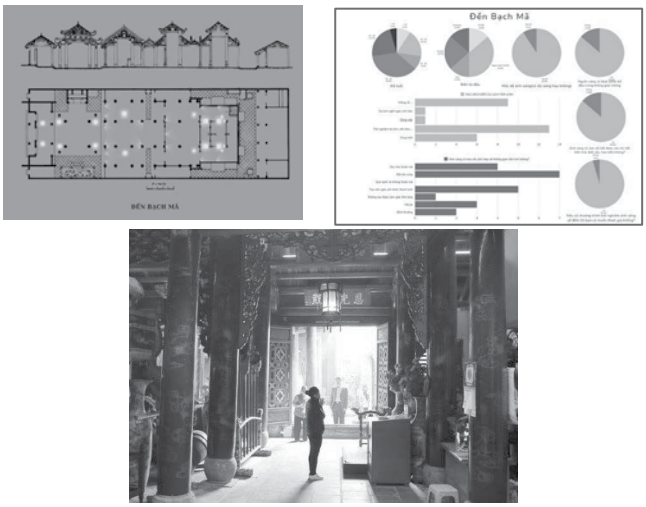
Phương pháp nghiên cứu bao gồm:

- Phương pháp thu thập và nghiên cứu tài liệu thứ cấp: các văn kiện, nghị quyết, kế hoạch, báo cáo liên quan đến việc bảo tồn các công trình truyền thống và phát triển du lịch văn hóa tại địa phương. Các nghiên cứu trong và ngoài nước có liên quan đến vấn đề thiết kế chiếu sáng tại các công trình kết cấu gỗ truyền thống nhằm phát triển du lịch văn hóa.
- Phương pháp khảo sát thực địa: Tiến hành khảo sát trực tiếp tại một số công trình tôn giáo tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống có hoạt động du lịch văn hóa tâm linh tại Hà Nội, bao gồm quan sát, thu thập thông tin, quay phim chụp hình, phỏng vấn và trao đổi ý kiến với khách du lịch, người dân địa phương…
- Phương pháp phân tích tổng hợp: Phân tích một cách có hệ thống nhằm nhận biết vai trò của thiết kế chiếu sáng tác động đến không gian kiến trúc nội thất công trình tôn giáo tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống. Tổng hợp và nhận diện các yếu tố chính ảnh hưởng nhằm đề xuất tiêu chí đánh giá và giải pháp thiết kế.
- Phương pháp nghiên cứu thí điểm và mô phỏng: Đề xuất áp dụng giải pháp thiết kế chiếu sáng vào một trường hợp nghiên cứu thí điểm điển hình nhằm làm rõ vai trò và hiệu quả của thiết kế chiếu sáng đến chất lượng không gian kiến trúc nội thất công trình kết cấu gỗ truyền thống.

2. NỘI DUNG

2.1. Thực trạng và thách thức

Việc thiết kế chiếu sáng cho các công trình sử dụng kết cấu gỗ truyền thống đóng vai trò then chốt trong công tác bảo tồn kiến trúc nội thất và phát huy giá trị văn hóa - tâm linh của di sản, đồng thời góp phần thúc đẩy phát triển du lịch bền vững. Thực tế tại một số công trình tôn giáo tín ngưỡng ở Việt Nam cho thấy, việc ứng dụng đèn LED hiện đại bước đầu đã mang lại những kết quả tích cực như tiết kiệm năng lượng, hạn chế tác động nhiệt lên vật liệu gỗ, đồng thời tạo nên hiệu ứng trang nghiêm phù hợp với không gian tâm linh. Tuy nhiên, quá trình triển khai còn tồn tại nhiều bất cập, đặc biệt là trong việc phân bổ ánh sáng, lựa chọn màu sắc và cường độ chiếu sáng chưa phù hợp. Nhiều công trình chưa đạt được hiệu quả thẩm mỹ tối ưu, ánh sáng chói gắt hoặc thiếu điểm nhấn khiến không gian mất đi sự hài hòa. Mặt khác, nhu cầu chiếu sáng của các nhóm đối tượng sử dụng khác nhau - cư dân địa phương, người đi lễ và du khách - đòi hỏi sự linh hoạt trong thiết kế nhằm đảm bảo cân bằng giữa công năng, tính thẩm mỹ và yếu tố tâm linh.



Hình 1. Thực trạng chiếu sáng và khảo sát nhu cầu sử dụng tại một số công trình tôn giáo tâm linh sử dụng kết cấu gỗ truyền thống có hoạt động du lịch

Những thách thức hiện hữu xuất phát từ đặc điểm cấu trúc không gian kín, mái dốc thấp, kết hợp với vật liệu gỗ tông màu trầm có xu hướng hấp thụ ánh sáng, dẫn đến tình trạng thiếu sáng cục bộ. Trong khi đó, các thiết bị chiếu sáng truyền thống như đèn sợi đốt hay huỳnh quang không đáp ứng được yêu cầu về hiệu quả chiếu sáng mà còn tiềm ẩn nguy cơ gây hại cho chất liệu gỗ do tỏa nhiệt hoặc phát xạ UV. Hệ thống chiếu sáng tại nhiều công trình hiện vẫn được lắp đặt một cách tùy tiện, thiếu quy hoạch tổng thể và không có sự tham gia của các chuyên gia, làm giảm hiệu quả thị giác và không phát huy được giá trị kiến trúc. Bên cạnh đó, việc thiếu vắng các tiêu chuẩn kỹ thuật, sự thiếu đồng bộ trong thiết bị chuyên dụng, quan điểm chưa thống nhất giữa các bên liên quan và lo ngại về ảnh hưởng của công nghệ hiện đại đến tính nguyên bản của di tích tiếp tục đặt ra nhiều vấn đề cần giải quyết.

Để khắc phục các tồn tại này, cần thiết phải tiến hành khảo sát thực tế, đánh giá hiệu quả chiếu sáng làm cơ sở đề xuất các giải pháp phù hợp, góp phần gìn giữ và nâng cao giá trị các công trình gỗ truyền thống trong bối cảnh hiện nay.

2.2. Quan điểm và nguyên tắc

Thiết kế chiếu sáng trong các công trình tôn giáo tín ngưỡng có kết cấu gỗ truyền thống đóng vai trò quan trọng không chỉ trong việc đáp ứng các yêu cầu về công năng mà còn phải bảo tồn và phát huy giá trị văn hóa, lịch sử, thẩm mỹ của công trình. Quan điểm và nguyên tắc thiết kế tổng thể hướng đến việc kết hợp hài hòa ánh sáng nhân tạo và tự nhiên, tuân thủ các tiêu chí: bảo vệ nguyên trạng công trình, đảm bảo công năng và thẩm mỹ, an toàn, bền vững và dễ bảo trì. Cụ thể như sau:

• Tôn trọng tối đa tính nguyên bản của công trình

- Bảo vệ giá trị lịch sử và văn hóa: Hệ thống chiếu sáng phải được thiết kế sao cho không gây hư hại đến kết cấu gỗ và các yếu tố kiến trúc truyền thống. Ánh sáng cần được phân bổ và thiết kế sao cho không tác động trực tiếp đến bề mặt gỗ, giúp bảo tồn nguyên trạng công trình.

- Tránh làm biến dạng cảm quan không gian: Ánh sáng phải tôn trọng không gian tâm linh và giá trị cảm quan của công trình, không làm sai lệch hoặc biến đổi màu sắc của vật liệu gỗ và các chi tiết trang trí.

• Đảm bảo tiện nghi nhìn rõ cho các hoạt động trong không gian

- Đảm bảo đủ ánh sáng cho các hoạt động tôn giáo: Chiếu sáng cần đáp ứng các yêu cầu về ánh sáng cho các nghi lễ, thờ cúng, tụng kinh và sự kiện cộng đồng. Ánh sáng cần phải đảm bảo vừa đủ để hỗ trợ các hoạt động này mà không gây lóa mắt hay phân tâm người tham gia.

- Chiếu sáng cho các hoạt động du lịch: Hệ thống chiếu sáng cần hỗ trợ các hoạt động tham quan, giới thiệu và thưởng ngoạn của khách du lịch, giúp họ dễ dàng chiêm ngưỡng các yếu tố kiến trúc mà không làm mất đi sự trang nghiêm của không gian.

- Đảm bảo yêu cầu về độ rọi và độ chói: Hệ thống chiếu sáng phải tuân thủ các tiêu chuẩn về độ rọi (lux), độ chói (luminance), chỉ số hoàn màu (CRI) để không chỉ cung cấp đủ ánh sáng mà còn giúp người sử dụng có cảm giác dễ chịu và không bị căng thẳng.

- Tôn trọng tâm sinh lý người sử dụng: Chiếu sáng cần chú trọng đến trải nghiệm cảm xúc và yếu tố tâm sinh lý của người sử dụng, tạo ra một không gian dễ chịu và phù hợp với cảm giác tâm linh, không gây mệt mỏi hay căng thẳng cho người tham gia.

• Tôn vinh các giá trị thẩm mỹ của kết cấu gỗ truyền thống

- Hài hòa với không gian và vật liệu gỗ: Ánh sáng phải phù hợp với các vật liệu gỗ truyền thống, tạo ra sự hài hòa và tôn vinh với các chi tiết trang trí, màu sắc và vật liệu đặc trưng của công trình.

- Nâng cao trải nghiệm cảm xúc trong không gian: Ánh sáng phải thể hiện được ý đồ và thông điệp tôn giáo tín ngưỡng được truyền tải, giúp người tham gia cảm nhận được vẻ đẹp thẩm mỹ đi cùng với ý nghĩa tâm linh của công trình.

• Hệ thống chiếu sáng linh hoạt, đa dạng

- Hệ thống chiếu sáng cần có khả năng điều chỉnh linh hoạt về cường độ, nhiệt độ màu, góc chiếu và thời gian chiếu sáng để phù hợp với các loại hoạt động khác nhau (nghi lễ, thờ cúng, tụng kinh, tham quan du lịch, sự kiện cộng đồng).

- Tích hợp các kịch bản chiếu sáng: Các kịch bản chiếu sáng nên được thiết lập để hỗ trợ các hoạt động khác nhau, chẳng hạn như kịch bản cho nghi lễ thờ cúng, cho các buổi tụng kinh, hoặc cho các hoạt động tham quan. Điều này giúp không gian luôn phù hợp với nhu cầu thực tế của từng thời điểm.

• Tuân thủ các yêu cầu an toàn - an ninh trong công trình công cộng có hoạt động du lịch

- Đảm bảo an toàn về điện và cháy nổ: Các thiết bị chiếu sáng phải được lựa chọn sao cho có thể vận hành ổn định và an toàn trong môi trường công trình gỗ, tránh gây ra bất kỳ nguy cơ cháy nổ nào. Hệ thống điện phải tuân thủ các tiêu chuẩn an toàn quốc gia và quốc tế.

- Đảm bảo an ninh cho người sử dụng: Các khu vực trong và ngoài công trình cần được chiếu sáng đầy đủ để đảm bảo an ninh và tránh các nguy cơ tai nạn cho người tham quan cũng như người tham gia các hoạt động tôn giáo tín ngưỡng.

• Hướng đến hiệu quả năng lượng - phát triển bền vững

- Tiết kiệm năng lượng và chi phí vận hành: Hệ thống chiếu sáng cần sử dụng công nghệ LED tiết kiệm năng lượng, có tuổi thọ dài, và hiệu suất cao. Điều này không chỉ giúp giảm chi phí vận hành mà còn giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

- Ứng dụng công nghệ chiếu sáng thông minh: Cần tích hợp công nghệ cảm biến và tự động điều chỉnh ánh sáng tùy theo nhu cầu sử dụng thực tế, chẳng hạn như điều chỉnh cường độ ánh sáng hoặc tự động tắt khi không có người.

• Đáp ứng các yêu cầu về bảo trì - bảo dưỡng

- Lựa chọn thiết bị bền vững và dễ bảo trì: Các thiết bị chiếu sáng phải có độ bền cao, ít hư hỏng và dễ dàng thay thế. Hệ thống chiếu sáng cũng cần được thiết kế sao cho việc bảo trì, thay thế thiết bị hoặc sửa chữa không làm ảnh hưởng đến hoạt động của công trình.

- Bố trí thiết bị dễ dàng tiếp cận cho bảo dưỡng: Cần bố trí các thiết bị chiếu sáng tại các vị trí thuận tiện cho việc bảo dưỡng, giúp tiết kiệm thời gian và công sức trong quá trình bảo trì.

2.3. Giải pháp thiết kế

• Một số yếu tố cần xem xét

Khi thiết kế chiếu sáng nhân tạo cho các công trình tôn giáo tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống, cần xem xét nhiều yếu tố để

đảm bảo tính thẩm mỹ, hiệu quả và an toàn. Vị trí đặt đèn và mức độ chiếu sáng phải phù hợp với địa điểm, tránh gây ảnh hưởng đến khu dân cư lân cận và đảm bảo an ninh ban đêm. Thiết kế chiếu sáng không được làm tổn hại đến kiến trúc nguyên bản, đèn phải được đặt kín đáo, dễ bảo trì và phù hợp với cảnh quan tổng thể. Ngoài ra, cần kiểm soát ô nhiễm ánh sáng, ưu tiên đèn có nhiệt độ màu thấp và tiết kiệm năng lượng để bảo vệ môi trường và di tích. Hệ thống chiếu sáng cũng phải có nguồn điện dự phòng, đảm bảo hoạt động liên tục trong tình huống khẩn cấp, đồng thời hỗ trợ định hướng và an toàn cho người dân cũng như du khách.

• ***Xác định định hướng thiết kế chiếu sáng***

Định hướng thiết kế chiếu sáng cho công trình tôn giáo tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống cần đạt được sự cân bằng giữa bảo tồn giá trị tinh thần, văn hóa, lịch sử, đáp ứng yêu cầu công năng, thẩm mỹ và phát triển bền vững.

Bảng 1. Bảng định hướng thiết kế chiếu sáng cho công trình tôn giáo tâm linh sử dụng kết cấu gỗ truyền thống có hoạt động du lịch

Yếu tố	Cân nhắc	Hiệu quả
Thẩm mỹ	Đèn chiếu sáng có khả năng tái tạo màu sắc tốt (CRI>=80)	Các hiện vật hiển thị đúng tính chất của chúng. Không làm biến dạng màu sắc tự nhiên của vật liệu gỗ hoặc làm thay đổi không gian cảm quan của công trình.
	Nhiệt độ màu ấm (CCT 3000K)	Tạo ra không gian ấm áp và ấn tượng
	Chiếu sáng chung *(Ambient light)* với cường độ chiếu sáng thấp.	Tạo ra cảm giác không gian và bầu không khí tâm linh phù hợp mà không gây chói mắt hoặc bóng đổ che khuất các đặc điểm của công trình
	Sử dụng ánh sáng gián tiếp *(Indirect light)*	Giảm tác động nhiệt và bức xạ lên bề mặt gỗ. Làm nổi bật kết cấu và màu sắc của các vật liệu, các chi tiết trang trí. Hiệu ứng mềm mại, dịu mắt hơn ánh sáng trực tiếp, tạo bầu không khí tâm linh.
	Sử dụng nhiều nguồn sáng	Tạo ra hiệu ứng chiếu sáng tự nhiên và đa dạng. Hạn chế xuất hiện các vị trí bị chói, phản xạ và bóng đổ.
	Các thiết bị chiếu sáng nhỏ gọn, đặt ở vị trí khuất trong cấu trúc khung gỗ, không làm lộ nguồn sáng hoặc gây xâm phạm tới cấu trúc kiến trúc.	Khuếch tán lên các diện, đảm bảo chiếu sáng chung cho toàn bộ không gian.
Công năng	Đáp ứng các tiêu chuẩn về chiếu sáng công cộng (độ rọi, độ chói, chỉ số hoàn màu).	Thoải mái về tiện nghi thị giác đối với mắt người, đáp ứng các điều kiện quan sát chủ quan
	Tính toán để kết hợp hài hòa giữa ánh sáng nhân tạo và ánh sáng tự nhiên vào các thời điểm trong ngày.	Giảm thiểu chói, lóa, và các luồng ánh sáng không mong muốn. Cung cấp sự thoải mái, dễ chịu cho người xem và quang cảnh xung quanh.
	Phân vùng ánh sáng có cường độ chiếu sáng phù hợp với các hoạt động: - Khu vực nghi lễ/thờ cúng: Chiếu sáng tập trung vào vị trí tượng thờ, ban thờ… - Sinh hoạt cộng đồng: Chiếu sáng đồng đều, đảm bảo đủ ánh sáng cho hoạt động chung. - Tụng kinh: Ánh sáng dịu nhẹ, chiếu sáng cục bộ vừa đủ để hỗ trợ thị giác mà không làm gián đoạn sự tập trung. - Bố trí ánh sáng đủ sáng tại các lối đi, bậc thang, và khu vực sinh hoạt cộng đồng - Chiếu sáng góc chiếu hẹp vào các chi tiết kiến trúc có giá trị.	Tạo chiều sâu với nhiều lớp không gian. Đảm bảo đủ cường độ ánh sáng phù hợp với hoạt động ở các khu vực khác nhau, tránh các nguy cơ tai nạn. Giúp khách tham quan dễ dàng chiêm ngưỡng tổng thể không gian và các chi tiết kiến trúc.
	Tích hợp công nghệ điều chỉnh ánh sáng để kiểm soát cường độ và nhiệt độ màu.	Tạo ra nhiều kịch bản chiếu sáng linh hoạt, phù hợp với các hoạt động và thời gian khác nhau.
Kinh tế	Hệ thống chiếu sáng tiết kiệm năng lượng	Giúp chi phí vận hành thấp
	Đèn chiếu sáng có tuổi thọ dài, đảm bảo hiệu ứng chiếu sáng và bảo trì tối thiểu.	Duy trì hiệu ứng chiếu sáng trong thời gian dài hơn và giữ chi phí vận hành thấp.
	Bố trí hệ thống đèn ở các vị trí thuận tiện để bảo trì mà không ảnh hưởng đến hoạt động thường nhật của công trình.	Dễ dàng thay thế mà không cần can thiệp vào cấu trúc gỗ.
Bền vững	Sử dụng nguồn sáng LED	Hiệu suất cao, tiêu thụ năng lượng thấp, không tỏa nhiệt nhiều.
	Kết hợp với cảm biến chuyển động hoặc cảm biến ánh sáng để tự động điều chỉnh hệ thống chiếu sáng theo nhu cầu thực tế.	Tiết kiệm năng lượng
	Đảm bảo không gây ô nhiễm ánh sáng.	Giảm thiểu tác động có hại lên môi trường xung quanh, đặc biệt trong các khu vực yên tĩnh.
	Sử dụng thiết bị chiếu sáng đạt tiêu chuẩn an toàn điện, chống cháy nổ. Tích hợp các cảm biến an ninh, hệ thống chiếu sáng khẩn cấp ở các khu vực quan trọng.	Đảm bảo an toàn cho công trình công cộng, đặc biệt trong môi trường gỗ dễ bắt lửa.

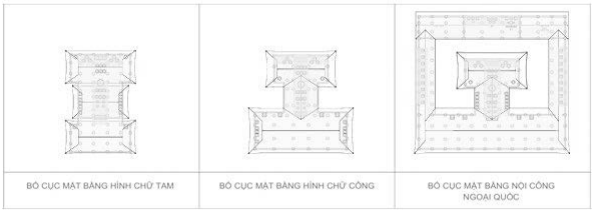
• ***Phân bổ ánh sáng***

Khi thiết kế ánh sáng cho công trình tôn giáo tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống tại Việt Nam, ngoài yếu tố thẩm mỹ và văn hóa, còn cần đảm bảo các thông số kỹ thuật liên quan đến độ rọi, độ chói, cường độ chiếu sáng và nhiệt độ màu, cũng như phân vùng chiếu sáng phù hợp, nhằm tạo ra không gian linh thiêng, bảo vệ kết cấu gỗ và đáp ứng yêu cầu sử dụng của các hoạt động chức năng. Dưới đây là đề xuất về phân vùng chiếu sáng và một số thông số ánh sáng cho từng khu vực trong công trình:

Bảng 2. Bảng áp dụng các thông số kỹ thuật chiếu sáng trên căn cứ mục đích sử dụng và tiêu chí thẩm mỹ

Khu vực	Độ rọi (lux)	Độ chói (cd/m^2)	Cường độ chiếu sáng	Nhiệt độ màu (K)
Chính điện	300-500	< 300	Nổi bật, linh thiêng	2700K-3000K
Bàn thờ phụ	200-400	< 200	Nhẹ nhàng, tập trung	2700K-3000K
Hành lang, lối đi	100-150	< 200	Phân tán đều	3000K-3500K
Tiền đường	50-150	< 150	Phân tán đều	3000K-3500K
Sân vườn, lối vào	50-100	< 150	Phân tán đều	3000K-4000K

Đối với các dạng hình thức mặt bằng phổ biến của các công trình tôn giáo tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống, có thể đề xuất phương án phân vùng chiếu sáng như sau: Phân vùng và tạo sự tương phản về độ sáng giữa các khu vực trong không gian, định hướng hành trình khách tham quan và nhấn mạnh các vị trí quan trọng như bàn thờ, tượng hoặc trang trí...



Hình 2. Phương án phân vùng chiếu sáng cho các dạng bố cục mặt bằng

• ***Thiết kế hệ thống chiếu sáng và lựa chọn thiết bị chiếu sáng***

Hệ thống điện áp thấp, đảm bảo an toàn phòng chống cháy nổ, dễ lắp đặt, tiết kiệm chi phí và linh hoạt trong thiết kế. Do tính chất của công trình, hệ thống điện chiếu sáng và các thiết bị cần có khả năng chịu được nhiệt độ và điều kiện thời tiết khắc nghiệt.

Thiết bị cần được lắp đặt tại các vị trí tránh ảnh hưởng đến thẩm mỹ công trình nhất có thể. Hệ thống kỹ thuật, đường điện cho thiết bị chiếu sáng cần được giấu đi khéo léo sau các chi tiết cấu kiện gỗ. Vị trí đặt đèn có thể cân nhắc là trên bề mặt xà hoặc quá giang, nguồn sáng được che bởi các cấu kiện gỗ. Cần đồng bộ hệ thống chiếu sáng từ nội thất cho đến mặt đứng kiến trúc, cảnh quan, từ đó có thể tạo ra các kịch bản chiếu sáng linh hoạt và phù hợp.



Hình 3. Minh họa giải pháp thiết kế chiếu sáng áp dụng trường hợp điển hình nghiên cứu: Chùa Kim Liên, Hà Nội

Lựa chọn nguồn sáng cần có khả năng mô phỏng ánh sáng tự nhiên (ánh sáng mặt trời) tái tạo màu sắc chân thực, và đồng thời cũng phải thoải mái về tiện nghi thị giác đối với mắt người, đáp ứng các điều kiện quan sát chủ quan. Ánh sáng màu ấm hoặc trung tính thường được sử dụng lắp đặt tại các công trình kết cấu gỗ, vì kết hợp hài hòa với màu sắc trầm ấm của gỗ, tạo nên một không gian ấm cúng, gần gũi.

Kết hợp các cách thức chiếu sáng linh hoạt trong các lớp ánh sáng: Chiếu sáng chung, chiếu sáng chức năng, chiếu sáng trọng tâm, chiếu sáng trang trí.

3. KẾT LUẬN & KIẾN NGHỊ

Nghiên cứu cho thấy công trình tôn giáo sử dụng kết cấu gỗ truyền thống tại Việt Nam có giá trị văn hóa sâu sắc, nhưng hệ thống chiếu sáng hiện tại còn nhiều hạn chế, chưa đáp ứng yêu cầu thẩm mỹ và công năng. Ánh sáng không chỉ cần bảo tồn giá trị văn hóa mà còn đóng vai trò quan trọng trong thu hút du khách và phát triển kinh tế du lịch.

Thực trạng hiện tại còn thiếu các tiêu chuẩn thiết kế chiếu sáng phù hợp với cấu trúc gỗ, đặc thù tín ngưỡng và nhu cầu du lịch. Nghiên cứu đã đề ra những giải pháp thiết kế chiếu sáng cho các công trình tôn giáo, tín ngưỡng kết cấu gỗ truyền thống, mục tiêu là phát triển du lịch văn hóa tâm linh, dựa trên tổng hợp lý thuyết và thực tiễn cụ thể như:

• Phân vùng và tạo sự tương phản về độ sáng giữa các khu vực trong không gian.

• Kết hợp các cách thức chiếu sáng linh hoạt.

• Lựa chọn nguồn sáng có các thông số phù hợp và công nghệ hiện đại tiết kiệm năng lượng. Kết hợp sử dụng nguồn sáng truyền thống và kỹ thuật chiếu sáng hiện đại.

• Hệ thống chiếu sáng đảm bảo an toàn phòng chống cháy nổ, dễ lắp đặt, bảo trì, tiết kiệm chi phí. Hệ thống kỹ thuật, đường điện cần được giấu đi khéo léo sau các chi tiết cấu kiện gỗ.

• Kịch bản chiếu sáng đa dạng, linh hoạt phù hợp với nhiều hoạt động và trải nghiệm khác nhau.

Nghiên cứu đề xuất một số kiến nghị nhằm góp phần cải thiện thiết kế chiếu sáng từ đó nâng cao giá trị của các công trình tín ngưỡng sử dụng kết cấu gỗ truyền thống góp phần vào phát triển nền kinh tế du lịch như sau:

• Nhà nước hỗ trợ xây dựng tiêu chuẩn chiếu sáng cho các hoạt động du lịch tâm linh, tạo điều kiện tài chính và pháp lý cho các đơn vị thiết kế;

• Khuyến khích các tổ chức và doanh nghiệp tư nhân đầu tư vào nghiên cứu và ứng dụng công nghệ chiếu sáng hiện đại, bền vững; Đào tạo chuyên sâu cho kiến trúc sư thiết kế chiếu sáng;

• Thiết lập cơ chế kiểm tra chất lượng thiết bị chiếu sáng để đảm bảo sự phát triển bền vững của thị trường chiếu sáng tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. TCVN 13608:2023 Chiếu sáng nhân tạo bên ngoài các công trình công cộng.

[2]. TCVN 7114 - 1:2008 Ecgonomi - Chiếu sáng nơi làm việc.

[3]. TCVN 14167:2024 - Bảo tồn di sản văn hóa - Hướng dẫn và quy trình lựa chọn ánh sáng thích hợp cho trưng bày trong nhà.

[4]. Quyết định số 13/2011/QĐ-UBND của UBND TP Hà Nội: Về việc ban hành Quy định quản lý chiếu sáng đô thị trên địa bàn TP Hà Nội.

[5]. Bộ Văn hóa, Thể thao và Du lịch ban hành Quyết định số 1894/QĐ-BVHTTDL ngày 14/7/2023 về Đề án một số mô hình phát triển sản phẩm du lịch đêm.

[6]. Tiêu chuẩn thiết kế chiếu sáng quốc tế ISO 8995:2002(CIE S008/E:2001) - Lighting of indoor work places.

[7]. Patrick Vandeplaque (2003). Kỹ thuật chiếu sáng. NXB Khoa học kỹ thuật.

[8]. Viện Bảo tồn di tích (2018); Kiến trúc Chùa Việt Nam qua tư liệu Viện bảo tồn di tích; NXB Văn hóa dân tộc.

[9]. ThS.KTS Đặng Nhật Minh (2020). Nhận diện các loại hình kiến trúc gỗ Việt Nam qua bố cục không gian, tổ chức mặt bằng, cấu trúc mái và kết cấu khung gỗ. Tạp chí Kiến trúc.

[10]. Rudiger Ganslandt, Harald Hofmann (1992). Handbook of lighting design. Erco edition. Vieweg.

[11]. Iskandar, Zulfan Zacky, Adelina Ratika Isti, Putu Ayu P.Agustiananda, Hanif Budiman (2023). The role of light in the architecture of religious buildings. Devotion: Jourrnal of Research and Community service.

[12]. Sameer Kumar, Suhrid Pal (2018). Light in religious architecture: Contemporary Trends. National Seminar on "Light in Architecture: Intervention & Invention".

■Ngày nhận bài: 26/02/2025 ■Ngày sửa bài: 27/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Đánh giá đặc tính nước thải đô thị với mô hình hệ thống thoát nước riêng tại TP Đà Lạt, Việt Nam

Evaluation of Urban wastewater characteristics in the Separate sewerage systems in Da lat City, Vietnam

> TS DƯƠNG THU HẰNG
BM Cấp thoát Nước, Khoa Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: hangdt@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo đánh giá đặc tính nước thải đô thị thu gom từ hệ thống thoát nước riêng, nghiên cứu điển hình tại TP Đà Lạt trong 5 năm (2020–2024). Kết quả cho thấy nước thải có tải lượng ô nhiễm cao, với BOD_5 trung bình 300 mg/L, NH_4-N 60 mg/L và PO_4-P 9 mg/L. Các tỷ lệ đặc trưng BOD_5/COD (0.65), TSS/BOD_5 (0.67), BOD_5/NH_4-N (5.51) và BOD_5/PO_4-P (37.54) cho thấy nước thải phù hợp cho xử lý sinh học loại bỏ chất hữu cơ và dinh dưỡng. Việc đánh giá đúng đặc tính nước thải là cơ sở quan trọng để lựa chọn công nghệ và thiết kế hệ thống xử lý nước thải phù hợp. Nghiên cứu cũng đề xuất hướng tái sử dụng nước thải sau xử lý, góp phần thực hiện các mục tiêu phát triển bền vững.

Từ khóa: Đặc tính nước thải; hệ thống thoát nước riêng; xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học; hiệu quả xử lý; tái sử dụng nước thải.

ABSTRACT

This study evaluates the characteristics of urban wastewater collected from a separate sewer system, with a case study conducted in Da Lat City over a five-year period (2020-2024). The results indicate that the wastewater has a high pollution load, with an average BOD_5 concentration of 300 mg/L, NH_4-N of 60 mg/L, and PO_4-P of 9 mg/L. Characteristic ratios such as BOD_5/COD (0.65), TSS/BOD_5 (0.67), BOD_5/NH_4-N (5.51), and BOD_5/PO_4-P (37.54) suggest that the wastewater is well-suited for biological treatment processes aimed at removing organic matter and nutrients. Proper assessment of wastewater characteristics is essential for selecting appropriate treatment technologies and designing effective treatment systems. The study also proposes the reuse of treated wastewater as a sustainable approach that supports long-term environmental goals and resource conservation.

Keywords: Wastewater characteristics; separate sewer system; biological wastewater treatment; treatment efficiency; wastewater reuse.

1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

Trong bối cảnh đô thị hóa và gia tăng dân số nhanh, lượng nước thải sinh hoạt tại Việt Nam đang gia tăng đáng kể. Theo báo cáo của Ngân hàng Thế giới, Việt Nam hiện đang đứng trong nhóm 30 quốc gia có lượng nước thải lớn nhất thế giới, với khoảng 12 triệu m^3 nước thải đô thị phát sinh mỗi ngày (Tạp chí Môi trường 2022, 2023, Thời báo Kinh tế, 2023). Tuy nhiên, theo báo cáo của các chuyên gia Hội Cấp thoát Nước Việt Nam, tỷ lệ lượng nước thải phát sinh được thu gom trong hệ thống thoát nước ước tính chỉ đạt 60% và chỉ có khoảng 15% lượng nước thải hiện được xử lý tại các nhà máy xử lý nước thải tập trung tại các đô thị trên toàn quốc, phần lớn còn lại được xả thải trực tiếp ra môi trường mà không qua xử lý (WorldBank, 2024, Tổng cục thống kê Việt Nam, 2025).

Hệ thống thoát nước tại Việt Nam hiện nay chủ yếu là hệ thống thoát nước chung, trong đó nước thải sinh hoạt và nước mưa được thu gom chung và xử lý tại các nhà máy xử lý nước thải tập trung. Tuy nhiên, mô hình này đang gặp phải nhiều vấn đề như quá tải, hiệu quả xử lý thấp và chi phí đầu tư cao (WorldBank, 2012).

Một số đô thị tại Việt Nam như Đà Lạt, Huế (khu đô thị mới), Nha Trang và Cam Ranh đã triển khai hệ thống thoát nước riêng hoặc nửa riêng, góp phần nâng cao hiệu quả thu gom nước thải sinh hoạt và giảm thiểu ô nhiễm môi trường khu vực đô thị. Nước thải sinh hoạt được thu gom từ hệ thống thoát nước riêng, thường có nồng độ chất hữu cơ (BOD, COD) và dinh dưỡng (N, P) cao. Việc xử lý nước thải có tải trọng hữu cơ cao vừa đem lại thuận lợi và khó khăn trong công tác lựa chọn công nghệ sinh học xử lý hiệu quả và tiết kiệm chi phí.

Mục tiêu nghiên cứu này là đánh giá đặc tính nước thải sinh hoạt thu gom từ hệ thống thoát nước riêng, là cơ sở quan trọng trong lựa chọn công nghệ xử lý nước thải và vận hành hiệu quả nhà máy xử lý đáp ứng yêu cầu xả thải. Nghiên cứu điển hình tại Nhà máy xử lý nước thải Đà Lạt với số liệu được thu thập trong 5 năm. Từ đó bàn luận khả năng ứng dụng công nghệ xử lý nước thải phù hợp với đặc tính nước thải tại các đô thị ở Việt Nam, thảo luận tiềm năng tái sử dụng nước thải sau xử lý, hướng tới mục tiêu phát triển bền vững.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Hệ thống thu gom và xử lý nước thải TP Đà Lạt được đầu tư theo từng giai đoạn nhằm nâng cao năng lực xử lý nước thải đô thị. Giai đoạn

1 được triển khai từ năm 2002, sử dụng nguồn vốn viện trợ không hoàn lại từ cơ quan Phát triển Quốc tế Đan Mạch (Danida) trong khuôn khổ Dự án Vệ sinh TP Đà Lạt, đã hoàn thành và đi vào vận hành từ năm 2007, với quy mô phục vụ khoảng 7.245 hộ dân trên diện tích 260 ha và công suất xử lý đạt 7.400 m^3/ngày.đêm. Giai đoạn 2 của dự án được thực hiện với nguồn vốn vay từ Ngân hàng Thế giới, mở rộng phạm vi thu gom và tăng công suất thêm 5.000 m^3/ngày.đêm, nâng tổng công suất xử lý lên 12.400 m^3/ngày.đêm. Giai đoạn này hoàn tất và được đưa vào vận hành từ tháng 12/2018, nâng tổng số hộ dân được phục vụ lên 11.209 hộ, với phạm vi bao phủ lên đến 569 ha. Hệ thống thoát nước đặc thù thu gom nước thải sinh hoạt và đô thị, riêng tách với nước mưa, góp phần quan trọng trong việc cải thiện chất lượng môi trường nước và giảm thiểu ô nhiễm tại khu vực trung tâm TP Đà Lạt.

Nước thải được thu gom về trạm bơm thoát nước chính, đưa về nhà máy xử lý nước thải tập trung của TP Đà Lạt. Nhà máy gồm hai mô-đun xử lý tương ứng với 2 giai đoạn phát triển kết hợp công nghệ kỵ khí và hiếu khí nhằm xử lý hiệu quả nước thải sinh hoạt và công nghiệp có tải lượng hữu cơ cao. Quy trình chính bao gồm: tiếp nhận - song chắn rác - lắng cát - bể Imhoff - bể lọc sinh học hiếu khí (giai đoạn 1)/Bể lọc sinh học kỵ khí (giai đoạn 2) - lắng thứ cấp - hồ sinh học - khử trùng.

Đối tượng trọng tâm của nghiên cứu này là nước thải đầu vào của hệ thống thoát nước riêng, lấy số liệu thu thập trong 5 năm, từ 2020-2024 và kết quả phân tích mẫu nước thực tế tại trạm bơm chính của hệ thống thoát nước tập trung của TP Đà Lạt và tại công trình tiếp nhận của nhà máy xử lý nước thải thành phố. Các chỉ tiêu đánh giá bao gồm: nhiệt độ, độ pH, tổng hàm lượng cặn lơ lửng (TSS), nhu cầu oxy hóa học (COD) và nhu cầu oxy sinh học trong 5 ngày (BOD_5), amoni và nitrat hoặc tổng nitơ (NH_4-N, NO_3-N và TN-N), photpho hoặc tổng photpho (PO_4-P/TP-P).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng 4 phương pháp chính: (1) Khảo sát thực địa, nhằm đánh giá hệ thống hệ thống thoát nước TP Đà Lạt, thu thập mẫu nước và phỏng vấn nhân viên vận hành; (2) Tổng quan tài liệu và kế thừa kinh nghiệm, dựa trên phân tích số liệu thứ cấp từ báo cáo quan trắc, phân tích nội bộ và dữ liệu từ đơn vị đo đạc đạt chuẩn VIMCERTS trong giai đoạn 2020-2024, nhằm làm rõ đặc tính nước thải, công nghệ xử lý và đối chiếu với các tiêu chuẩn, quy chuẩn kỹ thuật hiện hành; (3) Phỏng vấn chuyên gia, nhằm khai thác ý kiến chuyên môn trong công tác đánh giá đặc tính và hiệu quả xử lý nước thảim đề xuất công nghệ xử lý và giải pháp vận hành bền vững, dựa trên kinh nghiệm thực tiễn và mô hình đã áp dụng thành công trong nước và trên thế giới; (4) Phân tích sắc xuất thống kê số liệu, để biểu thị phân bổ giá trị trọng tậm, tin cậy.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

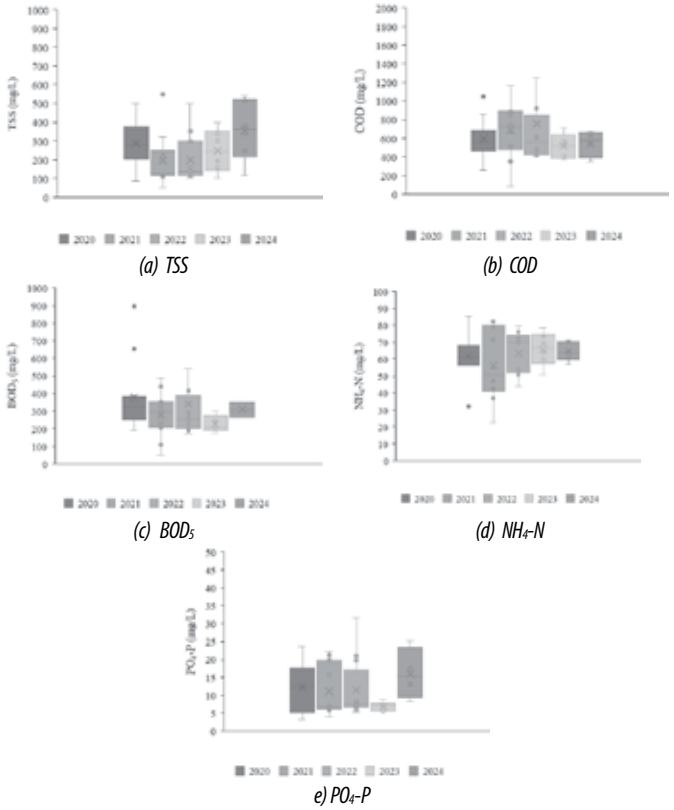
3.1. Diễn biến thành phần các chất ô nhiễm trong nước thải đô thị

Hình 1 biểu thị diễn biến thành phần các chất ô nhiễm trong nước thải thu gom trong hệ thống thoát nước riêng TP Đà Lạt, trong 5 năm gần đây (2020-2024).

Kết quả nghiên cứu cho thấy nước thải đô thị từ hệ thống thoát nước riêng tại Đà Lạt có thành phần các chất ô nhiễm khá ổn định trong 5 năm, thế hiện nồng độ đặc trưng đối với nước thải nước thải sinh hoạt được thu gom trong hệ thống thoát nước riêng, gần như không bị pha loãng và tác động bởi nước mưa và nước chảy tràn bề mặt của đô thị. Hàm lượng cặn lơ lửng trung bình dao động 180-360 mg/L dao động quanh biên độ 200-250 mg/L. Hàm lượng chất hữu cơ, biểu thị qua giá trị COD và BOD cao, giá trị trung bình 600 mg/L và 300 mg/L tương ứng, ổn định qua các năm. Hàm lượng dinh dưỡng theo N trong nước thải tính theo chỉ số amoni cao điển hình cho nước thải sinh hoạt, xấp xỉ 60 mg/L, nitrat không xuất hiện do nước thải đầu vào do thế oxy hóa âm. Hàm lượng phosphate dao động quanh giá trị 9 mg/L.

Phân tích kết quả đo lưu lượng nước thải theo giờ trong mỗi ngày, cho thấy lưu lượng thu gom về hệ thống khá ổn định giữa các mùa trong năm, lưu lượng dao động về đến nhà máy 400-600 m^3/h, lưu lượng trung bình 520m^3/h, cao hơn về các thời điểm tháng 7-10.

Từ các kết quả thu thập và đo đạc thống số nước thải thực tế, nếu tính trên tải lượng các chất ô nhiễm theo người trong, ta có 50-60 g TSS, 65-75 g BOD_5; 150-170 g COD, 16-18 g NH_4-N và 2.0-2.5 g PO_4-P/người.ngày đêm. Nếu so với các thông số tham khảo trong văn bản pháp quy hiện hành như TCVN 7957:2023 hiện hành (Bảng 21 - Tải lượng ô nhiễm trong nước thải sinh hoạt), các giá trị thông số cặn thấp hơn xấp xỉ 0.9 lần nhưng các chất ô nhiễm hữu cơ (BOD_5 của nước chưa lắng) cao hơn 1.15-1.2 lần, các chỉ số dinh dưỡng ni tơ amoni cao hơn 1.8-2 lần và photpho ở ngưỡng giá trị max. Sự sai khác về chỉ số amoni sẽ ảnh hưởng lớn đến quá trình chuyển hóa các chất và các điều kiện vận hành công trình, chất lượng nước thải sau xử lý. Điều này cho thấy vai trò rất quan trọng của công tác đánh giá sát thực các thông số ô nhiễm trong nước thải đầu vào để làm căn cứ tính toán tải lượng và thiết kế các công trình xử lý nước thải, đảm bảo hiệu quả quá trình xử lý đáp ứng chất lượng nước sau xử lý theo yêu cầu đặt ra.



(a) TSS *(b) COD*

(c) BOD_5 *(d) NH_4-N*

e) PO_4-P

Hình 1. Diễn biến thành phần các chất ô nhiễm trong nước thải đô thị TP Đà Lạt (2020-2024)

3.2. Đặc tính nước thải của hệ thống thoát nước riêng TP Đà Lạt, Việt Nam

Các thông số đặc trưng được sử dụng giúp đánh giá mức độ ô nhiễm của nước thải tiếp nhận vào nhà máy xử lý và định hướng lựa chọn phương pháp xử lý phù hợp. Tỷ lệ giữa các chỉ số thành phần các chất có trong nước thải phản ánh bản chất các dạng tồn tại các chất trong nước thải đầu vào, Bảng 1 phân tích tỷ lệ hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước thải đô thị thu gom trong hệ thống thoát nước riêng thành phố Đà Lạt, trong 5 năm gần đây (2020-2024).

Tỷ lệ COD/BOD_5 dao động từ 1.1-2.5 cho thấy nước thải có khả năng phân hủy sinh học, thích hợp cho xử lý sinh học, tương ứng tỷ lệ BOD_5/COD là 0,4-1.0 xác nhận nước thải có tải lượng hữu cơ cao, thích hợp với quá trình chuyển hóa sinh học để loại bỏ, nhưng đồng thời dễ gây mùi. Tỷ lệ NH_4/COD là 0,08-0.13 và TSS/COD là 0,4 lần lượt chỉ ra nguồn gốc sinh hoạt phù hợp với nước thải đô thị.

Bảng 1. Tỷ lệ hàm lượng các chất ô nhiễm trong nước thải đô thị thu gom trong hệ thống thoát nước riêng TP Đà Lạt, trong 5 năm (2020-2024).

Tỷ lệ	Giá trị trung bình	Min.	Max.	Giá trị điển hình*
COD/BOD_5	1.72	1.06	2.53	1.25-2.5
BOD_5/COD	0.65	0.40	0.94	0.5
TSS/BOD_5	0.67	0.50	0.89	0.8-1.2
TSS/COD	0.42	0.26	0.55	0.5
BOD_5/NH_4-N	5.51	4.45	7.21	4-5
BOD_5/PO_4-P	37.54	24	68	20-30
NH_4-N/COD	0.11	0.08	0.13	0.1

**: giá trị điển hình được tham khảo tại (Metcalf and Eddy, 1991) và TCVN 7957-2023.*

Tỷ lệ BOD_5/NH_4-N là 4.5-7.2, là khoảng giá trị cao, thuận lợi cho quá trình khử nitrat sinh học, nhưng cần lưu ý đảm bảo lượng cấp khí trong tính toán thiết kế bể xử lý sinh học quá trình nitrat hóa. Tỷ lệ BOD_5/TSS là 0.8-1.2, phù hợp với giá trị trung bình thường thấy, phản ánh bản chất các hạt cặn sơ cấp, vốn có trong nước thải phần lớn là cặn hữu cơ dễ phân hủy sinh học. Giá trị trung bình 1,0 thường được dùng để xác định tải lượng bùn tối đa phù hợp với nước thải đô thị.

Tỷ lệ BOD_5/NH_4-N và tỷ lệ BOD_5/PO_4-P đầu thấp nhu cầu cân bằng C/N/P hình thành sinh khối vi sinh vật trong hệ xử lý sinh học hiếu khí (BOD_5/NH_4-N/PO_4-P 100:5:1), chứng tỏ hàm lượng N và P trong nước thải đầu vào cao, dư thừa 2.3-3.6 lần NH_4-N và 0.3-3.0 lần PO_4-P cho quá trình tạo sinh khối trong hệ bùn hoạt tính truyền thống. Để quá trình loại bỏ N thông qua quá trình nitrat hóa và khử nitrat hiệu quả, lượng oxy cần cung cấp trong phương trình phản ứng nitrat hóa theo lý thuyết 4.57 mg oxygen/mg NH_4-N và lượng C hữu cơ trong tỷ lệ khuyến cáo 8.6 mg BOD/mg NO_3-N bị khử, xấp xỉ 2.5-3.0 cho tỷ lệ BOD/NH_4-N. Để loại bỏ 50%N trong nước thải đầu vào, đáp ứng yêu cầu TN theo cột B, QCVN 40:2011/BTNMT (40 mg/L) thì lượng C hữu cơ trong nước thải đầu vào đối với nhà máy là có khả năng tự đáp ứng.

3.3. Thảo luận về đặc tính nước thải và hiệu quả công nghệ xử lý nước thải đô thị tại Việt Nam

So sánh với giá trị thành phần các chất trong nước thải đô thị Việt Nam, nước thải thu gom từ hệ thống thoát nước riêng đặc thù như ở Đà Lạt có tỷ lệ COD/BOD_5 thấp hơn nhưng tỷ lệ BOD_5/TSS và BOD_5/NH_4-N/PO_4-P thuận lợi cho quá trình xử lý bằng phương pháp sinh học để loại bỏ các chất hữu cơ và dinh dưỡng hiệu quả. Theo báo cáo của các đô thị khác, nước thải đô thị tại Việt Nam có đặc điểm tải lượng hữu cơ theo chỉ số BOD_5 trung bình 50-150 mg/L, tỷ lệ COD/BOD_5 từ 2–2.5, NH_4-N từ 4-25 mg/L và TP dao động từ 2-10 mg/L (Tran, 2002, Hạ *et al.*, 2012, WorldBank, 2012). Thành phần còn bao gồm chất rắn lơ lửng, kim loại nặng và chất hoạt động bề mặt, gây ảnh hưởng đến hiệu quả xử lý sinh học. Tuy nhiên, nhiều nhà máy gặp khó khăn khi tỉ lệ BOD/TN chỉ đạt 1.6-4.1, nhiều nơi chỉ xấp xỉ 1.3-1.8, dẫn đến hiệu quả xử lý N (quá trình khử nitrat) thấp (Tran, 2002). Thực tế, công nghệ bùn hoạt tính khó đạt tải lượng hữu cơ như thiết kế sẽ dẫn đến hệ quả xử lý tốn kém, phức tạp và đòi hỏi bổ sung nhiều hóa chất tạo điều kiện thỏa mãn quá trình sinh học khử nitrat và photpho diễn ra.

Việc hiểu rõ thành phần và tính chất nước thải đô thị là cơ sở quan trọng để lựa chọn phương pháp xử lý phù hợp, đảm bảo hiệu quả và bền vững cho hệ thống thoát nước và xử lý nước thải tại Việt Nam. Thiết kế công nghệ phù hợp với điều kiện thực tế địa phương, tăng cường khảo sát đầu vào, tối ưu hóa vận hành và chú trọng đến xử lý bùn thải là rất thiết kế để nâng cao hiệu quả và tính bền vững của hệ thống xử lý nước thải đô thị.

Hiệu quả vận hành của các nhà xử lý nước thải tại trong nước cho thấy hệ thống thoát nước riêng biệt kết hợp với công nghệ xử lý phù hợp, như bể kỵ khí, lọc sinh học tại Nhà máy xử lý nước thải Đà Lạt, đã giúp nâng cao hiệu suất xử lý COD lên đến 90%, đồng thời giảm chi phí vận hành và tiết kiệm năng lượng, chi phí điện năng chỉ xấp xỉ 0.4 kWh/1m^3 nước thải (số liệu thu thập và phân tích mẫu tại Nhà máy Xử lý nước thải, 2024). Tuy nhiên, việc áp dụng mô hình thoát nước riêng cũng gặp phải một số thách thức như chi phí đầu tư ban đầu cao, yêu cầu về mặt bằng và công nghệ xử lý phù hợp. Việc nắm bắt đặc tính nước thải là nền tảng cho thiết kế và lựa chọn công nghệ xử lý hiệu quả, phù hợp điều kiện đô thị Việt Nam. Đối với nước thải thu gom từ hệ thống thoát nước riêng, với đặc thù thành phần các chất hữu cơ và dinh dưỡng, công nghệ xử lý N và P bằng phương pháp sinh học có tính kinh tế và hiệu quả.

Hầu hết công nghệ sinh học cốt lõi được sử dụng tại các nhà máy xử lý nước thải đô thị hiện nay là bùn hoạt tính (Activated Sludge, AS). Theo Giáo sư Nguyễn Việt Anh (2024) và báo cáo của Ngân hàng thế giới (WorldBank, 2012), trong số hơn 80 nhà máy xử lý nước thải đô thị đã và đang xây dựng tại Việt Nam, hơn 70% các nhà máy áp dụng công nghệ bùn hoạt tính truyền thống (Conventional Activated Sludge, CAS) như Bình Hưng (TP.HCM), hoặc công nghệ bùn hoạt tính tích hợp pha (kỵ khí -) thiếu khí - hiếu khí ((Anaerobic) - Anoxic - Oxic, AAO) như Trúc Bạch, Kim Liên, Bắc Thắng Long (Hà Nội), Nam Viên; mương oxy hóa (OD), hồ sinh học được áp dụng tại một số địa phương như Buôn Mê Thuột, Bình Hưng Hòa (TP.HCM), Phú Mỹ Hưng, Sơn Trà, Hoa Cương, Phú Lộc và Ngũ Hành Sơn (Đà Nẵng), Bắc Giang, Phan Rang-Tháp Chàm. Nhiều nhà máy sử dụng công nghệ bùn hoạt tính theo mẻ (Sequential Batch Reactor, SBR) để tối ưu hóa diện tích và quá trình vận hành như Yên Sở, Hồ Tây, Bảy Mẫu, Cầu Ngà, Vinhomes Ocean Park (Hà Nội), Bắc Giang-II, Bãi Cháy, Hà Khánh (Quảng Ninh). Công nghệ lọc sinh học (Biotrickling filter, BTF) chỉ được áp dụng ở số ít các nhà máy như Đà Lạt, Hà Thanh (Bình Định). Thực tế, công nghệ bùn hoạt tính (AS) chiếm ưu thế ứng dụng hơn bởi hiệu quả xử lý chất hữu cơ và dinh dưỡng (N-P) cao, và hơn cả là có nhiều kinh nghiệp từ các nhà máy đã và đang vận hành hơn so với công nghệ lọc sinh học (BTF). Về nguyên lý và khả năng tiếp nhận và xử lý nước thải, công nghệ lọc sinh học có khả năng kết hợp xử lý một phần N tốt hơn công nghệ bùn hoạt tính truyền thống (CAS); chi phí tiêu thụ năng lượng thấp; có khả năng linh hoạt với nước thải có nồng độ hữu cơ không cao; diện tích đất sử dụng ít, và quản lý vận hành đơn giản. Việc lựa chọn công nghệ xử lý nước thải phù hợp với đặc tính nước thải và điều kiện cụ thể của từng địa phương là rất quan trọng.

3.4. Tái sử dụng nước thải đô thị sau xử lý, xu hướng chiến lược và động lực phát triển

Trong bối cảnh khan hiếm tài nguyên nước do gia tăng dân số và biến đổi khí hậu, tái sử dụng nước thải đang dần trở thành một giải pháp chiến lược để đảm bảo an ninh nguồn nước và đáp ứng nhu cầu cung cấp nước toàn cầu. Theo Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc, ngành nông nghiệp tiêu thụ đến 70% tổng lượng nước ngọt khai thác toàn cầu, và con số này có thể lên đến 90% ở các quốc gia thu nhập thấp (van Staveren *et al.*, 2016, Anh *et al.*, 2019a, Jones *et al.*, 2021). Điều này gây áp lực lớn lên nguồn nước ngọt, đặc biệt tại các vùng khô hạn và bán khô hạn.

Tái sử dụng nước thải là quá trình thu gom, xử lý và sử dụng lại nước thải cho các mục đích có lợi như tưới tiêu, công nghiệp, hoặc phục hồi môi trường (Anh *et al.*, 2019a, Anh *et al.*, 2019b). Theo Jones et al. (2021), sản lượng nước thải toàn cầu đạt khoảng 359,4 tỷ m^3/năm, nhưng chỉ 63% được thu gom và 52% (tương đương 188,1 tỷ m^3/năm) được xử lý (Jones *et al.*, 2021). Trong đó, tỷ lệ nước thải được tái sử dụng trong nông nghiệp dao động từ 1,5% đến 20% (Sato *et al.*, 2013). Ngoài cung cấp nguồn nước thay thế, nước thải tái sử dụng còn chứa các chất dinh dưỡng quan trọng như nitơ (N), phospho (P), kali (K), sắt (Fe), kẽm (Zn), đồng (Cu) và mangan (Mn) - giúp cải thiện độ phì nhiêu của đất và giảm nhu cầu phân bón hóa học (Sato *et al.*, 2013, Bedbabis *et al.*, 2014, Hardie *et al.*, 2022, Xu and Yao, 2022). Các quốc gia điển hình khan hiếm nguồn

nước ngọt như như Mỹ, Hà Lan, Đan Mạch, Hàn Quốc, Singapore, Israel, Úc và Trung Quốc, đã áp dụng thành công mô hình tái sử dụng nước thải trong (Jazbec and Turner, 2018, Heurkens and Dąbrowski, 2020, Hajjar *et al.*, 2025). Mô hình hệ thống thoát nước riêng tại Buiksloterham (Amsterdam, Hà Lan) thu hồi nước mưa, giảm chi phí năng lượng xử lý nước thải và khối tích công trình xử lý, tái sử dụng nước xám, giảm tiêu thụ tài nguyên (ước tính giảm 25% nhu cầu tài nguyên đến năm 2034). Hơn nữa, phân tách và thu gom nước tiểu cho phép thu được 90% chất dinh dưỡng (nước tiểu là 1% của dòng nước thải nhưng chứa 85% nitơ, 50% photphat trong nước thải đô thị) (Gladek *et al.*, 2015). Việc mở rộng mô hình này là một hướng đi quan trọng để đạt được Mục tiêu Phát triển bền vững (SDGs) vào năm 2030 (Economic and Affairs, 2016).

Tái sử dụng nước thải sau xử lý tại Việt Nam hiện đang ở giai đoạn khởi đầu, với nhiều tiềm năng nhưng cũng đối mặt với không ít thách thức. Việc tái sử dụng nước thải chủ yếu tập trung vào các mục đích như tưới cây, rửa đường, và bổ sung nước cho hệ thống sông hồ, chưa được áp dụng rộng rãi cho tưới tiêu hoặc các mục đích có yêu cầu cao hơn như cấp nước sinh hoạt hay sản xuất công nghiệp (Anh *et al.*, 2019a, Anh *et al.*, 2019b, Quân *et al.*, 2021). Tại Buôn Mê Thuột, việc tái sử dụng nước thải sau xử lý để cấp nước tưới cây cà phê đang được chú trọng nhằm giải quyết vấn đề thiếu nước và bảo vệ môi trường. Trong lĩnh vực công nghiệp, một số doanh nghiệp lớn như Heineken Việt Nam đã triển khai mô hình tái sử dụng nước thải để giảm chi phí và bảo vệ môi trường (Anh *et al.*, 2019b). Tuy nhiên, việc áp dụng còn mang tính tự phát, chưa được quy định rõ ràng trong các quy hoạch và chính sách quốc gia. Để thúc đẩy tái sử dụng nước thải, cần có khung pháp lý chặt chẽ, tiêu chuẩn chất lượng nước tái sử dụng cụ thể cho từng mục đích sử dụng, và sự tham gia chủ động của các doanh nghiệp ngay từ giai đoạn thiết kế dự án.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Việc nghiên cứu đặc tính nước thải đô thị từ hệ thống thoát nước riêng tại Đà Lạt đã chỉ ra rằng nước thải trong khu vực chủ yếu là nước thải sinh hoạt với thành phần ô nhiễm đặc trưng, bao gồm hàm lượng chất hữu cơ cao (COD, BOD_5) và các chất dinh dưỡng như nitơ (NH_4-N) và photpho (PO_4-P). Các thông số này cho thấy nước thải ở Đà Lạt phù hợp với các phương pháp xử lý sinh học, đặc biệt là trong việc xử lý các chất hữu cơ và dinh dưỡng. Tỷ lệ COD/BOD_5 và tỷ lệ BOD_5/TSS, BOD_5/NH_4-N/PO_4-P cho thấy tính khả thi của việc sử dụng phương pháp sinh học để xử lý nước thải hiệu quả. Tuy nhiên, các chỉ số như NH_4-N và PO_4-P cao hơn mức tải lượng khuyến cáo của tiêu chuẩn thiết kế, có thể ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của bể xử lý sinh học và cần phải được tính toán cẩn thận trong thiết kế và vận hành hệ thống xử lý. Công tác đánh giá và giám sát chất lượng nước thải đầu vào là yếu tố quan trọng để xác định công nghệ xử lý phù hợp, từ đó đảm bảo hiệu quả xử lý và đáp ứng yêu cầu chất lượng nước sau xử lý. Kết quả nghiên cứu không chỉ đóng góp vào việc phát triển công nghệ xử lý nước thải bền vững, mà còn giúp nâng cao tỷ lệ thu gom và xử lý nước thải tại các đô thị, góp phần bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được thực hiện nhờ sự hỗ trợ của Trung tâm Quản lý Đầu tư và Khai thác Công trình Thủy lợi Đà Lạt, Nhà máy Xử lý nước thải thành phố Đà Lạt, và Viện Khoa học và Kỹ thuật Môi trường, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Các văn bản pháp quy:

[1]. QCVN 40:2011/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp.

[2]. TCVN 7957:2023- Thoát nước - Mạng lưới và công trình bên ngoài - Tiêu chuẩn thiết kế;

Các bài báo và báo cáo khoa học:

[3]. Anh, N. V., Ứ. T. L. Chi, V. T. M. Thanh and N. T. My (2019a). Xử lý, tái sử dụng nước thải, NXB Xây dựng.

[4]. Anh, N. V., N. T. My, T. T. Hương and V. T. M. Thanh (2019b). "Kiểm soát ô nhiễm và tái sử dụng nước thải - nghiên cứu điển hình với ngành công nghiệp gang thép." Tạp chí Môi trường, Tổng cục Môi trường, Bộ TNMT I/2019: 21-26.

[5]. Bedbabis, S., B. Ben Rouina, M. Boukhris and G. Ferrara (2014). "Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate." Journal of Environmental Management 133: 45-50.DOI: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.11.007.

[6]. Economic, U. N. D. o. and S. Affairs (2016). The Sustainable Development Goals Report 2016, United Nations.

[7]. Gladek, E., S. Van Odijk, P. Theuws and A. Herder (2015). Circular Buiksloterham, Transitioning Amsterdam to a Circular City.

[8]. Hạ, T. Đ., T. T. V. Nga and T. H. Sơn (2012). "Ứng dụng công nghệ AO-MBR để xử lý nước thải sinh hoạt Hà Nội." Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Viện KH&CN Việt Nam 50(2B): 40-47.

[9]. Hajjar, T., R. H. Mohtar, L. Abou Jaoude and S. F. Yanni (2025). "Treated wastewater reuse for irrigation in a semi-arid region." Science of The Total Environment 966: 178579.DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178579.

[10]. Hardie, M., S. Green, G. Oliver, N. Swarts, B. Clothier, R. Gentile and D. Close (2022). "Measuring and modelling nitrate fluxes in a mature commercial apple orchard." Agricultural Water Management 263: 107410.DOI: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107410.

[11]. Heurkens, E. and M. Dąbrowski (2020). "Circling the square: Governance of the circular economy transition in the Amsterdam Metropolitan Area." European Spatial Research and Policy 27: 11-31.DOI: 10.18778/1231-1952.27.2.02.

[12]. Jazbec, M. and A. Turner (2018). Creating a circular economy precinct.

[13]. Jones, E. R., M. T. H. van Vliet, M. Qadir and M. F. P. Bierkens (2021). "Country-level and gridded estimates of wastewater production, collection, treatment and reuse." Earth Syst. Sci. Data 13(2): 237-254.DOI: 10.5194/essd-13-237-2021.

[14]. Metcalf and I. Eddy (1991). Wastewater engineering, Treatment, Disposal and Reuse. United States of America, McGraw-Hill, Inc.

[15]. Quân, N. V., T. T. H. Nga, P. T. Thúy and N. M. Khải (2021). "Xử lý nước thải sinh hoạt và tái sử dụng nước thải sau xử lý tại Việt Nam." Tạp chí Môi trường Chuyên đề Tiếng Việt I/2021.

[16]. Sato, T., M. Qadir, S. Yamamoto, T. Endo and A. Zahoor (2013). "Global, regional, and country level need for data on wastewater generation, treatment, and use." Agricultural Water Management 130: 1-13.DOI: https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.08.007.

[17]. Tran, D. H. (2002). Study on Wastewater treatment for brewery factories in Vietnam, Ministry of Education and Tranining. 2/2002.

[18]. Van Staveren, M. F., J. F. Warner and M. Shah Alam Khan (2016). "Bringing in the tides. From closing down to opening up delta polders via Tidal River Management in the southwest delta of Bangladesh." Water Policy 19(1): 147-164.DOI: 10.2166/wp.2016.029.

[19]. WorldBank (2012). Vietnam - Urban wastewater review: Performance of the wastewater sector in urban areas : a review and recommendations for improvement (English). East Asia and the Pacific region urban sanitation review. Washington DC.

[20]. Xu, Z. and L. Yao (2022). "Opening the black box of water-energy-food nexus system in China: Prospects for sustainable consumption and security." Environmental Science & Policy 127: 66-76.DOI: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.10.017.

Các báo/website điện tử:

[21]. Tạp chí Môi Trường. (2022). Tuần hoàn, tái sử dụng nước thải sau xử lý trong công nghiệp – Tiềm năng và thách thức. Tạp chí Môi Trường. Truy cập từ https://tapchimoitruong.vn/wpm/nghien-cuu-23/tuan-hoan-tai-su-dung-nuoc-thai-sau-xu-ly-trong-cong-nghiep--tiem-nang-va-thach-thuc-28668

[22]. Tạp chí Môi trường (2023), Kinh nghiệm tái sử dụng nước thải ở các nước phát triển và công nghệ tái chế nước thải công nghiệp tại Việt Nam. Truy cập ngày 30.12.2023 từ https://tapchimoitruong.vn/chuyen-muc-3/kinh-nghiem-tai-su-dung-nuoc-thai-o-cac-nuoc-phat-trien-va-cong-nghe-tai-che-nuoc-thai-cong-nghiep-tai-viet-nam.

[23]. Thời báo Kinh tế Việt Nam (2023), Mỗi ngày, hơn 10 triệu mét khối nước thải chưa qua xử lý được thải ra môi trường. Truy cập ngày 30.12.2023 từ https://vneconomy.vn/chu-tich-hoi-cap-thoat-nuoc-moi-ngay-co-hon-10-trieu-m3-nuoc-thai-chua-qua-xu-ly-xa-ra-moi-truong-gay-o-nhiem.htm.

[24]. Tổng cục Thống kê Việt Nam. (2025). Thực trạng xử lý nước thải và bảo vệ môi trường tại Việt Nam - Kinh nghiệm từ Đan Mạch. GSO.gov.vn. Truy cập ngày 21.04.2025 từ https://www.gso.gov.vn/en/other-news/2025/01/the-status-of-wastewater-treatment-and-environmental-protection-in-vietnam-and-lessons-from-denmark.

[25]. World Bank, 2024. Vietnam needs $9B worth of water infrastructure investment: Truy cập ngày 21.04.2025 từ https://e.vnexpress.net/news/environment/vietnam-needs-9b-worth-of-water-infrastructure-investments-world-bank-4727773.html.

■Ngày nhận bài: 19/02/2025 ■Ngày sửa bài: 27/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 11/4/2025

Tổng quan các phương pháp hiện đại trong việc giảm thiểu hiện tượng thấm ngược ở kết cấu khối xây trong các công trình cũ và tiềm năng ứng dụng tại Việt Nam

Overview of modern methods for mitigating rising damp in masonry structures of aged buildings and their application potential in Vietnam

> TS TRẦN ĐÌNH CƯƠNG
Khoa Xây dựng, Học viện Hàng không Việt Nam
Email: cuongtd@vaa.edu.vn

TÓM TẮT

Thấm ngược làm suy giảm độ bền vật liệu, ảnh hưởng đến sức khỏe người sử dụng và hiệu suất công trình. Hiện tượng nước dâng mao dẫn từ nền đất lên tường xây là thách thức lớn trong bảo trì công trình. Bài báo tổng hợp các phương pháp chống thấm hiện đại nhằm giảm thiểu thấm ngược và đánh giá tiềm năng ứng dụng tại Việt Nam. Nghiên cứu phân tích tiêu chuẩn trong nước để xác định khoảng trống pháp lý, tổng hợp giải pháp từ tài liệu quốc tế và khảo sát thực trạng ứng dụng tại doanh nghiệp trong nước. Dựa trên các phân tích này, nghiên cứu đề xuất giải pháp phù hợp, đảm bảo tính khả thi về kỹ thuật và hiệu quả kinh tế trong điều kiện thực tiễn. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho bảo trì công trình cũ, góp phần bảo tồn di sản kiến trúc và thúc đẩy phát triển bền vững ngành Xây dựng.

Từ khóa: Tường xây cũ; kết cấu gạch đá; thấm ngược; mao dẫn; giải pháp.

ABSTRACT

Rising damp deteriorates material durability, affects occupant health, and reduces building performance. The capillary rise of water from the ground into masonry structures presents a significant challenge in building maintenance. This paper synthesizes modern waterproofing methods to mitigate rising damp and assesses their application potential in Vietnam. The study analyzes national standards to identify regulatory gaps, compiles solutions from international literature, and examines current practices in domestic enterprises. Based on these analyses, the research proposes suitable solutions that ensure technical feasibility and economic efficiency in real-world conditions. This study provides a scientific foundation for the maintenance of aging structures, contributing to the preservation of architectural heritage and promoting sustainable development in the construction industry.

Keywords: Old masonry walls; brick and stone structure; rising damp; capillary action; solutions.

1. MỞ ĐẦU

Hiện tượng thấm ngược trong tường xây gạch đá là một trong những nguyên nhân gây suy giảm chất lượng công trình nghiêm trọng, dẫn đến hư hỏng kết cấu, bong tróc bề mặt, hình thành nấm mốc, ảnh hưởng đến sức khỏe người sử dụng và tiềm ẩn nguy cơ chập cháy do thấm vào hệ thống điện. Đặc biệt, đối với các công trình lịch sử, hiện tượng này làm mất tính nguyên bản, phá hủy chi tiết kiến trúc và làm giảm giá trị văn hóa - du lịch của công trình (1). Hiện tượng này bắt nguồn từ nhiều dạng nguồn nước khác nhau và cơ chế mao dẫn trong vật liệu xây dựng. Thấm có thể đến từ nước ngầm, nước mưa, nước sử dụng, không khí ẩm (2). Các loại gạch đá và vữa xây thông thường đều có những mao dẫn. Khi bề mặt vật liệu này tiếp xúc với nước, nước sẽ thẩm thấu vào bên trong theo hiện tượng mao dẫn gây ra thấm. Hiện tượng mao dẫn là quá trình chất lỏng tự động dâng lên hoặc thấm vào trong các lỗ hẹp hoặc khoảng trống nhỏ giữa các vật liệu rắn, thường là ngược chiều với lực hấp dẫn (3). Bài báo chỉ đề cập hiện tượng thấm ngược từ dưới đất lên tường xây mà không đề cập đến các hiện tượng mao dẫn ngược khác được nêu trong nghiên cứu trước đó (4). Có nhiều cách để nhận diện hiện tượng này trong công trình từ đơn giản đến phức tạp (5). Đơn giản nhất là kiểm tra trực quan ở bề mặt của bức tường, đặc biệt là ở khu vực gần sàn nhà. Các vết ẩm, dấu hiệu nấm mốc hoặc lớp sơn bị bong tróc thì được xem là các dấu hiệu của hiện tượng này. Hoặc tại các vị trí đáng ngờ, kiểm tra độ ẩm bằng ẩm kế. Độ ẩm cao có thể cho thấy sự xuất hiện của hiện tượng mao dẫn. Ngoài ra, dải thử nitrate/sulfate giúp xác định

muối khoáng trên tường. Sự hiện diện của muối khoáng cho thấy có hiện tượng mao dẫn, bởi nước mưa vốn không chứa khoáng chất.

Thấm ngược trong tường cũ có nhiều nguyên nhân (6). Trường hợp phổ biến là do không có lớp ngắt mao dẫn. Hai là có lớp ngắt mao dẫn nhưng được thi công không đảm bảo kỹ thuật như sai vị trí, không đảm bảo kích thước, không liên tục, chất lượng kém. Thứ ba là sự ảnh hưởng của các lớp phủ chân tường. Đây là một yếu tố làm trầm trọng thêm tình trạng ẩm chứ không phải nguyên nhân chính. Thật vậy, các lớp phủ này ngăn cản sự bay hơi của nước có trong kết cấu tường ở gần mặt đất. Do đó, nước sẽ tiếp tục di chuyển lên cao hơn để tìm một bề mặt đủ rộng cho quá trình bay hơi. Cuối cùng là hiện tượng hiệu ứng bấc, có nghĩa là mặc dù lớp ngắt mao dẫn đã được thực hiện đúng cách, nhưng chỉ có lớp vữa trát bề mặt tường bị ảnh hưởng bởi hiện tượng thấm ngược do mao dẫn. Điều này xảy ra khi lớp vữa trát được thi công thấp hơn lớp ngắt mao dẫn và vật liệu của lớp vữa sử dụng không phù hợp với mục đích này.

Tại Việt Nam, chống thấm ngược trong các công trình cũ gặp nhiều thách thức do khí hậu nhiệt đới ẩm, vật liệu truyền thống kém chống thấm và sự xuống cấp theo thời gian. Thiết kế ban đầu thường thiếu hệ thống thoát nước và lớp bảo vệ phù hợp, khiến thấm ngược nghiêm trọng hơn. Biến động thời tiết như mưa nhiều, nhiệt độ chênh lệch lớn gây co ngót, nứt kết cấu, tạo điều kiện cho nước xâm nhập. Việc khắc phục gặp khó khăn do hạn chế công nghệ, kinh phí bảo trì cao, đặc biệt với công trình di sản. Do đó, áp dụng giải pháp chống thấm hiệu quả mà vẫn bảo tồn nguyên bản là một thách thức lớn trong xây dựng và bảo tồn tại Việt Nam (7). Vấn đề xử lý thấm ngược trong tường xây gạch đá cũ do hiện tượng mao dẫn chưa được quan tâm đúng mức bởi các cơ quan quản lý nhà nước và các đơn vị liên quan. Trong các tiêu chuẩn, quy định tại Việt Nam từ khâu thiết kế (8,9), thi công và nghiệm thu (10,11), khảo sát đánh giá tình trạng nhà và công trình xây gạch đá (12) đều không đề cập các giải pháp sửa chữa. Các doanh nghiệp xây dựng sử dụng các phương pháp tự đề xuất hoặc học hỏi từ bên ngoài để chống thấm ngược trong tường xây cũ (13).

Mục tiêu của bài báo là tổng quan về các phương pháp hiện đại phổ biến trong việc giảm thiểu hiện tượng thấm ngược ở kết cấu khối xây cũ ở trên thế giới. Sau đó, bài báo thảo luận và đề xuất khả năng ứng dụng các phương pháp này trong điều kiện cụ thể của Việt Nam, nơi có khí hậu nhiệt đới ẩm và nhiều công trình xây dựng cũ. Nghiên cứu nhằm hỗ trợ công tác bảo trì, bảo dưỡng các công trình xây cũ. Việc áp dụng các phương pháp hiện đại trong chống thấm ngược sẽ giúp bảo vệ lâu dài các công trình này, duy trì tính nguyên bản của kiến trúc và giảm thiểu tình trạng hư hỏng do thấm nước, từ đó kéo dài tuổi thọ của các công trình. Bên cạnh đó, nghiên cứu này cũng đóng góp vào phát triển bền vững ngành Xây dựng tại Việt Nam, khi ứng dụng các giải pháp bảo trì và cải tạo hiệu quả các công trình, tiết kiệm chi phí và giảm thiểu tác động tiêu cực đến môi trường.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu áp dụng phương pháp tổng hợp, phân tích và đánh giá tài liệu liên quan đến chủ đề. Trước tiên, các tài liệu trong nước liên quan được thu thập và phân tích. Cụ thể, nghiên cứu tổng hợp các tiêu chuẩn, quy chuẩn, và hướng dẫn kỹ thuật về xử lý thấm ngược cho tường xây cũ do mao dẫn trong xây dựng tại Việt Nam để xác định những khoảng trống trong hệ thống hiện hành. Đồng thời, các giải pháp từ các doanh nghiệp xây dựng trong nước cũng được thu thập để hiểu rõ thực trạng áp dụng hiện nay.

Song song với đó, nghiên cứu khảo sát các tư liệu quốc tế. Các tài liệu được chọn lọc từ quốc gia có hệ thống quản lý bảo trì, bảo dưỡng công trình xây dựng tiên tiến. Những tài liệu này được phân tích kỹ lưỡng để làm rõ đặc điểm của từng giải pháp. Cuối cùng, dựa trên các phân tích, nghiên cứu tổng hợp các giải pháp để đề xuất những giải pháp phù hợp với điều kiện tại Việt Nam. Giải pháp sử dụng cần hướng tới mục tiêu đảm bảo tính khả thi, hiệu quả kỹ thuật, tối ưu hóa kinh tế. Phương pháp tiếp cận toàn diện này cung cấp cơ sở khoa học và thực tiễn để đưa ra các khuyến nghị giá trị nhằm cải thiện chất lượng chống thấm trong xây dựng tại Việt Nam.

3. PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ THẤM NGƯỢC TRONG TƯỜNG XÂY CŨ

Nhiều tài liệu, hướng dẫn, bài viết và nghiên cứu bàn luận về các giải pháp xử lý thấm ngược trong tường xây cũ (5,6,14,15). Chẳng hạn như loại bỏ nguyên nhân, che giấu tác động, tạo lớp chống thấm bằng rào cản vật lý hoặc thẩm thấu hóa học, tăng nhiệt độ tường, tăng cường thông gió bên trong hoặc bên ngoài, sử dụng vữa hút ẩm, điện thẩm thấu chủ động và thụ động, cùng các phương pháp khác. Mỗi giải pháp có nguyên lý khác nhau và ưu nhược điểm đi kèm. Việc lựa chọn phương pháp xử lý phụ thuộc vào nhiều yếu tố như mức độ nghiêm trọng của vấn đề, đặc điểm công trình, điều kiện thi công, ngân sách và quyết định của chủ đầu tư. Các giải pháp phổ biến trên thế giới được đề cập dưới đây.

3.1. Giải pháp nhằm giảm nguồn cung cấp nước từ mặt đất

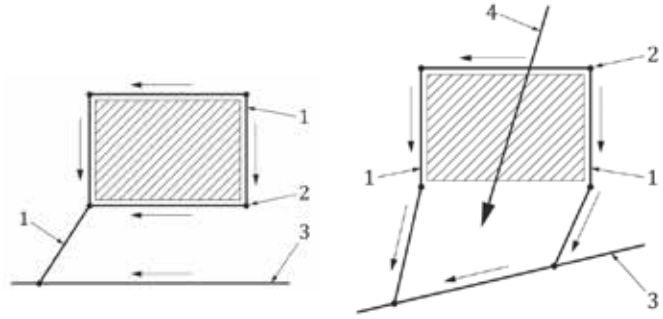
Nguồn nước từ mặt đất chủ yếu đến từ mạch nước ngầm, nước mưa thấm xuống, nước từ sông hồ lân cận, rò rỉ hệ thống cấp thoát nước và xâm nhập mặn ở vùng ven biển. Có thể giảm tác động của nguồn nước này đến công trình bằng cách tạo các rãnh thoát nước hoặc đặt màng chống thấm dọc theo chu vi của tòa nhà. Mạng lưới thoát nước là một công trình được thiết kế để thu gom và dẫn nước thoát ra khỏi đất. Các tiêu chuẩn liên quan đến thoát nước tại Việt Nam không đề cập đến rãnh thoát nước phục vụ cho việc giảm nguồn cung cấp nước từ mặt đất lên tường (16-18).

Trong hướng dẫn thực hành xây công trình bằng tường gạch tại Pháp, việc cần thiết phải tạo rãnh thoát nước phụ thuộc vào địa hình khu đất và tính chất của đất (Bảng 1). Cần thực hiện thoát nước mỗi khi công trình được xây dựng trên nền đất có đặc tính cơ học nhạy cảm với nước hoặc trên một lớp đất ít thấm nước (như đất sét, đất bùn) phủ bởi một lớp đất thấm nước. Nước thoát ra từ hệ thống thoát nước cần được dẫn đi đến nơi thu gom (19).

Bảng 1. Sự cần thiết của thoát nước theo tính chất địa hình và loại đất (19)

Tình trạng địa hình và loại đất	Đỉnh đồi, địa hình bằng phẳng hoặc dốc xuống từ công trình Và Đất thấm nước (sỏi, cát…)	Dốc về phía công trình hoặc nằm trong một vùng trũng Và/Hoặc Đất ít thấm nước (đất sét, đất bùn…) hoặc có độ thấm không rõ ràng
Kiến nghị	Không cần thoát nước	Cần thoát nước

Ngoài ra, vị trí hệ thống thoát nước xung quanh công trình còn phụ thuộc vào sự hiện diện của các công trình xung quanh. Khi điều kiện cho phép, thông thường hệ thống thoát được làm phía bên ngoài chu vi công trình. Còn trường hợp ngược lại thì hệ thống này được làm phía trong chu vi công trình (20). Tùy theo độ dốc của địa hình, công trình sẽ được bao quanh một phần hoặc hoàn toàn bởi hệ thống thoát nước (Hình 1).



(a) Trường hợp của các khu đất tương đối bằng phẳng

(b) Trường hợp của các khu đất có độ dốc đáng kể

Hình 1. Hệ thống rãnh thoát nước dọc theo chu vi công trình: 1- Rãnh thoát nước, 2- Hộp kiểm tra, 3-Ống thu nước, 4- Độ dốc tự nhiên của địa hình (20)

Trong trường hợp hệ thống thoát nước nằm ngay sát móng nông, cần tránh làm mất ổn định móng bằng cách không thay đổi trạng thái ẩm của nền đất hoặc loại bỏ các điểm tựa. Ống thoát nước phải được đặt trên một rãnh đỡ (có dạng bê tông lót) để tạo độ dốc phù hợp dọc theo đáy móng, đặc biệt khi nền đất không đồng nhất, có khả năng xuất hiện mạch nước hoặc bị xáo trộn.

Hệ thống thoát nước chu vi phải luôn nằm dưới nền sàn bên trong; nó có thể được đặt ở bên cạnh móng hoặc trên phần nhô ra của móng với một rãnh đỡ. Nếu độ sâu chôn móng không cho phép lắp đặt hệ thống thoát nước ngay sát, thì cần dịch chuyển hệ thống thoát nước chu vi ra khoảng hai mét để đáp ứng yêu cầu này.

Giải pháp màng chống thấm cũng có thể sử dụng để thay thế phương án mương thoát nước (21). Nghiên cứu này đề xuất việc sử dụng các rào chắn bằng đất sét bao bọc theo chu vi công trình để bảo vệ nó khỏi sự xâm nhập của độ ẩm từ mặt đất. Cơ chế chống thấm dựa trên sự nén chặt của hạt mịn, khả năng trương nở của khoáng sét khi hút nước, và sự lấp đầy lỗ rỗng trong đất, giúp giảm đáng kể độ dẫn thủy lực và ngăn chặn sự xâm nhập của độ ẩm. Việc sử dụng đất sét tự nhiên hoặc hỗn hợp đất sét cải tiến có thể cung cấp một phương pháp chống thấm chi phí thấp và ít tác động đến cấu trúc công trình.

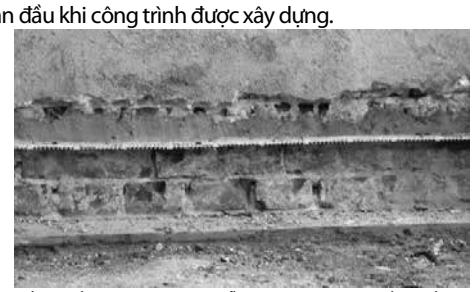
3.2. Giải pháp nhằm tăng cường sự bốc hơi nước

Các giải pháp này nhằm thúc đẩy sự bốc hơi nước nhanh chóng ra bên ngoài từ bên trong tường xây. Nhiều đề xuất đã được thử nghiệm, từ đơn giản đến phức tạp. Một cách đơn giản để làm khô tường ẩm là tăng cường thông gió, cho phép luồng không khí tự nhiên lưu thông và đẩy nhanh quá trình bay hơi độ ẩm. Hoặc có thể áp dụng các cách thông gió chủ động bằng hệ thống thông gió cơ học. Việc lựa chọn cách thông gió và tốc độ thông gió dựa trên đặc tính của tường cần xử lý. Các nghiên cứu đã cho thấy rằng giải pháp này có hiệu quả nhất định, đặt biệt mức giảm độ ẩm đáng kể trong các bức tường có độ dày nhỏ (22).

Một phương pháp khác để tăng cường sự bốc hơi nước là tạo sự thông thoáng cho lớp phủ của tường thông qua một loại vữa đặc biệt. Loại vữa này thúc đẩy sự bay hơi của nước tốt hơn so với vữa truyền thống và có tác dụng giảm tác hại của sự kết tinh muối (23). Vữa cho phép thoát hơi nước thường có đặc tính như độ xốp cao, khả năng khuếch tán hơi nước tốt, khả năng hút ẩm mao dẫn nhỏ, khả năng lưu trữ muối cao, chống chịu tốt với muối và hư hỏng do sương giá (3). Hiệu quả của giải pháp này phụ thuộc vào nhiều yếu tố như chất lượng vữa sử dụng, độ rỗng giữa lớp vữa và nền tường, độ ẩm không khí, thông gió xung quanh, độ dày của vữa và lớp sơn phủ cuối cùng.

3.3. Giải pháp nhằm thay đổi vật liệu trong tường

Trong phương án này, có hai lựa chọn để xử lý hiện tượng thấm ngược mao dẫn từ dưới lên trên của tường xây là cải tạo vật liệu và cấu trúc của tường. Giải pháp đầu tiên là cắt tường, tức là tại vị trí mong muốn, một phần chiều cao của tường được cắt bỏ và thay thế bằng một vật liệu chống lại hiện tượng mao dẫn (24). Các tấm chống thấm có thể bằng kim loại hoặc polyme (Hình 2). Mặc dù có thể sử dụng các tấm có độ bám dính tốt với vật liệu xung quanh, nhưng phương pháp này ảnh hưởng đến khả năng chịu cắt của tường và khả năng chống động đất. Nghiên cứu về khả năng chịu lực cắt của tường xây mới khi sử dụng các tấm chèn chống thấm ngược chỉ ra rằng sự có mặt của các tấm chèn làm giảm khả năng chịu lực cắt của tường xây (25). Rõ ràng, việc lấp đầy hoàn toàn khe cắt bằng vữa sửa chữa không dễ dàng cũng là một yếu tố bất lợi cho khả năng chịu lực của tường. Tuy nhiên, tỉ lệ ảnh hưởng của nó đến khả năng chịu lực ngang của công trình còn phụ thuộc giải pháp kết cấu ban đầu khi công trình được xây dựng.



Hình 2. Chống thấm ngược do mao dẫn trong tường xây bằng cắt tường: chèn tấm chống thấm và lấp đầy bằng vữa (24)

Cách thứ hai là chống thấm hóa học bằng cách tạo một lớp ngăn từ việc tiêm một chất hóa học kỵ nước hoặc làm tắc lỗ rỗng trên tiết diện tường ở vị trí mong muốn, thông thường ở gần mặt đất. Có nhiều loại sản phẩm được sử dụng cho phương pháp này, bao gồm silicat vô cơ, nhựa kỵ nước, paraffin nóng chảy (26). Kỹ thuật áp dụng để đưa hóa chất vào trong tường thường sử dụng phương pháp tiêm áp suất thấp và dẫn truyền theo trọng lực ở vị trí các lỗ khoan (Hình 3). Khoảng cách giữa các lỗ khoan thường dao động từ 10 đến 12cm, phụ thuộc vào mức độ thấm nước, loại vật liệu tường và dung dịch chống thấm sử dụng (13).



Hình 3. Chống thấm ngược do mao dẫn trong tường xây bằng hóa chất (13)

Phương pháp này ít ảnh hưởng đến khả năng chịu lực cắt của tường, vì vậy nó được sử dụng phổ biến hơn so với phương pháp cắt tường. Chống thấm hóa học đã được nghiên cứu và ứng dụng rộng rãi, từ phòng thí nghiệm đến hiện trường với quy mô lớn. Để lớp chống thấm hoạt động hiệu quả, cần tạo ra một lớp liên tục giữa các lỗ khoan. Nếu lớp này không liên tục, dù có làm giảm lượng nước thấm lên phần trên của tường, nó vẫn không thể ngăn chặn hoàn toàn hiện tượng mao dẫn. Có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả của phương pháp này như tính chất dung môi, khả năng hòa tan trong nước, áp suất và thời gian tiêm, sự hiện diện của vết nứt và lỗ rỗng.

4. THẢO LUẬN

Việc xử lý hiện tượng thấm ngược trong tường xây cũ là một thách thức quan trọng trong bảo trì và cải tạo các công trình xây dựng. Các phương pháp phổ biến có thể được chia thành ba loại: giảm nguồn cung cấp nước từ mặt đất, tăng cường sự bốc hơi nước và thay đổi vật liệu trong tường. Giải pháp thoát nước chu vi và sử dụng màng chống thấm giúp kiểm soát lượng nước xâm nhập từ đất, đặc biệt hiệu quả đối

với công trình có nền đất kém thấm. Việc tăng cường thông gió, sử dụng vữa thoát hơi ẩm giúp cải thiện tốc độ bốc hơi nước, tuy nhiên hiệu quả phụ thuộc vào điều kiện môi trường và chất lượng vật liệu. Trong khi đó, các phương pháp thay đổi vật liệu như cắt tường và chèn tấm chống thấm hay chống thấm hóa học mang lại hiệu quả cao trong việc ngăn chặn hiện tượng mao dẫn, nhưng có thể ảnh hưởng đến kết cấu công trình. Lựa chọn phương pháp phù hợp đòi hỏi phải xem xét kỹ lưỡng điều kiện thực tế, mức độ hư hại, ngân sách và tính khả thi thi công.

Tại Việt Nam, giải pháp chống thấm bằng hóa chất được sử dụng phổ biến do có nhiều ưu điểm vượt trội như tính linh hoạt, hiệu quả cao và ít xâm lấn đến kết cấu công trình (13). Phương pháp này chủ yếu áp dụng bằng cách tiêm hóa chất vào các lỗ khoan trên tường, tạo ra một lớp màng chống thấm bên trong, ngăn chặn hiện tượng mao dẫn và sự xâm nhập của nước từ nền đất. So với các phương pháp vật lý như cắt tường để chèn lớp chống thấm, giải pháp hóa học có chi phí hợp lý hơn, thi công nhanh chóng và ít gây ảnh hưởng đến kiến trúc cũng như kết cấu công trình. Bên cạnh đó, công nghệ chống thấm hóa học liên tục được cải tiến với các vật liệu thân thiện môi trường, có độ bền cao và khả năng thích nghi với điều kiện khí hậu nóng ẩm tại Việt Nam. Tuy nhiên, để đạt hiệu quả tối ưu, việc lựa chọn loại hóa chất phù hợp, kỹ thuật thi công đúng cách và bảo trì định kỳ là những yếu tố quan trọng cần được đảm bảo.

Để nâng cao hiệu quả và đảm bảo tính bền vững, tác giả đề xuất áp dụng đồng thời nhiều giải pháp chống thấm ngược, phù hợp với đặc điểm riêng của từng công trình (Bảng 2). Việc lựa chọn giải pháp sẽ dựa trên phân loại công trình theo vị trí của tường bao so với các công trình lân cận.

Bảng 2. Giải pháp chống thấm ngược kết hợp đề xuất

	Giải pháp phổ biến tại Việt Nam	Giải pháp kết hợp đề xuất
Công trình liền kề	Tiêm hóa chất	Tiêm hóa chất + thông gió + lớp phủ thoát hơi nước
Công trình biệt lập	Tiêm hóa chất	Tiêm hóa chất + thông gió + lớp phủ thoát hơi nước Hoặc Tiêm hóa chất + thông gió + lớp phủ thoát hơi nước + rãnh thoát nước

Với điều kiện khí hậu tại Việt Nam, việc kết hợp tăng cường thông gió, sử dụng vữa thoát hơi ẩm và tiêm hóa chất chống thấm là một giải pháp hợp lý và hiệu quả. Nó không chỉ kiểm soát độ ẩm mà còn giảm nguy cơ hư hại kết cấu. Cách tiếp cận này giúp duy trì tuổi thọ công trình tốt hơn, nhưng đòi hỏi đánh giá kỹ lưỡng và thi công đúng kỹ thuật. Đương nhiên, với các tường xây mới, giải pháp chống thấm ngược phải được áp dụng ngay từ đầu để đảm bảo độ bền kết cấu, ngăn chặn hiện tượng thấm nước từ sớm, giảm chi phí sửa chữa về sau và duy trì chất lượng công trình lâu dài (1).

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đánh giá các phương pháp chống thấm ngược nhằm giảm thiểu hiện tượng này trong kết cấu khối xây của các công trình cũ. Ba nhóm giải pháp chính bao gồm: giảm nguồn nước từ mặt đất, tăng cường sự bốc hơi và thay đổi vật liệu trong tường. Ở Việt Nam, chống thấm hóa học là phương pháp phổ biến, nhưng cần kết hợp với các giải pháp khác để đảm bảo tính bền vững. Nghiên cứu đề xuất áp dụng đồng thời tiêm hóa chất, tăng cường thông gió và sử dụng lớp phủ thoát hơi nước để kiểm soát độ ẩm và bảo vệ kết cấu. Đối với nhà biệt lập, việc bổ sung rãnh thoát nước giúp nâng cao hiệu quả chống thấm lâu dài. Việc áp dụng các giải pháp này không chỉ giúp duy trì độ bền công trình mà còn giảm chi phí bảo trì. Đặc biệt, với công trình mới, chống thấm ngược cần được triển khai ngay từ đầu để ngăn ngừa thấm nước và duy trì chất lượng lâu dài. Nghiên cứu này đóng góp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn giải pháp chống thấm phù hợp với điều kiện Việt Nam, đồng thời hỗ trợ bảo tồn công trình, tối ưu hóa chi phí duy tu và thúc đẩy phát triển bền vững trong ngành Xây dựng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Đình Cương. Phân tích và đánh giá giải pháp chống thấm ngược do hiện tượng mao dẫn trong tường xây mới bằng gạch đá: So sánh giữa Việt Nam và quốc tế. TCXD. 2025 Feb 19;(02):92–92.

[2]. Chống thấm - vấn đề nan giải - Tạp chí Kiến trúc [Internet]. 2019 [cited 2024 May 22]. Available from: https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/vat-lieu-cong-nghe/chong-tham-van-de-nan-giai.html.

[3]. Franzoni E. State-of-the-art on methods for reducing rising damp in masonry. J Cult Herit. 2018 Jun 1;31:S3-9.

[4]. Lâm Văn Phong. Công nghệ chống thấm mới với cơ chế "mao dẫn ngược": Bước đột phá trong xây dựng [Internet]. [cited 2025 Mar 16]. Available from: https://tapchixaydung.vn/cong-nghe-chong-tham-moi-voi-co-che-mao-dan-nguoc-buoc-dot-pha-trong-xay-dung-20201224000027173.html.

[5]. Comment diagnostiquer et traiter la remontée capillaire? [Internet]. 2023 [cited 2025 Mar 1]. Available from: https://bflfrance.fr/remontee-capillaire-traitement/.

[6]. Remontées capillaires [Internet]. [cited 2024 Dec 28]. Available from: https://qualiteconstruction.com/ressource/fiches-pathologie-batiment/remontees-capillaires/.

[7]. Thực trạng thấm dột tại các công trình dân dụng tại Việt Nam - Tạp chí Kiến Trúc [Internet]. 2023 [cited 2024 May 22]. Available from: https://www.tapchikientruc.com.vn/chuyen-muc/thuc-trang-tham-dot-tai-cac-cong-trinh-dan-dung-tai-viet-nam.html.

[8]. TCVN 5573:2011 - Kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế [Internet]. [cited 2024 May 22]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+5573%3A2011.

[9]. TCVN 5573:20XX. Kết cấu gạch đá và gạch đá cốt thép - tiêu chuẩn thiết kế. 2021; Available from: https://ibst.vn/upload/documents/file_upload/1641266070Ver-03.12-Du-thao-TCVN-5573-BXD.pdf.

[10]. TCVN 4085:2011 - Kết cấu gạch đá. Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu [Internet]. [cited 2024 May 22]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+4085%3A2011.

[11]. TCVN 4085:20XX. Thi công kết cấu khối xây - yêu cầu kỹ thuật. 2020; Available from: https://ibst.vn/upload/documents/file_upload/1641266035Ver-03.12.-du-thao-TCVN-4085-2011.pdf

[12]. TCVN 9378:2012 - Khảo sát đánh giá tình trạng nhà và công trình xây gạch đá [Internet]. [cited 2024 May 22]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+9378%3A2012.

[13]. Giải pháp chống thấm chân tường độ bền cao 30 - 40 năm [Internet]. 2022 [cited 2025 Mar 14]. Available from: https://chongthamnguoc.net/chong-tham-chan-tuong.html.

[14]. Traitement des remontées capillaires: les solutions [Internet]. [cited 2025 Mar 1]. Available from: https://www.lamaisonsaintgobain.fr/facades/conseils/renover-la-facade-de-sa-maison/remontees-capillaires-quels-traitements.

[15]. Camuffo D. Chapter 8 - Rising Damp Treatment and Prevention. In: Camuffo D, editor. Microclimate for Cultural Heritage (Third Edition) [Internet]. Elsevier; 2019 [cited 2025 Mar 14]. p. 153–66. Available from: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444641069000080.

[16]. TCVN 7957:2023 - Thoát nước - Mạng lưới và công trình bên ngoài – Yêu cầu thiết kế [Internet]. [cited 2025 Feb 10]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+7957%3A2023.

[17]. TCVN 4474:1987 - Thoát nước bên trong. Tiêu chuẩn thiết kế [Internet]. [cited 2025 Feb 10]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+4474%3A1987.

[18]. TCVN 4519:1988 - Hệ thống cấp thoát nước bên trong nhà và công trình. Quy phạm nghiệm thu và thi công [Internet]. [cited 2025 Feb 22]. Available from: https://tieuchuan.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+4519%3A1988.

[19]. Construire en maçonnerie de blocs en béton: Guide de bonnes pratiques [Internet]. Available from: https://www.fib.org/wp-content/uploads/2020/04/Guide-de-bonnes-pratiques-Maconnerie-BD-Web.pdf.

[20]. NF DTU 20.1 P3 (juillet 2020): Travaux de bâtiment - Ouvrages en maçonnerie de petits éléments - Parois et murs - Partie 3: Dispositions constructives minimales (indice de classement P 10-202-3).

[21]. Michette M, Lorenz R, Ziegert C. Clay barriers for protecting historic buildings from ground moisture intrusion. Herit Sci. 2017 Aug 2;5(1):1-11.

[22]. Pazderka J, Hájková E, Jiránek M. Underground air duct to control rising moisture in historic buildings: improved design and its drying efficiency. Acta Polytech. 2017 Oct 31;57(5):331–9.

[23]. Lubelli B, van Hees RPJ, Groot CJWP. Sodium chloride crystallization in a "salt transporting" restoration plaster. Cem Concr Res. 2006 Aug 1;36(8):1467-74.

[24]. Gavrilovic D. Building waterproofing remediation applying the "total cut" method. Facta Univ - Ser Archit Civ Eng. 2011;9(1):105-18.

[25]. Mojsilović N. Masonry elements with damp-proof course membrane: Assessment of shear strength parameters. Constr Build Mater. 2012 Oct 1;35:1002–12.

[26]. Dreyer J, Hecht C. Injection methods for retrofitting of moisture damaged constructions. IABSE Rep Rapp AIPC IVBH Rep. 1998;77:192.

■Ngày nhận bài: 26/02/2025 ■Ngày sửa bài: 18/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Xác định mức tiêu hao năng lượng đào đất của máy ủi

Determining the energy consumption of the bulldozer

> TS TRẦN ĐỨC HIẾU
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội; Email: hieutd@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Phương pháp xác định mức tiêu hao năng lượng của máy ủi có thể được sử dụng như một phần của hệ thống phương pháp hiện có để tính toán thiết kế máy ủi trong các giai đoạn lựa chọn và xác định thông số kỹ thuật. Phương pháp này cho phép xác định các giá trị hợp lý các thông số kỹ thuật chính của máy ủi, cũng như cung cấp dữ liệu cần thiết cho các bước tính toán tiếp theo. Các thông số đầu vào này là cơ sở để lựa chọn máy ủi phù hợp và thực hiện các tính toán về công suất, năng suất, độ bền, công thái học, môi trường, kỹ thuật và kinh tế. Phương pháp này giúp xem xét hợp lý ảnh hưởng của các yếu tố điều kiện vận hành đến các thông số kỹ thuật của máy. Việc tích hợp phương pháp luận vào hệ thống tính toán hiện có có thể được thực hiện theo nhiều cách khác nhau, tùy thuộc vào bản chất vấn đề và thông tin đầu vào. Bài báo trình bày các vấn đề liên quan đến việc sử dụng thiết bị một cách hợp lý, thông qua phân tích điều kiện vận hành để xác định mức tiêu hao năng lượng của máy ủi.

Từ khóa: Máy ủi; công suất; năng suất; mức tiêu hao năng lượng; lực cản.

ABSTRACT

The method for determining the energy consumption of a bulldozer can be used as part of the existing methodological system for bulldozer design calculations during the stages of parameter selection and specification. This approach enables the determination of reasonable values for the bulldozer's key technical parameters, as well as the provision of necessary data for subsequent calculations. These initial parameters serve as a foundation for selecting appropriate bulldozers and performing calculations related to power, productivity, durability, ergonomics, environmental impact, technical performance, and economic efficiency. The method also allows for a more rational consideration of the impact of operational conditions on the machine's technical characteristics. Integrating this methodology into the existing calculation framework can be carried out in various ways, depending on the nature of the problem and the input data. The paper addresses issues related to the efficient use of equipment by analyzing operational conditions to determine the bulldozer's energy consumption.

Keywords: Bulldozer; power; productivity; energy consumption; resistance.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Máy ủi là máy chủ đạo trong nhóm máy đào và vận chuyển đất, máy ủi được sử dụng phổ biến và hiệu quả nhất để thực hiện các công việc đào đắp đất đa dạng. Khối lượng thi công đất hàng năm được thực hiện ở nước ta là rất lớn và chúng được thực hiện bằng nhiều loại máy thi công đất khác nhau như: máy đào một gầu, máy san và máy ủi.

Quy trình làm việc của máy ủi**:** đào, di chuyển (vận chuyển) và phân phối lớp đất. Để tách lớp đất từ khối đất, bộ phận dao cắt của bàn ủi được ấn sâu vào trong tầng đất đồng thời máy ủi di chuyển về phía trước. Lớp đất tách từ khối đất được tích trước bàn ủi tạo thành hình khối lăng trụ kéo dài (khối đất lăn). Quá trình cắt đất được thực hiện khi khối đất tích phía trước không vượt quá mép bàn ủi. Bàn ủi có dạng cong và khi máy ủi cắt đất, khối đất cắt di chuyển (đổ) về phía trước.

Thiết bị công tác cơ bản của máy ủi là bàn ủi. Phụ thuộc vào đặc điểm làm việc mà bàn ủi có kết cấu khác nhau. Bàn ủi có biên dạng cong, phía dưới phẳng để lắp dao cắt do dao cắt của máy ủi có dạng phẳng. Do có biên dạng như vậy mà trong quá trình đào và tích đất sẽ giảm được lực ma sát giữa đất và bàn ủi khi đất cuộn lên phía trên bàn ủi, đồng thời đảm bảo cho đất mặc dù có thể cuộn lên cao hơn bàn ủi nhưng không bị rơi vãi lại phía sau bàn ủi mà luôn luôn đổ về phía trước bàn ủi. Mặt khác, cũng nhờ có biên dạng cong mà tăng khả năng chứa và tích đất trước bàn ủi. Những đặc điểm nêu trên của bàn ủi góp phần đáng kể vào việc tăng năng suất máy.

Năng lượng đào đất bằng máy ủi phần lớn được xác định bởi hình dạng và kích thước của bàn ủi [1, 3]. Các thông số chính của bàn ủi cố định (hình 1) là góc cắt α, góc đổ δ_3, góc nghiêng α_1, độ cong hoặc bán kính của bàn ủi R, chiều cao H và chiều dài L của bàn ủi, góc sau α_0, góc sắc (nhọn) β, chiều cao tấm chắn H_k và chiều dài của bề mặt dao cắt a. Khi phần thẳng của lưỡi dao tăng lên, điều kiện di chuyển phoi dọc theo lưỡi dao trở nên khó khăn hơn và mức tiêu thụ năng lượng khi đào cũng tăng lên.

Thông số đánh giá quá trình cắt đất là mức năng lượng tiêu tốn trên một đơn vị thể tích đất bị phá hủy (Nm/m^3) hoặc ($kW.h/m^3$) còn được gọi là mức tiêu hao năng lượng riêng. Mức tiêu hao năng lượng riêng tỉ

lệ với giá trị lực cản cắt riêng. Cần phải hướng đến chế độ và các điều kiện làm việc, trị số có mức tiêu hao năng lượng riêng là nhỏ nhất. Mức tiêu hao năng lượng riêng được xác định bằng phương pháp thực nghiệm hoặc tính theo công thức: $E = {}^{N}/_{\Pi}$ (kW.h/m³), trong đó: N - công suất của máy (kW); Π - năng suất kỹ thuật của máy (m³/h). Mức tiêu hao năng lượng trong quá trình cắt đất phụ thuộc vào tính chất cơ lý của đất, vào kích thước và kết cấu bộ phận công tác. Đối với máy thi công đất E= (0,3 ÷ 0,7) kW.h/m³, [l].

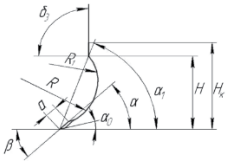
Đối với máy ủi có bàn ủi cố định (máy ủi thường), góc cắt phải nằm trong khoảng 40-50⁰, góc nghiêng 70-75⁰, góc nghiêng 75-80⁰, chiều dài phần thẳng của lưỡi dao ở phía dưới không được vượt quá chiều rộng của dao, bán kính phần cong ở phía dưới phải bằng 0,8 chiều cao của bàn ủi, ở phía trên bằng 1,1 chiều cao của bàn ủi. Giá trị thông số cấu hình lớn hơn hoặc nhỏ hơn đều làm giảm hiệu quả của lưỡi dao.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

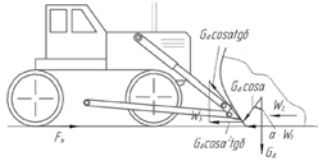
2.1. Mô hình toán học của mức tiêu hao năng lượng đào đất bằng máy ủi

Khi tính toán cần phải thực hiện tính toán lực kéo của máy trong quá trình vận hành. Lực cản xác định phụ thuộc vào các thông số thiết kế chính của máy, là các thiết kế được cải tiến hoặc lựa chọn hợp lý hơn dựa trên quá trình làm việc và phân tích các tài liệu khoa học, kỹ thuật. Để thiết lập hiệu quả sử dụng một tiêu chí làm việc cụ thể như cường độ năng lượng nhỏ nhất của quá trình đào đất có thể được sử dụng làm tiêu chí.

Xét lực cản phát sinh trên bàn ủi khi đào đất liên quan đến phương pháp làm việc phổ biến nhất là đẩy đất từ phía trước khi đào đất (không đào rãnh). Sơ đồ hoạt động của máy ủi được thể hiện ở hình 2.



Hình 1. Thông số hình học của bàn ủi cố định



Hình 2. Sơ đồ lực tác dụng khi máy ủi làm việc

Xác định lực cản trên bàn ủi khi làm việc cần phải thoả mãn điều kiện sau [l, 2]:

$$\sum W_0 \le G_b\varphi \le T \quad (1)$$

Trong đó: G_b - trọng lượng bám của máy ủi, đối với máy ủi di chuyển bằng bánh lốp thì trọng lượng bám bằng trọng lượng trên bánh xe chủ động, đối với máy ủi di chuyển bằng xích thì trọng lượng bám bằng tổng trọng lượng của máy ủi; φ - hệ số bám; T - lực kéo của máy cơ sở; $\sum W_0$- tổng lực cản phát sinh khi đào đất.

$$\sum W_0 = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 \quad (2)$$

Trong đó: W_1- lực cản cắt (kG); W_2- lực cản di chuyển khối đất trước bàn ủi (kG); W_3- lực cản chuyển động của đất bên trong bàn ủi; W_4- lực cản chuyển động của máy; W_5- lực cản từ ma sát của dao cắt với nền đất (do kích thước nhỏ của dao cắt nên có thể chấp nhận = 0).

Lực cản phát sinh trên bàn ủi khi làm việc được xác định như sau [l, 3, 5]:

$$W_1 = Ch^{1.35}(1 + 2{,}6L)(1 + 0{,}01\alpha) \quad (3)$$

Trong đó: C- số lần va đập của búa đập Đornhi (mật độ kế); h - chiều sâu cắt; α - góc cắt.

$$W_2 = V_đ.\gamma.tg\varphi = \frac{LH^2}{2k_1}.\gamma.tg\varphi \quad (4)$$

Trong đó: $V_đ$- thể tích thực tế của khối đất lăn (m³); γ- khối lượng riêng của đất (kg/m³);

$tg\varphi$- hệ số ma sát giữa đất với đất. Đối với đất liên kết (dính) $tg\varphi$ =0,5, đối với đất không liên kết $tg\varphi$ = 0,7. Giá trị lớn nhất $tg\varphi$ = 1,0

$$V_đ = \frac{LH^2}{2k_1} \quad (5)$$

Trong đó: L - chiều dài bàn ủi; H - chiều cao bàn ủi; k_1 - hệ số phụ thuộc tỷ số H/L. [l, 6]

$$W_3 = V_đ.\gamma.cos^2\alpha.tg\delta = \frac{LH^2}{2k_1}.\gamma.cos^2\alpha.tg\delta \quad (6)$$

Trong đó: $tg\delta$ - hệ số ma sát của đất với thép. Với cát $tg\delta = 0{,}35$; Với á sét vừa $tg\delta = 0{,}5$; Với á sét nặng $tg\delta = 0{,}8$.

$$W_4 = G(f \pm i) \quad (7)$$

Trong đó: G - trọng lượng của máy ủi (kG); f – hệ số cản di chuyển của máy ủi, $f = 0{,}1 \div 0{,}12$; dấu (+) lên dốc, dấu (-) xuống dốc; $i = tg\beta$- độ dốc địa hình (độ).

Khi góc nghiêng địa hình $\beta \ge 10^0$ kết quả chính xác hơn được tính như sau:

$$W_4 = G(f cos\beta \pm sin\beta) \quad (8)$$

Dựa trên việc xác định lực cản của quá trình đào đất và lực cản chuyển động của máy cơ sở, công suất của máy ủi sẽ được xác định như sau:

$$N = \frac{Tv_c}{102.\eta} \quad (9)$$

Trong đó: T - lực kéo của máy cơ sở, bằng tổng các lực cản; v_c- tốc độ của máy ủi khi cắt đất; η - hiệu suất, thường chọn $\eta = 0{,}9$. Khi tính công suất máy có thể coi $T = W_0$

$$T = C.h^{1.35}(1 + 2{,}6L)(1 + 0{,}01\alpha) + \frac{L.H^2}{2k_1}.\gamma.tg\varphi + \frac{L.H^2}{2k_1}.\gamma.cos^2\alpha.tg\delta + G.f \quad (10)$$

2.2. Xác định năng suất máy ủi

Năng suất máy ủi phụ thuộc vào phương pháp làm việc (phương pháp tổ chức thi công), trình độ người lái và đặc điểm địa hình làm việc. Nếu máy ủi làm việc xuống dốc thì lực đẩy tăng, lực cản sự di chuyển khối đất giảm, thể tích đất được di chuyển bởi lưỡi ủi sẽ tăng. Khi làm việc lên dốc thì các hiện tượng vừa nêu sẽ ngược lại. Khi lên dốc 10% thì năng suất sẽ giảm 40÷50% so với khả năng làm việc trên địa hình bằng phẳng.

Năng suất máy ủi khi cắt và di chuyển đất được xác định theo công thức sau [l, 7, 9]:

$$\Pi = \frac{3600V_đk_dk_{tg}}{T_{ck}k_t}, \left(\frac{m^3}{h}\right) \quad (11)$$

Trong đó: $V_đ$ - khối đất trước bàn ủi (m³); k_{tg} - hệ số sử dụng máy ủi theo thời gian (thường $k_{tg} = 0{,}8 \div 0{,}9$); k_d - hệ số xét tới khi máy ủi làm việc xuống dốc hay lên dốc; khi xuống dốc từ 0 ÷15% thì k_d =1÷2,25; khi lên dốc từ 0÷15% thì k_d = 1÷ 0,5; k_t – hệ số tơi xốp của đất, $k_t = 1{,}1 \div 1{,}3$; T_{ck} – thời gian một chu kỳ(s).

Thời gian của chu kỳ máy ủi được xác định theo công thức sau [l, 4, 8]:

$$T_{ck} = \frac{l_c}{v_c} + \frac{l_{cd}}{v_{cd}} + \frac{l_0}{v_0} + t_n \quad (12)$$

Trong đó: v_c - tốc độ của máy ủi khi cắt đất, $v_c = 0{,}9 \div 1{,}0\ m/s$; v_{cd} - tốc độ của máy ủi di chuyển khối đất; v_0 - tốc độ của máy ủi quay về vị trí ban đầu (chạy không tải), $v_0 = 1{,}1 \div 2{,}2\ m/s$; l_c , l_{cd} , l_0 - chiều dài quãng đường cắt đất, quãng đường di chuyển đất và quãng đường quay trở lại của máy ủi (m); t_n - tổng thời gian dành cho việc hạ bàn ủi, chuyển số và quay máy, $t_n = 25 \div 28s$.

$$l_c = \frac{V_đ}{F} = \frac{V}{Lh_{tb}} = \frac{2V_đ}{L(h_{max} + h_{min})} \quad (13)$$

$$l_0 = l_c + l_{cd} \quad (14)$$

Trong đó: F - diện tích lớp đất được bóc tách, (m²); h_{tb}- chiều sâu cắt trung bình, (m); h_{max} - chiều sâu cắt lớn nhất, (m); h_{min} - chiều sâu cắt nhỏ nhất, (m); L- chiều dài bàn ủi, (m).

$$h_{max} = \frac{T - W_4}{k_c L} \quad (15)$$

Trong đó: k_c - lực cản cắt riêng của đất, (kG/m²) [l].

Dựa trên những điều trên, mức tiêu thụ năng lượng khi đào đất bằng máy ủi t được xác định theo công thức sau:

$$\mathrm{E} = \frac{N}{\Pi} = \frac{\frac{T.v_c}{102.\eta}}{\frac{3600.V_đ.k_d.k_{tg}}{T_{ck}.k_t}} = \frac{T.v_c.T_{ck}.k_t}{102.\eta.3600.V_đ.k_d.k_{tg}}$$

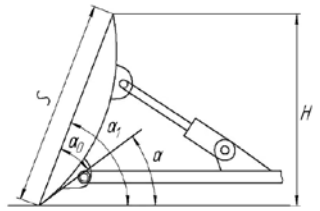
$$E = \frac{\left[Ch^{1.35}(1+2{,}6L)(1+0{,}01\alpha) + \frac{LH^2}{2k_1}.\gamma.tg\varphi + \frac{LH^2}{2k_1}.\gamma.cos^2\alpha.tg\delta + Gf\right].v_c.T_{ck}.k_t}{102.\eta.3600.\frac{LH^2}{2k_1}.k_d.k_{tg}} \quad (16)$$

Sau khi rút gọn phương trình ta có:

$$T_{ck} = \frac{H^2}{\left[\frac{T-W_4}{k_cL} + h_{min}\right]v_c k_1} + \frac{l_{cd}}{v_{cd}} + \frac{\frac{H^2}{\left[\frac{T-W_4}{k_cL} + h_{min}\right]k_1} + l_{cd}}{v_0} + t_n \quad (17)$$

2.3. Thuật toán tính năng lượng tối thiểu đào đất bằng máy ủi

Khi thay đổi góc cắt, chiều cao của bàn ủi H, trong công thức tính năng suất và lực cản phát sinh khi máy ủi làm việc, sẽ thay đổi, ta định nghĩa nó là hàm số H = f(α_i).

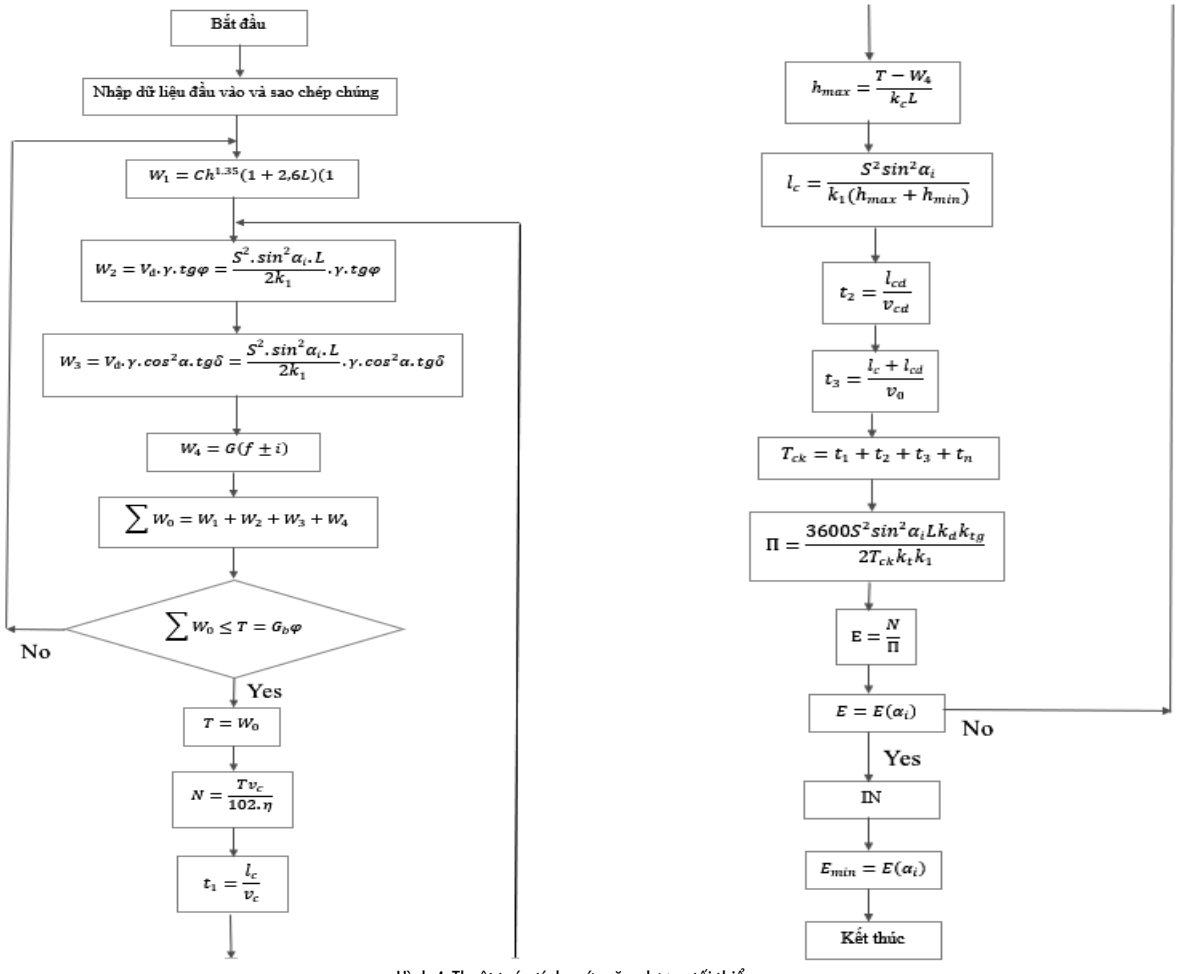


Hình 3. Sơ đồ thiết bị làm việc của máy ủi

$H = S.sin\alpha_i$;
$\alpha = \alpha_i - \alpha_0$;
$\alpha_0 = 30^0 \div 35^0$;
$H = S.\sin(\alpha + \alpha_0) = S.sin\alpha_i$

Trong đó: S - khoảng cách từ cạnh cắt đến đỉnh bàn ủi, m; α_0 - góc giữa góc nghiêng α_i và góc cắt α là $30^0 \div 35^0$.

Dựa trên các thông số trên, lập trình thuật toán để tính mức tiêu hao năng lượng đào đất bằng máy ủi được thể hiện trên hình 4.

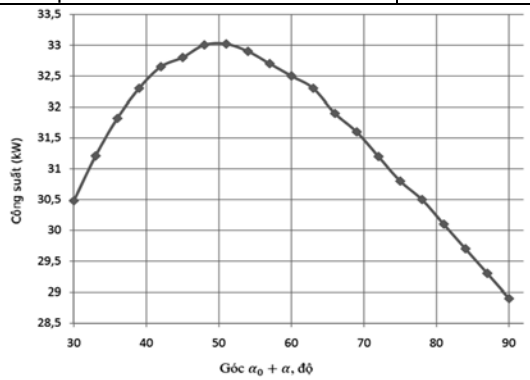


Hình 4. Thuật toán tính mức năng lượng tối thiểu

2.4. Tính toán

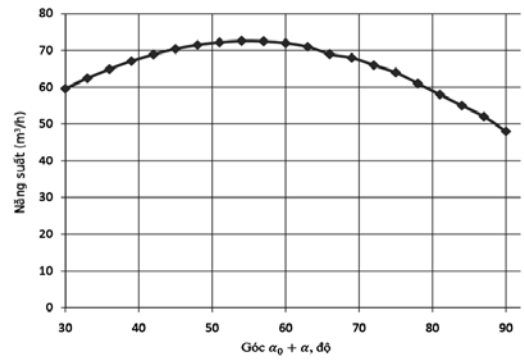
Bảng 1. Số liệu đầu vào

TT	Tên gọi	Giá trị
1	Độ sâu cắt khi kết thúc quá trình đào	h_{min} = 0,15 m
2	Chiều cao bàn ủi	H =1,2 m
3	Trọng lượng máy ủi	G = 16315 kG
4	Chiều dài bàn ủi	L = 3 m
5	Khối lượng riêng của đất	γ =1600 kg/m^3
6	Hệ số ma sát đất với đất	$tg\varphi = \mu_1 = 0{,}6$
7	Hệ số ma sát đất với thép	$tg\delta = \mu_2 = 0{,}4$
8	Hệ số cản di chuyển của máy ủi	$f = 0{,}12$
9	Hệ số phụ thuộc tỷ số H/L	$k_1 = 0{,}9$
10	Góc cắt	$\alpha = 55^0$
11	Tốc độ của máy ủi khi cắt đất v_c	$v_c = 0{,}4\ m/s$
12	Hệ số sử dụng thời gian	$k_{tg} = 0{,}8$
13	Độ dốc địa hình	$i = tg\beta = 1$
14	Lực cản cắt riêng của đất	$k_c = 7000$ kG/m^2
15	Hệ số tơi xốp của đất	$k_t = 1{,}1$
16	Hiệu suất	$\eta = 0{,}9$
17	Chiều dài quãng đường di chuyển đất	$l_{cd} = 60$ m
18	Tốc độ của máy ủi di chuyển khối đất	$v_{cd} = 1\ m/s$
19	Tốc độ của máy ủi quay về vị trí ban đầu	$v_0 = 1{,}8\ m/s$
20	Tổng thời gian dành cho việc hạ bàn ủi, chuyển số và quay máy	$t_n = 25s$
21	Số lần va đập của búa đập Đornhi, với đất cấp III	$C = 9 \div 16$

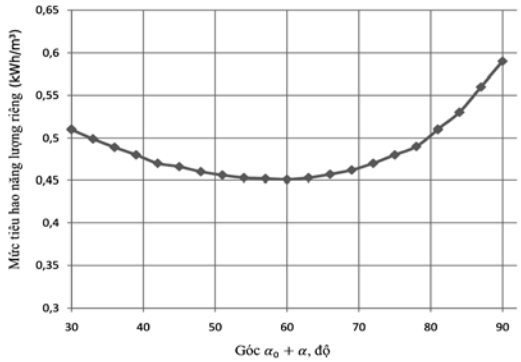


Hình 5. Đồ thị biểu diễn công suất máy ủi phụ thuộc vào góc $\alpha_0+\alpha$

Công suất lớn nhất tại góc 50^0 (hình 5); Năng suất lớn nhất tại góc 55^0 (hình 6); Mức tiêu hao năng lượng nhỏ nhất tại góc 60^0 (hình 7). Từ các đồ thị trên có thể kết luận máy ủi làm việc hợp lý nhất ở góc 50$^0 \div 60^0$, công suất đạt giá trị gần lớn nhất, nhưng năng suất máy đạt giá trị lớn nhất và mức tiêu hao năng lượng tiệm cận giá trị tối thiểu.



Hình 6. Đồ thị biểu diễn năng suất máy ủi phụ thuộc vào góc $\alpha_0+\alpha$



Hình 7. Đồ thị biểu diễn mức tiêu hao năng lượng riêng của máy ủi phụ thuộc vào góc $\alpha_0+\alpha$

3. KẾT LUẬN

Bài báo trình bày xác định mức tiêu hao năng lượng đào đất của máy ủi. Giải pháp cho đánh giá hiệu suất của máy có tác động cơ học đến môi trường và quá trình làm việc tuần hoàn theo các chỉ tiêu hiệu quả chính: công suất, năng suất, mức tiêu hao năng lượng riêng. Các kết quả thu được bổ sung cho các phương pháp tính toán hiện có về mặt xác lập ảnh hưởng của các yếu tố quyết định điều kiện vận hành đến các thông số kỹ thuật chính và cơ bản của máy ủi. Phương pháp này hữu ích khi lựa chọn thiết bị và xác định các thông số ban đầu, chính của máy tùy thuộc vào điều kiện vận hành.

Phương pháp dễ tiếp cận nhất và ít tốn kém nhất để tăng cường thiết bị san lấp mặt bằng là thực hiện bằng máy tính các thay đổi về thông số của bộ phận làm việc trong quá trình vận hành máy. Tùy thuộc vào điều kiện vận hành và việc sử dụng máy trong những điều kiện sử dụng cụ thể. Để thực hiện các hoạt động công nghệ, bổ sung cho các phương pháp tính toán hiện có về mặt thiết lập bản chất ảnh hưởng của các yếu tố quyết định điều kiện vận hành đối với các thông số kỹ thuật của máy ủi. Phương pháp này cho phép thiết lập giá trị của các thông số kỹ thuật chính của máy (công suất, năng suất, mức tiêu hao năng lượng tối thiểu v.v.). Tùy thuộc vào điều kiện vận hành và giải quyết bài toán ngược là xác định các điều kiện vận hành trong đó việc sử dụng máy có các thông số đã biết hoặc cho trước mang lại hiệu quả lớn nhất.

Nghiên cứu này sẽ hữu ích cho sinh viên, học viên sau đại học và công nhân kỹ thuật tham gia thiết kế, vận hành khai thác máy ủi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Đức Hiếu. Máy và thiết bị thi công đất. NXB Xây dựng (2022).

[2]. Добронравов С. С., Дронов В. Г. Строительные машины и основы автоматизации: учебник. М.: Высш. шк., 2001. 576 с.

[3]. Ветров Ю.А., Баладинский В.А. Машины для земляных работ.-К.: Вища школа, 1980. -190 с.

[4]. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия сосредой рабочих органов дорожно-строительных машин.- 2-е изд. -М.: Машиностроение, 1994. -432 с.: ил.

[5]. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.А. Машины для земляных работ. -М.: Машиностроение, 1972. -376 с.

[6]. Машины для земляных работ: Учебник для студентов вузовпо специальности "Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование" / Д.П. Волков и др.; Под общей ред.Д.П, Волкова. -М.: Машиностроение, 1992. -448 с.: ил.

[7]. Довгяло В. А., Бочкарев Д. И. Дорожно-строительные машины. Ч. I: Машины для земляных работ: учеб. пособие. Г.Беларусь: БелГУТ, 2010. 250 с.

[8]. Шестопалов К. К. Строительные и дорожные машины: учеб. пособие. М.: Академия, 2008. 384 с.

[9]. Волков С. А., Евтюков С. А. Строительные машины: учеб. пособие для вузов. С.: изд-во ДНК, 2008. 704 с.

■Ngày nhận bài: 28/02/2025 ■Ngày sửa bài: 20/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 04/4/2025

Tăng cường công tác quản lý nhà nước trong hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao tại các tỉnh miền núi phía Bắc

Enhancing governmental management in guiding the implementation of the National Criteria for New Rural Communes and the National Criteria for Advanced New Rural Communes in the Northern mountainous provinces

> TS NGUYỄN VĂN TRUNG
Bộ môn Kinh tế Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: trungnv@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Xây dựng nông thôn mới là một chủ trương lớn của Đảng và Nhà nước, trong đó có vùng nông thôn miền núi nói chung, vùng nông thôn miền núi phía Bắc nói riêng. Để cụ thể chủ trương này, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành *Quyết định 318/QĐ-TTg ngày 08/3/2022 về Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025*. Việc xây dựng nông thôn mới vùng miền núi phía Bắc theo hướng bền vững của các địa phương mặc dù đã đạt được những kết quả nhất định nhưng còn gặp nhiều khó khăn do những nguyên nhân chủ quan và khách quan. Một trong những nguyên nhân căn cơ là việc triển khai thực hiện Quyết định 318/QĐ-TTg của chính quyền địa phương để xây dựng Bộ tiêu chí xã nông thôn mới cho địa phương mình còn nhiều lúng túng, vướng mắc. Để khắc phục những vướng mắc này, tác giả đề xuất 5 giải pháp tăng cường công tác quản lý của Nhà nước về hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025 tại các tỉnh miền núi phía Bắc gồm: tăng cường công tác ban hành văn bản hướng dẫn thực hiện; tăng cường công tác phân công, phân cấp quản lý; tăng cường công tác tổ chức tuyên truyền, tập huấn; tăng cường công tác hướng dẫn xây dựng kế hoạch và tổ chức thực hiện; tăng cường công tác thanh tra, kiểm tra, giám sát.

Bài viết sử dụng các phương pháp nghiên cứu như: sưu tầm, thống kê số liệu thực tế; tổng hợp, phân tích tài liệu, số liệu thứ cấp; phân tích và đánh giá cơ sở thực tiễn để từ đó đề xuất các nhóm giải pháp phù hợp.

Từ khóa: Quản lý nhà nước; bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới; bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao; hướng dẫn thực hiện; các tỉnh miền núi phía Bắc.

ABSTRACT

The development of new rural areas is a significant policy initiative of the Party and the Government, applying to both general mountainous rural areas and particularly to the Northern mountainous rural areas. To concretize this policy, the Prime Minister issued Decision 318/QD-TTg dated March 8, 2022, promulgating the National Criteria for New Rural Communes and the National Criteria for Advanced New Rural Communes for the period 2021-2025. Despite achieving certain results in the sustainable building of new rural areas in the Northern mountainous areas, localities have also encountered many difficulties for subjective and objective reasons. A fundamental issue lies in the

confusion and difficulties encountered by local authorities in applying Decision No. 318/QD-TTg to develop appropriate sets of criteria tailored to their local contexts. To overcome these problems, it is necessary to strengthen the governmental management in guiding the implementation of the National Criteria for New Rural Communes and the National Criteria for Advanced New Rural Communes for the period 2021-2025 in the Northern mountainous provinces.

The article uses research methods such as collecting and compiling actual data, synthesizing and analyzing documents and secondary data, and analyzing and evaluating practical bases to propose appropriate groups of solutions.

Keywords: Governmental management; National criteria for New rural communes; National criteria for Advanced new rural communes; implementation guidance; Northern mountainous provinces.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng nông thôn mới là một chủ trương lớn của Đảng và Nhà nước, trong đó có vùng nông thôn tại các tỉnh miền núi phía Bắc. Để cụ thể chủ trương này, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Quyết định 318/QĐ-TTg ngày 08/3/2022 về Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025; Quyết định 150/QĐ-TTg ngày 28/01/2022 phê duyệt Chiến lược phát triển nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050. Mặc dù đã có Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao nhưng việc hướng dẫn, thực hiện và ban hành Bộ tiêu chí xã nông thôn mới tại các tỉnh miền núi phía Bắc gặp nhiều khó khăn do các nguyên nhân chủ quan và khách quan như: cơ chế, chính sách quản lý của chính quyền địa phương; ý thức, trình độ, phong tục tập quán của người dân miền núi... Để Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao đi vào cuộc sống của những xã thuộc các tỉnh miền núi, cần tăng cường công tác quản lý nhà nước ở các cấp.

Trên cơ sở thực trạng việc ban hành Bộ tiêu chí xã nông thôn mới tại các tỉnh miền núi phía Bắc dựa trên Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao để phân tích, đánh giá những tồn tại, bất cập và tìm ra nguyên nhân của những tồn tại, bất cập. Từ những nguyên nhân này, đưa ra những đề xuất tăng cường công tác quản lý nhà nước về hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao của Nhà nước.

Sản phẩm dự kiến của bài báo là những đề xuất mang tính định hướng nhằm tăng cường công tác quản lý của Nhà nước về hướng dẫn thực hiện và xây dựng, ban hành Bộ tiêu chí xã nông thôn mới tại các tỉnh miền núi phía Bắc.

2. THỰC TRẠNG QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ HƯỚNG DẪN THỰC HIỆN BỘ TIÊU CHÍ QUỐC GIA VỀ NÔNG THÔN MỚI VÀ BỘ TIÊU CHÍ QUỐC GIA VỀ NÔNG THÔN MỚI NÂNG CAO

Ngày 27/6/2022, Bộ Xây dựng đã có công văn 2307/BXD-QHKT gửi UBND các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương về việc hướng dẫn Bộ tiêu chí quốc gia về nông thôn mới các cấp giai đoạn 2021-2025.

Căn cứ Quyết định số 318/QĐ-TTg ngày 08/3/2022 của Thủ tướng Chính phủ ban hành Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025; Quyết định số 320/QĐ-TTg ngày 08/3/2022 của Thủ tướng Chính phủ ban hành Bộ tiêu chí quốc gia về huyện nông thôn mới; quy định thị xã, thành phố trực thuộc cấp tỉnh hoàn thành nhiệm vụ xây dựng nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về huyện nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025 và Văn bản số 1522/BNN-VPĐP ngày 15/3/2022 của Bộ NN&PTNT đề nghị ban hành văn bản công bố chỉ tiêu cụ thể và hướng dẫn thực hiện các tiêu chí, chỉ tiêu thuộc Bộ tiêu chí nông thôn mới và Bộ tiêu chí nông thôn mới nâng cao cấp huyện, xã giai đoạn 2021-2025.

Bộ Xây dựng hướng dẫn thực hiện tiêu chí thuộc Bộ tiêu chí nông thôn mới giai đoạn 2021-2025 theo chức năng quản lý nhà nước được giao như sau:

2.1. Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới giai đoạn 2021-2025

a) Tiêu chí số 01 về Quy hoạch

Trình tự, thủ tục lập, thẩm định, phê duyệt và công bố quy hoạch chung xây dựng xã, quy định quản lý theo đồ án quy hoạch chung xây dựng xã thực hiện theo quy định tại Điều 30 Luật Xây dựng năm 2014; Mục 3 Nghị định số 44/2015/NĐ-CP ngày 06/5/2015 của Chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quy hoạch xây dựng; Nghị định số 72/2019/NĐ-CP ngày 30/8/2019 của Chính phủ sửa đổi, bổ sung một số điều của Nghị định số 37/2010/NĐ-CP ngày 07/4/2010 về lập, thẩm định, phê duyệt và quản lý quy hoạch đô thị và Nghị định số 44/2015/NĐ-CP ngày 06/5/2015 quy định chi tiết một số nội dung về quy hoạch xây dựng; Thông tư số 02/2017/TT-BXD ngày 01/3/2017 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng hướng dẫn về quy hoạch xây dựng nông thôn.

Các chỉ tiêu trong đồ án quy hoạch chung xây dựng xã phải đảm bảo tuân thủ Quy chuẩn quốc gia về quy hoạch xây dựng QCVN 01:2021/BXD và quy hoạch xây dựng vùng huyện đối với xã thuộc huyện, quy hoạch chung đô thị đối với xã thuộc thị xã, thành phố.

Khu chức năng dịch vụ hỗ trợ phát triển kinh tế nông thôn gồm/hoặc các chức năng: sản xuất công nghiệp (chủ yếu là chế tạo nông cụ, công nghiệp chế biến gắn với các vùng sản xuất chuyên canh); thương mại (chuyên doanh bán buôn nông sản và vật tư nông nghiệp, chế biến bảo quản, kho bãi); về dịch vụ sản xuất nông nghiệp, tập trung phát triển các lĩnh vực (khuyến nông, bảo vệ thực vật, thú y, quản lý chất lượng, chuyển đổi số), dịch vụ thị trường (phân tích, dự báo thị trường; thông tin thị trường, xúc tiến thương mại; quản lý vệ sinh an toàn thực phẩm, quản lý chất lượng; bảo hiểm rủi ro, phòng chống thiên tai; bảo vệ môi trường). Ưu tiên hỗ trợ nhóm sản phẩm đặc sản địa phương được xác định tại Quyết định số 255/QĐ-TTg ngày 25/02/2021 của Thủ tướng Chính phủ phê duyệt Kế hoạch cơ cấu lại ngành nông nghiệp giai đoạn 2021-2025.

Quy hoạch khu chức năng dịch vụ hỗ trợ phát triển kinh tế nông thôn trong đồ án quy hoạch chung xây dựng xã phải đảm bảo các nguyên tắc: Về vị trí là khu vực đầu mối giao thông chính của xã nhằm kết nối, vận chuyển hàng hóa an toàn, thuận lợi, đảm bảo khoảng cách an toàn vệ sinh môi trường cho khu dân cư theo quy định. Về quy mô phải đảm bảo sử dụng đất tiết kiệm, hiệu quả, trên cơ sở nhu cầu phát triển kinh tế thực tiễn của từng địa phương, phù hợp với quy hoạch chuyên ngành được cấp có thẩm quyền phê duyệt.

Tùy theo điều kiện thực tế của từng địa phương, khu chức năng dịch vụ hỗ trợ phát triển kinh tế nông thôn có thể được xác lập tại vị trí tập trung hoặc phân tán, lồng ghép trong các chức năng khác (cụm công nghiệp, khu dịch vụ - thương mại - du lịch, trung tâm hành chính xã…) được xác định trong đồ án quy hoạch chung xây dựng xã.

b) Tiêu chí số 09 về Nhà ở dân cư

*Nhà ở là công trình xây dựng trên thửa đất có chức năng ở và được dùng để ở, bao gồm 03 bộ phận: nền - móng, khung - tường, mái.

Vật liệu bền chắc gồm bê tông cốt thép, gạch/ đá, sắt thép, gỗ bền chắc. Ngoài những vật liệu nêu trên, đối với phần mái thì ngói, tôn lợp giả ngói, tôn lạnh, tôn cách nhiệt, tôn cán sóng và có kết cấu đỡ chắc chắn (thép, gỗ bền chắc) liên kết chặt với tường xây, cột bê tông cốt thép thì mái trong trường hợp này được coi là vật liệu bền chắc.

Nhà ở đơn sơ là loại nhà có cả 3 thành phần cấu thành chủ yếu không được xếp vào loại bền chắc hoặc xây dựng bằng các vật liệu tạm thời có tuổi thọ ngắn, dễ cháy, không đảm bảo ''3 cứng'' (nền cứng, khung cứng, mái cứng), thiếu diện tích ở, bếp, nhà tiêu hợp vệ sinh, không đảm bảo an toàn cho người sử dụng.

Nhà ở thiếu kiên cố là nhà ở có 01 trong tổng số 03 bộ phận cấu thành chủ yếu (gồm: móng, khung - tường, mái) được xếp vào loại bền chắc hoặc 02 trong tổng số 03 bộ phận không đảm bảo "3 cứng" theo điểm b của Mục này.

*Nhà ở nông thôn đạt chuẩn phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Nhà ở nông thôn phải đảm bảo "3 cứng" (nền cứng, khung cứng, mái cứng). Các bộ phận nền, khung, mái của căn nhà phải được làm từ các loại vật liệu có chất lượng tốt, không làm từ các loại vật liệu tạm, mau hỏng, dễ cháy. Cụ thể:

+ "Nền cứng" là nền, móng nhà làm bằng các loại vật liệu có tác dụng làm tăng độ cứng của nền như: vữa xi măng - cát, bê tông cốt thép, gạch, đá.

+ "Khung cứng" bao gồm hệ thống khung, cột, tường kể cả móng đỡ. Khung, cột được làm từ các loại vật liệu: bê tông cốt thép, sắt, thép, gỗ bền chắc; tường xây gạch/đá hoặc làm từ gỗ bền chắc.

+ "Mái cứng" gồm hệ thống đỡ mái và mái lợp. Tùy điều kiện cụ thể, hệ thống đỡ mái có thể làm từ các loại vật liệu: bê tông cốt thép, sắt, thép, gỗ bền chắc. Mái làm bằng bê tông cốt thép, lợp ngói hoặc lợp bằng các loại tấm lợp có chất lượng tốt đã nêu tại điểm a của Mục này.

UBND cấp tỉnh căn cứ theo điều kiện thực tế tại địa phương quy định cụ thể.

- Đối với khu vực đồng bằng diện tích ở tối thiểu đạt từ 14m^2/người trở lên; khu vực trung du, miền núi diện tích ở tối thiểu đạt 10m^2/người trở lên. Diện tích tối thiểu một căn nhà từ 30m^2 trở lên. Đối với hộ đơn thân, diện tích tối thiểu một căn nhà từ 18m^2 trở lên.

- Niên hạn sử dụng công trình nhà ở từ 20 năm trở lên; Đối với nhà ở đã, đang thực hiện hỗ trợ theo các Quyết định của Thủ tướng Chính phủ thì niên hạn sử dụng lấy theo quy định tại các Quyết định của Thủ tướng Chính phủ về chính sách hỗ trợ nhà ở đó.

- Các công trình phụ trợ (bếp, nhà tiêu, chuồng trại chăn nuôi...) phải được bố trí đảm bảo vệ sinh, thuận tiện cho sinh hoạt, thu gom các loại chất thải (nước thải và chất thải rắn); Kiến trúc, mẫu nhà ở phù hợp với phong tục, tập quán, lối sống của từng dân tộc, vùng miền.

c) Chỉ tiêu "17.5. Mai táng, hỏa táng phù hợp với quy định và theo quy hoạch" thuộc Tiêu chí số 17 về Môi trường và an toàn thực phẩm

- Quy định về xây dựng, quản lý và sử dụng nghĩa trang, cơ sở hỏa táng đã được Chính phủ quy định tại Nghị định số 23/2016/NĐ-CP ngày 05/4/2016 trong đó đã quy định về quy hoạch và quản lý quy hoạch nghĩa trang và cơ sở hỏa táng.

- Quy hoạch nghĩa trang và cơ sở hỏa táng: các yêu cầu về quy hoạch nghĩa trang, cơ sở hỏa táng thực hiện theo Quy chuẩn QCVN 01:2021/BXD Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về quy hoạch xây dựng kèm theo Thông tư 01/2021/TT-BXD ngày 19/5/2021 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng.

- Đối với chỉ tiêu sử dụng đất trong nghĩa trang và cơ sở hỏa táng: thực hiện theo Quy chuẩn QCVN 07-10:2016/BXD Quy chuẩn các công trình hạ tầng kỹ thuật - Công trình nghĩa trang kèm theo Thông tư số 01/2016/TT-BXD ngày 01/02/2016 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng.

- Về tỷ lệ sử dụng hình thức hỏa táng được tính như sau:

$$\text{Tỷ lệ sử dụng hình thức hỏa táng} = \frac{\text{Số người chết hỏa táng}}{\text{Số người chết trong năm}} \times 100\%$$

2.2. Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025

a) Tiêu chí số 01 về Quy hoạch

-Rà soát, điều chỉnh quy hoạch chung xã theo quy định pháp luật về quy hoạch.

UBND cấp huyện chỉ đạo cơ quan chức năng thực hiện việc rà soát quy hoạch chung xây dựng xã theo Điều 15 Luật Xây dựng năm 2014.

Điều kiện, nguyên tắc, trình tự, thủ tục điều chỉnh quy hoạch chung xây dựng xã cần đảm bảo theo quy định tại Mục 6 Luật Xây dựng năm 2014 và Khoản 10 Điều 28 Luật số 35 sửa đổi, bổ sung một số điều của 37 luật có liên quan đến quy hoạch.

- Có quy chế quản lý và tổ chức thực hiện quy hoạch xây dựng và quản lý xây dựng theo quy hoạch.

Tùy theo điều kiện thực tế của từng địa phương, UBND các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương có hướng dẫn cụ thể Quy chế quản lý và tổ chức thực hiện quy hoạch xây dựng và quản lý xây dựng theo quy hoạch đảm bảo tuân thủ các quy định tại Mục 7 và Mục 8 Luật Xây dựng năm 2014; Điều 14 Luật Kiến trúc năm 2019 và Nghị định số 85/2020/NĐ-CP ngày 17/7/2020 của Chính phủ quy định chi tiết một số điều của Luật Kiến trúc.

- Quy hoạch chi tiết xây dựng trung tâm xã hoặc quy hoạch chi tiết xây dựng điểm dân cư mới (viết tắt là quy hoạch chi tiết) phù hợp với tình hình kinh tế - xã hội của địa phương và phù hợp với định hướng đô thị hóa theo quy hoạch cấp trên.

Trình tự, thủ tục lập, thẩm định, phê duyệt và công bố quy hoạch chi tiết, quy định quản lý theo đồ án quy hoạch chi tiết được quy định tại Điều 31 Luật Xây dựng năm 2014; Mục 3 Nghị định số 44/2015/NĐ-CP ngày 06/5/2015 của Chính phủ quy định chi tiết một số nội dung về quy hoạch xây dựng; Thông tư số 02/2017/TT-BXD ngày 01/3/2017 của Bộ trưởng Bộ Xây dựng hướng dẫn về quy hoạch xây dựng nông thôn.

Các chỉ tiêu trong đồ án quy hoạch chung xây dựng xã phải đảm bảo tuân thủ Quy chuẩn quốc gia về quy hoạch xây dựng QCVN 01:2021/BXD.

b) Tiêu chí số 09 về nhà ở dân cư

c) "Chỉ tiêu 17.9. Nghĩa trang, cơ sở hỏa táng (nếu có) đáp ứng các quy định của pháp luật và theo quy hoạch" thuộc Tiêu chí số 17 về Môi trường và an toàn thực phẩm.

3. TỒN TẠI QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ HƯỚNG DẪN THỰC HIỆN BỘ TIÊU CHÍ QUỐC GIA VỀ NÔNG THÔN MỚI VÀ BỘ TIÊU CHÍ QUỐC GIA VỀ NÔNG THÔN MỚI NÂNG CAO

- Thứ nhất, công tác ban hành văn bản hướng dẫn thực hiện. Hệ thống văn bản hướng dẫn chưa đồng bộ, thiếu nhất quán, thiếu văn bản hướng dẫn cụ thể như: một số tiêu chí được hướng dẫn cụ thể (tiêu chí hạ tầng, thu nhập...), nhưng một số khác còn chung chung (tiêu chí môi trường, văn hóa...); thiếu sự phối hợp giữa các Bộ, ngành trong xây dựng hướng dẫn còn mờ nhạt, chưa rõ nét; đôi khi còn chồng chéo hoặc bỏ sót; các văn bản hướng dẫn thường xuyên thay đổi và khó hiểu, gây khó khăn cho địa phương trong áp dụng.

- Thứ hai, thiếu sự cụ thể hóa theo điều kiện vùng, miền như: các tiêu chí và hướng dẫn áp dụng mang tính chung chung, phổ quát, chưa linh hoạt với điều kiện đặc thù của các vùng như miền núi, hải đảo, vùng sâu vùng xa; nhiều địa phương còn máy móc khi áp dụng các tiêu chí đô thị hóa hoặc sản xuất lớn vào vùng nông thôn thuần nông, dân cư phân tán của địa phương mình.

- Thứ ba, năng lực cán bộ quản lý và triển khai công việc còn hạn chế về năng lực chuyên môn như: cán bộ cấp xã thiếu kiến thức chuyên môn để hiểu và triển khai đầy đủ các tiêu chí, nhất là tiêu chí về quy hoạch, môi trường, số hóa quản lý; công tác đào tạo, tập huấn chưa được quan tâm đúng mức, thiếu thường xuyên, thiếu tính chuyên nghiệp.

- Thứ tư, công tác thanh tra, kiểm tra, giám sát. Cơ chế giám sát, kiểm tra thiếu hiệu quả, còn nặng về hình thức, máy móc: việc đánh giá thực hiện các tiêu chí chủ yếu dựa trên báo cáo của địa phương, chưa có hệ thống kiểm tra, giám sát độc lập; tình trạng chạy theo thành tích dẫn đến việc kết luận kém chính xác, thiếu thực chất.

- Thứ năm, thiếu cơ chế thu thập thông tín phản hồi và điều chỉnh từ thực tiễn: phản ánh từ cơ sở về khó khăn khi áp dụng chưa được tổng hợp kịp thời, phân tích đầy đủ để cập nhật bộ tiêu chí hoặc văn bản hướng dẫn; quá trình điều chỉnh bộ tiêu chí còn chậm, chưa theo kịp thay đổi của thực tiễn phát triển của nông thôn mới.

- Thứ sáu, công tác phân công, phân cấp quản lý còn chưa hợp lý.

-Thứ bảy, công tác tổ chức tuyên truyền, tập huấn, hướng dẫn còn rất hạn chế, chưa chú trọng.

- Thứ tám, công tác hướng dẫn xây dựng kế hoạch và tổ chức thực hiện chưa bài bản và chuyên nghiệp.

- Thứ chín, công tác hướng dẫn đánh giá, công nhận xã đạt chuẩn nông thôn mới còn coi nhẹ, chưa làm thường xuyên.

4. TĂNG CƯỜNG CÔNG TÁC QUẢN LÝ NHÀ NƯỚC VỀ HƯỚNG DẪN THỰC HIỆN BỘ TIÊU CHÍ QUỐC GIA VỀ NÔNG THÔN MỚI VÀ BỘ TIÊU CHÍ QUỐC GIA VỀ NÔNG THÔN MỚI NÂNG CAO

Quản lý nhà nước về hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao là một trong những nội dung quan trọng về xây dựng nông thôn mới tại Việt Nam. Nội dung này bao gồm việc tổ chức, triển khai, giám sát và đánh giá quá trình thực hiện các tiêu chí đã được ban hành bởi Chính phủ, nhằm đảm bảo tính đồng bộ, thống nhất và hiệu quả trong quá trình xây dựng nông thôn mới.

Dưới đây là các nội dung chính trong quản lý nhà nước về hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí này:

a) Tăng cường công tác ban hành văn bản hướng dẫn thực hiện: các Bộ, ngành Trung ương ban hành đầy đủ các thông tư, quyết định hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao; UBND cấp tỉnh cụ thể hóa, điều chỉnh và hướng dẫn phù hợp với điều kiện thực tế của địa phương; cập nhật và sửa đổi kịp thời các tiêu chí khi có thay đổi về chính sách, tình hình kinh tế - xã hội.

b) Tăng cường công tác phân công, phân cấp quản lý

- Trung ương: ban hành Bộ tiêu chí, quy định khung chung nhưng phải gắn với tình hình thực tế và có tính lịch sử và thường xuyên cập nhật, điều chỉnh cho phù hợp; đồng thời phải hướng dẫn cụ thể chi tiết các địa phương thực hiện bằng các văn bản quy phạm pháp luật.

- Tỉnh, thành phố: xây dựng Bộ tiêu chí cấp tỉnh phù hợp với đặc điểm địa phương mình nhưng phải bám sát vào Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao đã được ban hành.

-Xã: tổ chức triển khai thực hiện; lồng ghép các nguồn lực, chương trình liên quan theo tình hình thực tế.

c) Tăng cường công tác tổ chức tuyên truyền, tập huấn: tuyên truyền về mục tiêu, nội dung và lợi ích của xây dựng nông thôn mới; tập huấn cho cán bộ các cấp, người dân và các bên liên quan về cách hiểu và thực hiện các tiêu chí quốc gia về nông thôn mới.

d) Tăng cường công tác hướng dẫn xây dựng kế hoạch và tổ chức thực hiện: hướng dẫn các xã xây dựng kế hoạch thực hiện từng tiêu chí theo lộ trình, phù hợp với điều kiện thực tế của địa phương; tổ chức kiểm tra, đánh giá định kỳ hoặc đột xuất; hướng dẫn cách ghi chép hồ sơ minh chứng để phục vụ công tác kiểm tra, công nhận đạt chuẩn.

e) Tăng cường công tác thanh tra, kiểm tra, giám sát: thiết lập cơ chế giám sát liên ngành; định kỳ kiểm tra, đánh giá tiến độ và chất lượng thực hiện các tiêu chí; phát hiện và xử lý kịp thời các sai phạm, tránh hình thức hóa hoặc chạy theo thành tích.

5. KẾT LUẬN

Xây dựng nông thôn mới là một chủ trương lớn của Đảng và Nhà nước, trong đó có vùng nông thôn miền núi phía Bắc. Để triển khai chủ trương này, Thủ tướng Chính phủ đã ban hành Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thông mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025 để các địa phương căn cứ vào các tiêu chí này xây dựng Bộ tiêu chí nông thôn mới phù hợp với địa phương mình. Tuy nhiên, việc xây dựng nông thôn mới vùng miền núi phía Bắc theo hướng bền vững còn nhiều vướng mắc do nhiều nguyên nhân trong đó có việc hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về nông thôn mới còn nhiều bất cập cần phải điều chỉnh, bổ sung, tăng cường quản lý của Nhà nước. Để khắc phục những vướng mắc này, đòi hỏi Nhà nước tăng cường công tác hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025 tại các tỉnh miền núi phía Bắc. Trên cơ sở phân tích thực trạng để tìm ra những nguyên nhân của các tồn tại trong hướng dẫn thực hiện Bộ tiêu chí quốc gia. Tác giả đề xuất 5 giải pháp tăng cường công tác quản lý của Nhà nước sau: tăng cường công tác ban hành văn bản hướng dẫn thực hiện; tăng cường công tác phân công, phân cấp quản lý; tăng cường công tác tổ chức tuyên truyền, tập huấn; tăng cường công tác hướng dẫn xây dựng kế hoạch và tổ chức thực hiện; tăng cường công tác thanh tra, kiểm tra, giám sát.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Văn Trung (chủ biên). Giáo trình Quản lý nhà nước về xây dựng. NXB Xây dựng. (2025)

[2]. Quốc hội. Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn 47/2024/QH15.

[3]. Thủ tướng Chính phủ. Quyết định 318/QĐ-TTg ngày 08/3/2022 ban hành Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới và Bộ tiêu chí quốc gia về xã nông thôn mới nâng cao giai đoạn 2021-2025.

[4]. Thủ tướng Chính phủ. Quyết định 150/QĐ-TTg ngày 28/01/2022 quyết định phê duyệt Chiến lược phát triển nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021-2030, tầm nhìn đến năm 2050.

[5]. Bộ Xây dựng. Công văn số 2307/BXD-QHKT, ngày 27/6/2022 gửi UBND các tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương về việc hướng dẫn Bộ tiêu chí quốc gia về nông thôn mới các giai đoạn 2021-2025.

■Ngày nhận bài: 24/02/2025 ■Ngày sửa bài: 18/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 03/4/2025

Evaluation of displacement of soil cement columns in a dynamic model

Đánh giá chuyển vị của hệ cọc xi măng đất trong mô hình động

> PHAM HUU HA GIANG[1*], NGUYEN TRUONG PHAT[2], LE GIA LINH[2], CAO TRONG DANH[2], PHAM MINH TRIET[1]
[1]Lecturer, College of Engineering - Can Tho University, Campus II
Email: pmtriet@ctu.edu.vn
[2]Undergraduate student, College of Engineering - Can Tho University, Campus II
Email: phatb2110341@student.ctu.edu.vn, linhb2110845@student.ctu.edu, ctdanh85@gmail.com
*Corresponding Author, Email: phhgiang@ctu.edu.vn

ABSTRACT

This study presents an evaluation of the deformation behavior of the soil-cement column system for ground improvement in a dynamic model with a surface roughness IRI = 2 (based on the research results of [15]) under conditions in Vietnam. The analytical method (according to TCVN 9403:2012 [1]) and the Finite Element Method (FEM) in Plaxis 2D were applied to analyze the effects of both static and dynamic loads on the displacement of the soil-cement column system. The results show that dynamic loads significantly increase settlement compared to static loads, with displacement increasing from 9.8 cm under static loading to 12.3 cm under dynamic loading, corresponding to a 25.51% increase. This clearly reflects the significant impact of dynamic loads on the settlement reduction performance of the soil-cement column system. Furthermore, the study emphasizes the role of road surface roughness and design live load in contributing to increased deformation under dynamic loading conditions. This topic is expected to be a potential subject for future experimental research.

Keywords: Soil cement columns; displacement; dynamic load; soft soil.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày đánh giá biến dạng của hệ cọc xi măng đất trong gia cố nền trong mô hình động với độ gồ ghề IRI =2 (dựa trên kết quả nghiên cứu của [1]) đối với điều kiện ở Việt Nam. Phương pháp giải tích (theo TCVN 9403:2012 [2]) và phần tử hữu hạn (FEM) trong Plaxis 2D được áp dụng nhằm phân tích ảnh hưởng của tải trọng tĩnh và tải trọng động đến sự chuyển vị của hệ cọc xi măng đất. Kết quả cho thấy tải trọng động làm gia tăng đáng kể độ lún so với tải trọng tĩnh, với chuyển vị tăng từ 9,8 cm dưới tải trọng tĩnh lên 12,3 cm khi chịu tải trọng động, tương ứng tăng 25,51%. Điều này phản ánh rõ rệt ảnh hưởng đáng kể của tải trọng động đối với hiệu quả giảm lún của hệ cọc xi măng đất. Ngoài ra, nghiên cứu nhấn mạnh vai trò của độ gồ ghề mặt đường và hoạt tải thiết kế trong việc làm gia tăng biến dạng dưới điều kiện tải trọng động. Chủ đề này sẽ là lĩnh vực tiềm năng cho các nghiên cứu thực nghiệm trong tương lai.

Từ khóa: Cọc xi măng đất; chuyển vị; tải trọng động; đất yếu.

1. INTRODUCTION

Soil-cement columns (SCCs) is one of the most widely utilized ground improvement methods in Vietnam due to its rapid construction process, minimal environmental impact, and adaptability to various soil types and depths without compromising existing structures above [3][4]. Moreover, this method has proven particularly effective in addressing weak soil conditions in the Mekong Delta region [5]. According to [6], when compared to the sand drain method, the SCCs technique meets technical requirements while being more cost-effective and time efficient.

In the Mekong Delta region, weak soil foundations often lead to settlement and differential subsidence near bridge approach areas. To mitigate this issue, SCCs are installed with increasing lengths toward the bridge, improving the elastic modulus in the transition zone between the road and the bridge, thereby this method increases the stability of embankment slopes [7]. However, existing standards for SCCs in Vietnam, such as [2], [8] and TCVN 9906:2014 [9], primarily focus on construction procedures and material specifications without thoroughly addressing critical factors such as local soil behavior, stress-strain states, and post-reinforcement displacements [10]. Furthermore, the effectiveness of SCCs does not solely depend on the cement-soil mixing ratio but is also influenced by other factors, including geometric parameters, pile length, spacing, and differential stress between the piles and the surrounding weak soil, which can induce lateral displacement in the pile system [4]. Ashutosh Kumar Singh [11] found that the stress on Soil cement columns is approximately five times higher than that on the surrounding soil. Incorporating a load transfer platform into the SCCs can increase vertical settlement while reducing lateral displacement. In cases where lateral resistance is insufficient, pile

failure may occur. A study conducted in Saga, Japan [12] confirmed that during ground consolidation, applied loads caused compaction and lateral displacement of embankment soil on the SCCs, ultimately leading to ground failure. The strength of the embankment material significantly affects lateral displacement. A decrease in cohesion accelerates lateral movement, reaching approximately 0.2 meters after 200 days. Conversely, higher cohesion limits lateral displacement to around 0.05 meters. Dynamic load effects are critical in roadway foundation design. According to TCCS41:2022/TCĐBVN [13], the design load for road embankments over weak soil is determined by the maximum number of heavy vehicles simultaneously covering the full roadway width.

However, Vietnamese standards have yet to address the impact of dynamic loads on reinforced road foundation design. In contrast, studies have shown that dynamic loads often have a more significant impact on structures than static loads [14]–[16]. Quan [1] emphasized that road surface roughness and vehicle speed are key factors in roadway foundation design. Specifically, the dynamic load coefficient (DLC) and impact force (IF) increase as the international roughness index (IRI) or vehicle speed rises.

This study focuses on evaluating the impact of loads on the displacement behavior of SCCs in the Mekong Delta region, which is characterized by thick layers of soft soil.

2. METHODOLOGY

2.1. Research location

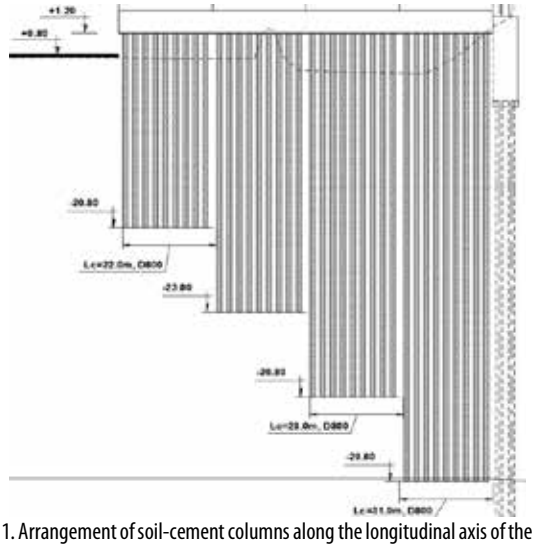


Figure 1. Arrangement of soil-cement columns along the longitudinal axis of the bridge

Figure 1 and Figure 2 illustrate the arrangement of soil-cement columns along the longitudinal and transverse axes of the bridge, showing the length, diameter, elevation, spacing, and configuration of the piles in the ground reinforcement system.

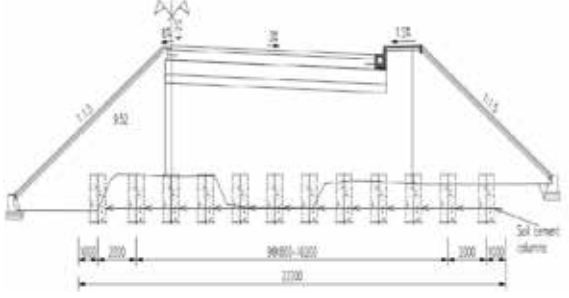


Figure 2. Arrangement of soil-cement columns along the transverse axis of the bridge

Figure *3* illustrates the plan view of the soil-cement column arrangement, where the pile length gradually increases from the road to the bridge to ensure a uniform increase in the reinforcement block's elastic modulus, providing smoother vehicle movement. Additionally, as the soil height at the bridge approach increases, the longer piles help enhance the foundation's load-bearing capacity.

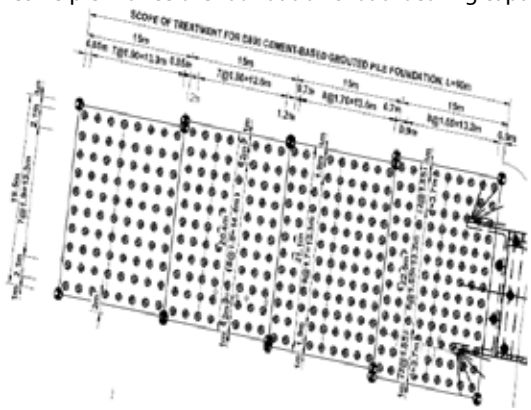


Figure 3. Plan view of soil-cement columns arrangement

2.2. Geological data

The physical and mechanical properties of soil are summarized in below.

Table 1. Geotechnical properties of the foundation soil

Soil Layer	Depth (m)	Unit weight (kN/m^3)	Internal friction angle (°)	Cohesion kN/m^2)
1	0 ÷ - 9.25	14.3	2.302	2.9
2	- 9.25 ÷ - 13.34	17.35	20.27	4.4
3	- 13.34 ÷ - 20.5	19.89	22.3	21
4	- 20.5 ÷ - 28.5	18.96	21.64	16
5	- 28.5 ÷ - 40	18.97	23.82	8.5

The geotechnical data in Table 1 represent typical soil properties of the Mekong Delta, characterized by soft alluvial soils with varying depths, unit weights, friction angles, and cohesion. Incorporating this data is essential for accurately assessing the deformation behavior of Soil cement columns under dynamic loads and design live loads in this region.

2.3. Method for calculating the settlement of SCCs

The methods for calculating deformation of soil-cement columns are currently quite diverse [17]. However, most ground improvement projects using soil-cement columns in Vietnam are designed based on the equivalent foundation concept, which is also the approach outlined in TCVN 9403:2012 [2]. Observational data from actual construction projects have demonstrated that the calculation results are fairly accurate and closely match pratical performance [18]. The overall settlement of the soil-cement columns is calculated as follows.

$$S = S_1 + S_2 \quad (1)$$

Where:

S_1: Settlement of the reinforced block.

S_2: Settlement of the soil beneath the pile toe.

The settlement of the reinforced block S_1 is calculated using the following formula:

$$S_1 = \frac{qH}{E_{tb}} = \frac{qH}{aE_c + (1-a)E_S} \quad (2)$$

The settlement of the soil beneath the pile toe S_2 is calculated using the layer-by-layer settlement summation principle as specified in TCVN 9362:2012 [19].

2.4. Model of dynamic loads

According to [20], the international roughness index (IRI) measured on the Hanoi–Hai Phong Expressway ranges from 1.65 to 1.72. However, for lower-grade roads, surface roughness tends to be higher. Therefore, this study adopts an IRI value of 2.0 to analyze the displacement behavior of Soil cement columns based on the dynamic load model proposed by [1]. To ensure practical applicability in the design process, the quarter-car model (QCM) with two degrees of freedom was employed in accordance with ISO 8608 standards, and the corresponding system of differential equations was established as follows:

$$m_s\ddot{z}_s = -c_s((\dot{z}_s - \dot{z}_u) - k_s(z_s - z_u) \quad (3)$$

$$m_u\ddot{z}_u = c_s(\dot{z}_s - \dot{z}_u) + k_s(z_s - z_u) - k_t(z_u - h) \quad (4)$$

Where: m_s: sprung mass; z_s: displacement of the sprung mass; m_u: Unsprung mass; z_u: displacement of the unsprung mass; k_s: spring stiffness; k_t: tire stiffness; c_s: damping coefficient.

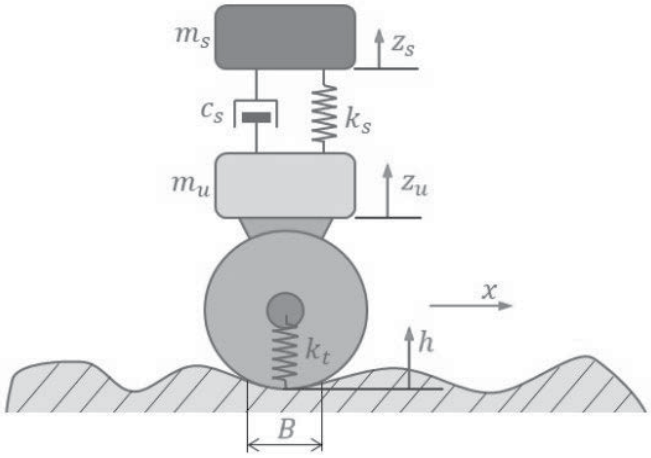


Figure 4. QCM model subjected to road surface roughness excitation [1]

The road surface roughness (RSR), characterized by the international roughness index (IRI) [1] and denoted as h(x), is expressed as a harmonic function as follows:

$$h_x = \sum_{i=1}^{N}\sqrt{3,26K_o\Delta n}\times\left(\frac{n_o}{n_i}\right)\times IRI\times\cos(2\pi i\Delta nx+\varphi_i) \quad (5)$$

Where:

x : horizontal coordinate variable

$N=\frac{L}{B}$: L (length of the surveyed road section); B (Wheel track width)

n_i : discrete spatial frequency

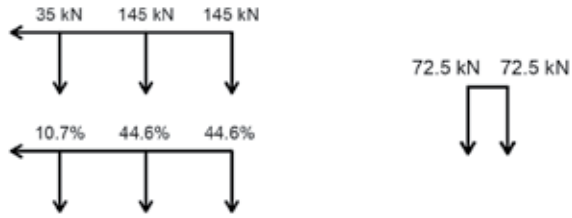
n_0 : reference frequency

Δn : distance magnitude corresponding to n_i

φi : random phase angle

Ko : 10^{-6} m^3.

The calculation of dynamic load is performed by considering both the weight of the vehicle and additional dynamic forces. Specifically, the static load of the entire vehicle is initially determined by the total load of the three axles, which in this case is 325 kN. The dynamic load Ft is then converted to the load on a single wheel using equation (6), in accordance with the finite element model. To determine the dynamic load, the load on the axle carrying the maximum load is used as the reference, and this value is subsequently evenly distributed between the two wheels of that axle.



a) Longitudinal direction *b) Transverse direction*

Figure 5. Properties of the Design Truck

$$Ft_{\text{wheel}} = \frac{44.6\%\times Ft}{2} \quad (6)$$

In which:

Ft_{wheel} : Là tải trọng động của một bánh xe

The dynamic load F(t) is calculated based on two main components: the self-weight of the vehicle and the additional dynamic force. It is expressed by the following formula:

$$F_t = F_d + P = k_t(z_u - h) + (m_s + m_u)g \quad (6)$$

Where: k_t: tire stiffness; H: function representing the road surface roughness (RSR) along the x-direction; Z_u: displacement of the unsprung mass; M_s: sprung mass; M_u: unsprung mass.

2.5. Finite Element Method

FEM (in Plaxis 2D) is applied to analyze the deformation of the soil cement columns in ground reinforcement under the influence of dynamic models and design live loads. The input data are presented in Table 1. The Mohr-Coulomb model in Plaxis is employed to simulate the behavior of soil under dynamic loads.

3. RESULTS & DISCUSSION

3.1. Dynamíc load

From the equation (5), the function $H(x)$, Z_s and Z_u was derived and is presented in Figure 6 and Figure *7*.

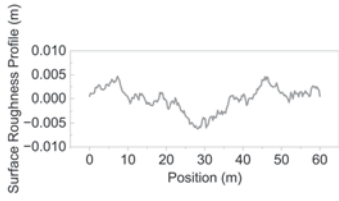


Figure 6. Road surface roughness profile, IRI = 2.0

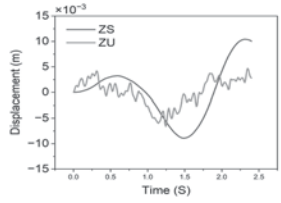


Figure 7. Simulation of vehicle oscillations, IRI = 2

Figure 6 illustrates the road surface roughness profile with respect to the horizontal axis position (m) and the surface roughness profile (m). The curve represents the variation in surface height over 60 meters, with an IRI of 2. For an IRI of 2, the height variation is only around 6 mm, which is relatively small, indicating a smooth surface with minimal irregularities.

Figure *7* displays the simulation of vehicle oscillations with respect to time (s) and displacement (m). The curves represent the displacements of the vehicle body Z_s and the wheel axle Z_u over a time span of 2.5 seconds. With an IRI of 2.0, the results highlight noticeable differences in oscillation patterns between the two components. Although the vehicle exhibits complex oscillations, the amplitude remains insignificant.

Figure 8 presents the dynamic load $F(t)$ over time (s). The curve illustrates the fluctuations of the dynamic load (kN) within the range of 72 to 76.3 kN, exceeding the static load threshold of 72.5 kN - representing the characteristic static load of an HL93 truck according to [21]. With an IRI of 2, the load varies significantly, reflecting the impact of road surface roughness on load intensity

over a 2.5-second period. Compared to the static load, the dynamic load is higher by up to 5.3%.

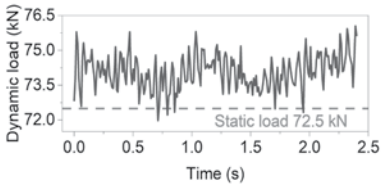


Figure 8. Dynamic load

3.2. Settlement analysis of soil-cement columns under AM and FEM.

Table 2. Displacement analysis results of SCCs under static and dynamic loads.

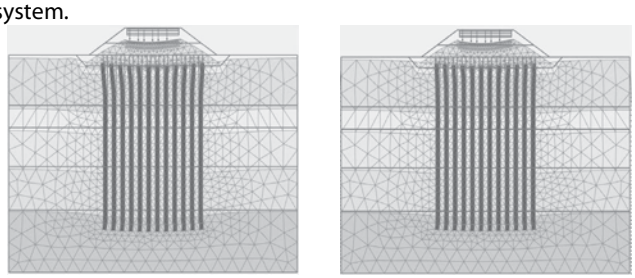
Analysis Method	Settlement (cm)
AM_SL (static load)	8.30
FEM_SL (static load)	9.80
FEM_DL (dyamic load)	12.03

Table 2 presents the settlement analysis of soil-cement columns (SCCs) under static loading, emphasizing the differences between the Analytical Method (AM) and the Finite Element Method (FEM). The AM predicts a settlement of 8.3 cm, whereas the FEM estimates a slightly higher value of 9.8 cm. This discrepancy suggests that the FEM is capable of capturing more complex soil-structure interactions that are typically simplified in analytical approaches.

The consistently higher settlement predicted by the FEM implies that this method provides a more conservative estimation, potentially offering greater alignment with actual field behavior. This indicates a possible safety advantage of using FEM over AM in practical applications. Overall, the observed differences underscore the significant influence of modeling techniques on prediction accuracy, making direct comparisons between AM and FEM challenging.

3.3. Settlement analysis of soil cement columns under static and dynamic loads

The displacement distribution of soil-cement columns based on FEM simulation under static and dynamic loads is presented in Figure 9. The results indicate that the maximum displacement is primarily concentrated in the central area, mainly due to the impact of embankment loads and vehicle traffic. Therefore, appropriate settlement compensation measures should be implemented in this region to ensure the stability and performance of the foundation system.



a) Static Load *b) Dynamic Load*

Figure 9. Displacement of the Soil cement columns Based on FEM

Table 2 also presents the displacement analysis results under static and dynamic loads, showing a significant difference in settlement. Under static loading, the soil-cement columns (SCCs) experience a settlement of 9.8 cm. However, under dynamic loading, the settlement increases substantially to 12.3 cm. This result emphasizes the considerable impact of dynamic loading on the deformation of the pile system, particularly under the influence of road surface roughness and design live loads

Compared to static loading, dynamic loading causes a settlement increase of approximately 25.5%, demonstrating the significant impact of dynamic loads on the settlement of the foundation system.

4. CONCLUSION

This study evaluates the deformation behavior of soil-cement columns under dynamic and static loads. The key conclusions are as follows:

(1) Dynamic loading significantly increases settlement compared to static loading, highlighting the importance of considering dynamic factors in ground reinforcement design.

(2) The FEM method provides safer design results, especially under static loading conditions, reflecting the real-world behavior of the system more accurately.

(3) Road surface roughness and dynamic loads must be carefully considered to ensure the effectiveness and durability of soil-cement columns.

REFERENCES

[1] H. Van Quan, T. M. Canh, and L. Van Phuc, "Vehicle model dynamic analysis under random excitation of uneven pavement as measured by the international roughness index huynh." p. Transport and Communications Science Journal, Vol, 2023.

[2] I.-V. I. F. B. S. A. Technology, Technical standard 9403:2012-Stabilization of soft soil - The soil cement column method. 2012.

[3] P. H. H. Giang, L. H. Tri, and N. T. Phat, "Enhancing riverbank stability A case study on soil improvement through Jet grouting along Can Tho riverbank." p. CTU Journal of Innovation and Sustainable Developm, 2024.

[4] P. H. H. Giang, L. H. Trí, T. T. Nhật, H. V. Minh, and P. A. Du, "Evaluation of the Compressive Strength of Cement-Soil Piles Fabricated in Laboratory and Field Conditions," Journal of Materials and Construction, vol. 12, no. 04. 2022.

[5] C. C. Dang et al., "Numerical study on deformation characteristics of fibre reinforced load transfer platform and columns," pp. 1–66, 2020.

[6] N. T. Nguyen, "Numerical study on deformation characteristics of fibre reinforced load transfer platform and columns," Transp. Commun. Sci. J., p. Transp. Commun. Sci. J., 2018.

[7] F. O. R. Enhancing and W. Resistance, "Use of Deep Cement Mixing To Reduce Settlements At Bridge Approaches," Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, vol. 125. pp. 309–320, 1999.

[8] "TCVN 9403:2012 Gia có đất nền yếu - Phương pháp trụ đất xi măng," Tiêu chuẩn quốc gia Việt Nam, 2012.

[9] Ministry of agriculture and rural development - Vietnam, "TCVN 9906:2014-Hydraulic structures - Cement soil columns created by Jet-grouting method - Technical requierment for design, construction and acceptance in the soft ground reinforcement." 2014.

[10] N. T. N. Yen and T. T. Viet, "Effects of geographical parameters of cement - soil piles on the stability of embankment foundation on soft soil," J. Water Resour. Environ. Eng., pp. 74–78, 2020.

[11] A. K. Singh and A. Mishra, "Numerical analysis of embankments on soft clay supported with cement-mixed columns," Smart Geotech. Smart Soc., pp. 2541–2546, 2023.

[12] J. Chai, S. Shrestha, and T. Hino, "Failure of an Embankment on Soil-Cement Column–Improved Clay Deposit: Investigation and Analysis," J. Geotech. Geoenvironmental Eng., vol. 145, no. 9, pp. 1–10, 2019.

[13] V. R. Administration, "TCCS 41:2022/TCDBVN-Specification for Survey and Design of Highway Embankment on Soft Ground." .

[14] Đ. V. Hà, "Study on the impact of braking moment," Transp. Commun. Sci. J., vol. 06/2021, 2021.

[15] L. Sun, "Computer simulation and field measurement of dynamic pavement loading," Mathematics and Computers in Simulation, vol. 56, no. 3. pp. 297–313, 2001.

[16] S. Messioud, U. S. Okyay, B. Sbartai, and D. Dias, "Dynamic Response of Pile Reinforced Soils and Piled Foundations," Geotech Geol Eng, vol. 34:789–805, 2016.

[17] N. A. Tuấn, N. T. Đạt, and H. N. Hà, "Calculation Methods for Cement-Soil Piles." p. Transp. Commun. Sci. J., 2016.

[18] T. C. Nguyễn, T. T. T. Trần, and Đ. T. Vũ, "Research and proposal measures to treat weak ground using soil cement column." p. Journal of Science, Technology and Engineering Mie, 2024.

[19] I.-V. I. F. B. S. A. Technology, "TCVN 9362:2012 - Specifications for design of foundation for buildings and structures TCVN," vol. 4, no. 3, pp. 57–71, 2012.

[20] "TCVN 8865 : 2011 về Mặt đường ô tô - Phương pháp đo và đánh giá xác định độ bằng phẳng theo chỉ số độ gồ ghề quốc tế IRI," Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2011.

[21] "TCVN 11823-3-2017 Tải trọng và hệ số tải trọng," Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 2012.

■Ngày nhận bài: 27/02/2025 ■Ngày sửa bài: 21/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/4/2025

Giải pháp quan trắc chuyển dịch hầm đường sắt đô thị thi công bằng công nghệ khoan đào TBM

Monitoring approach for displacements of urban railway tunnels excavated using TBM technology

> LÊ VĂN HIẾN
Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải; Email: hienlv@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Hầm đường sắt đô thị là một dạng công trình đặc biệt được xây dựng trong điều kiện phức tạp, trên khu vực đông dân cư. Hiện nay, phương pháp đào hầm bằng công nghệ tiên tiến Tunel Boring Machine (TBM) thường được áp dụng để thi công các công trình đường hầm đô thị. Bài báo nghiên cứu phân tích các phương pháp trắc địa áp dụng trong quan trắc chuyển dịch lún và ngang các công trình lân cận cũng như công trình đường hầm trong quá trình thi công. Trước tiên, một hệ thống lưới khống chế trắc địa gồm lưới cơ sở và lưới quan trắc được thành lập để phục vụ quan trắc chuyển dịch lún và ngang các công trình lân cận trên mặt đất. Tiếp theo đó, phương pháp đo truyền tọa độ và độ cao xuống hầm để tạo cơ sở thành lập hệ thống lưới khống chế quan trắc chuyển dịch vỏ hầm trong quá trình thi công. Cuối cùng, phương pháp đo quan trắc chuyển dịch vỏ hầm được phân tích từ đó hoàn thiện một giải pháp quan trắc chuyển dịch lún và ngang công trình đường hầm thi công bằng phương pháp khoan đào TBM.

Từ khóa: Tunnel Boring Machine - TBM; quan trắc lún; quan trắc chuyển dịch ngang; hầm đường sắt.

ABSTRACT

Urban railway tunnels represent a specific category of complex infrastructure projects constructed within densely populated areas. Currently, the advanced Tunnel Boring Machine (TBM) technology is commonly employed for the excavation of urban tunnel constructions. This paper investigates and analyzes geodetic methods applied to monitor vertical and horizontal displacements of adjacent structures, as well as the tunnel itself, during the construction phase. Initially, a geodetic control network, comprising both a primary control network and a monitoring network, is established to facilitate the observation of vertical and horizontal displacements of neighboring structures on the surface. Subsequently, the method of transferring coordinates and elevations into the tunnel is utilized to establish the control network for monitoring the displacement of the tunnel lining during construction. Finally, the methodology for monitoring the tunnel lining displacement is analyzed, leading to the development of a comprehensive geodetic monitoring solution for vertical and horizontal displacements of tunnels constructed using the TBM excavation method.

Keywords: Tunnel Boring Machine - TBM; settlement monitoring; horizontal displacement monitoring; urban railway tunnel.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quan trắc công trình nói chung và quan trắc chuyển dịch công trình giao thông nói riêng đóng một vai trò rất quan trọng, giúp kiểm tra chính xác kết cấu hình học của công trình trong suốt quá trình thi công xây dựng và khai thác sử dụng. Hiện nay, có hai hình thức quan trắc được sử dụng là quan trắc định kỳ (theo chu kỳ) và quan trắc tự động (liên tục), tuỳ thuộc vào quy mô và kết cấu của từng dạng công trình cụ thể cũng như yêu cầu quan trắc của từng giai đoạn xây dựng sẽ quyết định đến phương pháp quan trắc [1-3].

Ở Việt Nam, quan trắc chuyển dịch lún hoặc chuyển dịch ngang các công trình giao thông như tuyến đường, cầu vượt sông đã được nghiên cứu, triển khai áp dụng khá phổ biến. Các nghiên cứu về ứng dụng công nghệ định vị vệ tinh GNSS trong quan trắc liên tục chuyển vị của các công trình cầu hệ dây nhịp lớn như cầu Nhật Tân, cầu Cần Thơ… đã chỉ ra rằng công nghệ GNSS có độ chính xác cao trong xác định chuyển vị của cầu ở thời gian thực [2]. Bên cạnh đó, nghiên cứu về ứng dụng các thiết bị trắc địa hiện đại trong quan trắc lún nền đường đắp trên đất yếu [4] chỉ ra rằng phương pháp đo GNSS-RTK có thể đạt độ chính xác trong quan trắc lún nền đường đắp trên đất yếu. Tuy nhiên, hiện nay công trình đường sắt nói chung và đường sắt đô thị nói riêng được xây dựng ở Việt Nam còn rất hạn chế. Tuyến đường sắt đô thị số 1 Bến Thành - Suối Tiên tại TP.HCM mới được hoàn thiện và đưa vào khai thác, trong đó có một đoạn tuyến khoảng 700m là hầm đường sắt thi công bằng phương pháp khoan đào Tunnel Boring Machine (TBM) [5]. Tuyến đường sắt đô thị số 3 Nhổn - Ga Hà Nội đã hoàn thành và đưa vào khai thác đoạn tuyến trên cao, trong khi đó đoạn tuyến hầm đường sắt 4,5km từ Kim Mã đến Ga Hà Nội đang được thi công những đoạn tuyến đầu tiên bằng công nghệ TBM. Theo quy hoạch mạng lưới đường sắt đô thị của Chính phủ, sẽ có nhiều tuyến đường sắt đô thị tiếp tục

được đầu tư xây dựng ở các đô thị lớn. Do vậy, mặc dù áp dụng còn hạn chế, công tác trắc địa trong quan trắc chuyển dịch công trình hầm đường sắt đô thị là một nhiệm vụ cấp thiết, đóng vai trò rất quan trọng phục vụ giai đoạn thi công xây dựng và khai thác sử dụng. Bài báo này nghiên cứu, phân tích một giải pháp hoàn thiện về phương pháp trắc địa trong quan trắc chuyển dịch hầm đường sắt đô thị thi công bằng công nghệ khoan đoàn TBM.

2. NỘI DUNG

2.1. Cơ sở lý thuyết nghiên cứu

2.1.1. Mục đích, yêu cầu và nội dung quan trắc công trình hầm đường sắt đô thị

Quy trình thi công hầm đường sắt đô thị bằng công nghệ TBM được thực hiện gồm hai giai đoạn chính là thi công các nhà ga theo công nghệ đào mở top-down và thực hiện khoan đào tuyến hầm bằng công nghệ TBM. Do đặc điểm trong đô thị là kết cấu hạ tầng lân cận công trình rất phức tạp, nên quá trình thi công khoan hầm có thể gây chuyển dịch dẫn đến biến dạng của các công trình lân cận trên mặt đất. Do vậy, công tác quan trắc bằng phương pháp trắc địa có nhiệm vụ là xác định các giá trị dịch chuyển của công trình lân cận theo phương đứng (trồi, lún) và phương ngang (chuyển dịch ngang) theo thời gian; xác định độ trồi lún của nền đường dọc theo tuyến đào hầm trong quá trình thi công; và quan trắc chuyển dịch vỏ hầm trong quá trình thi công. Các kết quả chuyển dịch được sử dụng để đánh giá độ ổn định của kết cấu công trình, từ đó có các biện pháp duy tu, sửa chữa cần thiết.

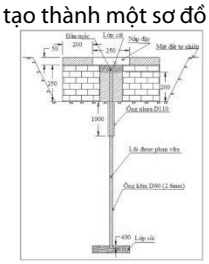
Nội dung quan trắc chuyển dịch công trình hầm đường sắt đô thị gồm:

- Thành lập hệ thống lưới khống chế cơ sở và lưới quan trắc trên mặt đất;
- Đo chuyền toạ độ và độ cao xuống hầm;
- Thành lập lưới khống chế phục vụ quan trắc chuyển dịch vỏ hầm.

2.1.2. Công tác quan trắc lún

1. Thành lập hệ thống lưới cơ sở và lưới quan trắc

Căn cứ theo tiêu chuẩn kỹ thuật TCVN 9360-2012 [6], mốc cơ sở trong quan trắc lún công trình là mốc loại A (hình 1a) với mật độ khoảng 400-600m có một mốc hoặc một cụm mốc khống chế. Mỗi cụm mốc gồm tối thiểu 03 mốc để đảm bảo đủ điều kiện đánh giá độ ổn định tại mỗi chu kỳ đo. Mốc cơ sở quan trắc lún phải đảm bảo điều kiện nằm ngoài khu vực ảnh hưởng bởi công trình và có độ ổn định cao trong suốt quá trình quan trắc. Mốc quan trắc lún được chế tạo là các mốc gắn tường bằng thép, được gắn vào các vị trí đặc trưng trên công trình lân cận theo dõi lún. Hình 1b mô tả vị trí gắn các mốc quan trắc lún trên thân toà nhà lân cận công trình hầm đường sắt đô thị. Các mốc cơ sở và mốc quan trắc liên kết với nhau tạo thành một sơ đồ tuyến đo thống nhất giữa các chu kỳ đo.



(a) Cấu tạo mốc chuẩn quan trắc lún loại A



(b) Minh hoạ vị trí gắn mốc quan trắc lún

Hình 1. Cấu tạo mốc chuẩn và vị trí mốc quan trắc lún

2. Công tác đo quan trắc lún

Căn cứ theo tiêu chuẩn kỹ thuật TCVN 9360:2012 và TCVN 9398:2012 [6-7], lưới khống chế cơ sở quan trắc lún được xác định tương đương cấp hạng I và lưới quan trắc lún được xác định độ chính xác tương đương cấp hạng II. Do vậy, phương pháp đo lưới quan trắc phải được thực hiện bằng phương pháp đo cao hình học từ giữa tia ngắm ngắn, sử dụng máy thuỷ chuẩn độ chính xác cao và mia invar hoặc mia mã vạch. Bảng 1 mô tả các yêu cầu độ chính xác khi đo quan trắc lún.

Bảng 1. Tiêu chuẩn kỹ thuật quan trắc lún[6]

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Cấp hạng I	Cấp hạng II
1	Chiều dài tia ngắm	≤ 25m	≤ 30m
2	Chênh lệch khoảng cách: - Trên một trạm đo - Trên một tuyến đo	 ≤ 0.4m ≤ 2m	 ≤ 1m ≤ 4m
3	Sai số đơn vị trọng số	0.15mm/trạm	0.25mm/trạm
4	Sai số khép giới hạn trên tuyến đo (n là số trạm máy)	$\leq \pm 0.3\sqrt{n}$ (mm)	$\leq \pm 0.5\sqrt{n}$ (mm)

3. Xử lý số liệu quan trắc lún

Công tác xử lý số liệu quan trắc lún bao gồm các bước sau:

- Bình sai tự do lưới khống chế cơ sở độ cao và đánh giá độ ổn định mốc chuẩn;
- Bình sai chặt chẽ lưới quan trắc lún xác định độ cao các mốc quan trắc lún;
- Tính toán các tham số lún như:

+ Độ lún giữa hai chu kỳ liên tiếp của mốc i:

$S^i_{j-1,j} = H^i_j - H^i_{j-1}$

+ Độ lún tổng cộng từ chu kỳ 1 đến chu kỳ j:

$S^i_{j,1} = H^i_j - H^i_1$

+ Vận tốc lún trung bình:

$v^i_{tb} = \frac{S^i_{j,1}}{t}$; trong đó t là thời gian quan trắc.

2.1.3. Công tác quan trắc chuyển dịch ngang

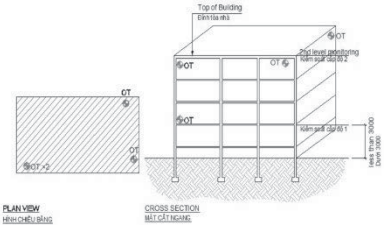
1. Thành lập hệ thống lưới cơ sở và lưới quan trắc

Hệ thống mốc cơ sở quan trắc chuyển dịch ngang được thành lập trên mặt đất và phải đảm bảo điều kiện nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng của công trình, với mật độ điểm phù hợp để đảm bảo công tác đo các điểm quan trắc trong các chu kỳ đo. Các mốc cơ sở có cấu tạo dạng mốc bê tông chôn sâu (hình 2a) và phải được đánh giá độ ổn định tại các chu kỳ đo. Đối với công tác quan trắc chuyển dịch vỏ hầm, các mốc cơ sở được thành lập ở dưới hầm, trên bản mặt đáy của các nhà ga với toạ độ được xác định bằng phương pháp kết hợp máy chiếu đứng và máy toàn đạc độ chính xác cao đo chuyền toạ độ từ mặt đất xuống hầm. Các điểm cơ sở trong hầm được sử dụng để thành lập lưới đường chuyền trong hầm phục vụ đo quan trắc vỏ hầm.

Các mốc quan trắc chuyển dịch ngang được bố trí lắp đặt tại các điểm đặc trưng trên thân của công trình lân cận và phân bố đều tại mỗi mặt cắt vỏ hầm (tối thiểu 5 mốc quan trắc trên một mặt cắt vỏ hầm. Tại mỗi điểm quan trắc chuyển dịch ngang, tiến hành lắp đặt cố định một gương đo phản chiếu, đảm bảo gương đo chuyển dịch cùng với kết cấu của công trình. Hình 2b mô tả vị trí lắp đặt các điểm đo quan trắc chuyển dịch ngang của toà nhà lân cận.



(a) Cấu tạo mốc cơ sở quan trắc chuyển dịch ngang



(b) Minh hoạ vị trí gắn mốc quan trắc chuyển dịch ngang

Hình 2. Cấu tạo mốc cơ sở và vị trí lắp đặt mốc quan trắc chuyển dịch ngang

2. Công tác đo quan trắc chuyển dịch ngang

Lưới khống chế cơ sở được đo bằng bằng công nghệ định vị vệ tinh GNSS theo phương pháp đo tương đối tĩnh, với thời gian đo của mỗi ca đo tối thiểu là 2 giờ, hoặc sử dụng máy toàn đạc điện tử đo theo phương pháp đo góc-cạnh với độ chính xác cao. Tại mỗi chu kỳ đo, các mốc cơ sở phải được đánh giá độ ổn định trước khi thực hiện đo lưới quan trắc. Đối với lưới quan trắc chuyển dịch ngang, đo đặc điểm khu vực đo là khu đô thị, phương pháp đo được thực hiện bằng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao kết hợp tia laser chỉ hướng và đo theo phương pháp toạ độ cực hoặc giao hội góc-cạnh. Tại mỗi chu kỳ đo cần phải đảm bảo thống nhất sơ đồ đo các chu kỳ là giống nhau.

3. Xử lý dữ liệu quan trắc chuyển dịch ngang

Công tác xử lý dữ liệu quan trắc chuyển dịch ngang gồm các bước sau:

- Bình sai tự do lưới khống chế cơ sở toạ độ và đánh giá độ ổn định mốc cơ sở;
- Bình sai chặt chẽ lưới quan trắc xác định toạ độ các mốc quan trắc chuyển dịch ngang;
- Tính toán các tham số chuyển dịch ngang như:

+ Chuyển dịch ngang của mốc i theo hướng trục X giữa hai chu kỳ j và k:

$$Q_{X_i} = X_i^j - X_i^k$$

+ Chuyển dịch ngang của mốc i theo hướng trục Y giữa hai chu kỳ j và k:

$$Q_{Y_i} = Y_i^j - Y_i^k$$

+ Chuyển dịch ngang toàn phần của mốc i giữa hai chu kỳ j và k:

$$Q_i = \sqrt{Q_{X_i}^2 + Q_{Y_i}^2}$$

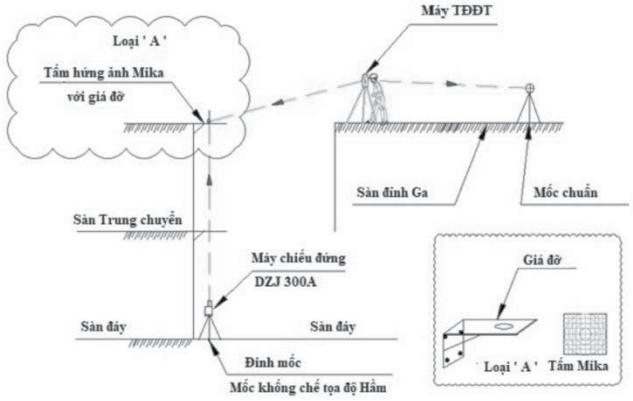
2.1.4. Công tác chuyền toạ độ xuống hầm

Công tác chuyền toạ độ xuống hầm được thực hiện bằng phương pháp kết hợp máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao và máy chiếu đứng. Hình 3 mô tả phương pháp chuyền toạ độ từ trên mặt đất xuống các mốc cơ sở dưới hầm. Quy trình thực hiện công tác này gồm 3 bước:

Bước 1: Trên mặt đất, sử dụng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao đo chuyền toạ độ từ mốc cơ sở đến điểm tâm của tấm mika chuyên dụng đã được gắn chặt tại một vị trí cố định, theo phương pháp đo góc-cạnh.

Bước 2: Dưới bản đáy ga (dưới hầm), sử dụng máy chiếu đứng laser chiếu trở lên vào tâm của tấm mika và chiếu trở xuống mặt đáy ga để đánh dấu điểm toạ độ cơ sở dưới hầm. Để tăng độ chính xác, việc đo chiếu đứng được thực hiện đo lặp và xác định vị trí trung bình.

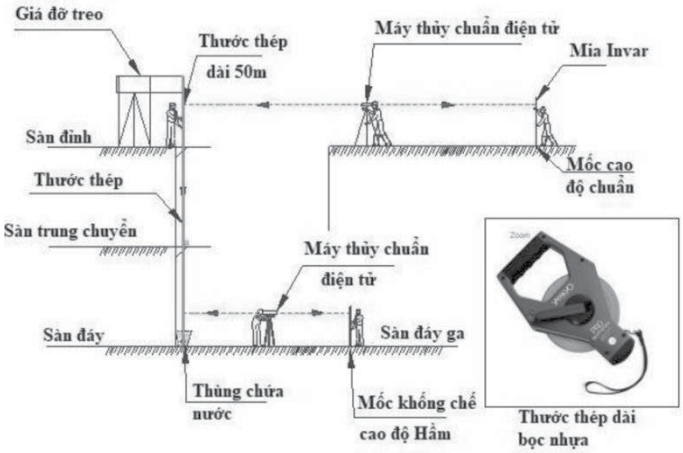
Bước 3: Đo kiểm tra các mốc cơ sở dưới hầm bằng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao. Lần lượt đặt máy toàn đạc điện tử tại mỗi điểm và đo xác định toạ độ và khoảng cách giữa các điểm cơ sở, đảm bảo sai số về toạ độ không vượt quá 2mm.



Hình 3. Sơ đồ đo chuyền toạ độ xuống hầm

2.1.5. Công tác chuyền độ cao xuống hầm

Công tác chuyền độ cao xuống hầm được thực hiện bằng phương pháp đo cao hình học từ giữa độ chính xác cao kết hợp với thước thép chuyên dụng treo thẳng đứng. Hình 4 mô tả phương pháp chuyền độ cao xuống hầm. Phương pháp thực hiện sử dụng đồng thời hai máy thuỷ bình độ chính xác cao đo theo phương pháp từ giữa: một máy trên mặt đất đo chuyền độ cao từ mốc chuẩn đến vị trí thước treo, một máy dưới đáy ga đo chuyền độ cao từ thước treo về các mốc cơ sở đã được xác định vị trí từ bước chuyền toạ độ xuống hầm. Trong quá trình đo, thước treo phải được kiểm tra đảm bảo độ thẳng đứng.



Hình 4. Sơ đồ đo chuyền độ cao xuống hầm

2.2. Công tác quan trắc chuyển dịch lún và ngang công trình hầm đường sắt đô thị số 3

2.2.1. Quan trắc lún

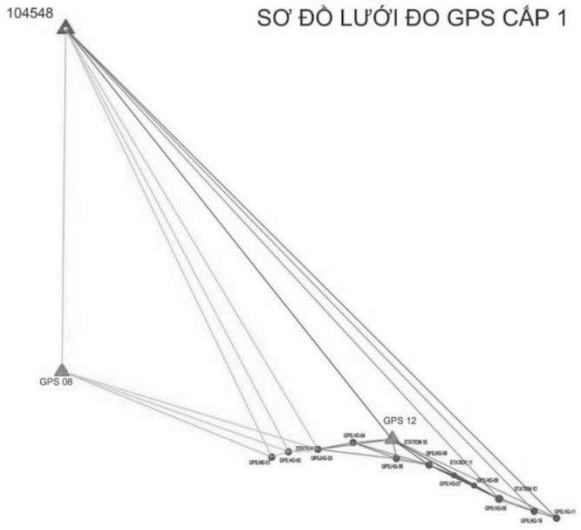
Hệ thống mốc chuẩn được thành lập dọc tuyến hầm trên mặt đất, nằm ngoài khu vực ảnh hưởng của công trình, gồm các điểm từ MC1 đến MC10. Phương pháp đo lưới quan trắc lún là phương pháp thuỷ chuẩn từ giữa tia ngắm ngắn, sử dụng máy thuỷ chuẩn điện tử Leica DNA-03 với độ chính xác đo bằng mia invar là 0,3mm. Bảng 2 thể hiện kết quả độ cao của các mốc chuẩn dùng làm cơ sở để đo quan trắc lún công trình lân cận và chuyền độ cao xuống hầm tại các nhà ga. Hiện nay, công tác đo lưới quan trắc lún công trình lân cận và nền đường dọc tuyến đang được thực hiện theo các chu kỳ, tuân thủ chặt chẽ các quy định trong các tiêu chuẩn kỹ thuật.

Bảng 2. Độ cao các mốc chuẩn dùng trong quan trắc độ lún

TT	Tên mốc	Độ cao (m)	TT	Tên mốc	Độ cao (m)
1	MC1	7.01833	6	MC6	6.76957
2	MC2	5.75103	7	MC7	6.82740
3	MC3	6.01761	8	MC8	6.54120
4	MC4	6.06057	9	MC9	7.27918
5	MC5	7.01833	10	MC10	6.63620

2.2.2. Quan trắc chuyển dịch ngang

Hệ thống mốc cơ sở của quan trắc chuyển dịch ngang được thành lập bằng công nghệ định vị vệ tinh GPS gồm các điểm GPS.HG-05, GPS.HG-06, GPS.HG-07, GPS.HG-08, và thành lập bổ sung một số điểm như P5, DC11A bằng máy toàn đạc điện tử độ chính xác cao TS15 với sai số đo góc là ±1", sai số đo cạnh là ±(1mm + 1ppm). Bảng 3 thể hiện toạ độ của các điểm cơ sở phục vụ quan trắc chuyển dịch ngang xác định trong hệ toạ độ VN-2000, kinh tuyến trục 105^0, múi chiếu 3^0. Hình 5 mô tả sơ đồ đo lưới khống chế cơ sở GPS.

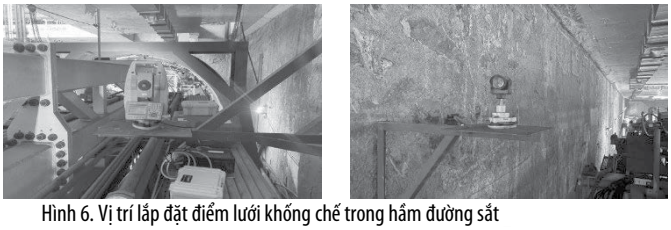


Hình 5. Sơ đồ đo lưới GPS cơ sở

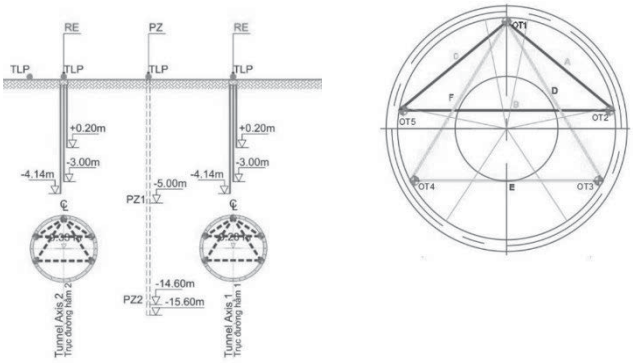
Bảng 3. Toạ độ các mốc cơ sở phục vụ quan trắc chuyển dịch ngang

TT	Tên điểm	Toạ độ X (m)	Toạ độ Y (m)	Độ cao H (m)
1	GPS.HG-05	2326419.797	585792.183	7.47005
2	GPS.HG-06	2326345.377	586271.553	6.72490
3	GPS.HG-07	2326197.010	586635.499	6.21141
4	GPS.HG-08	2326053.737	586928.283	6.87278
6	P5	2326399.146	586101.059	6.91438
7	DC11A	2326281.208	586479.034	6.27841

Hình 6 mô tả vị trí lắp đặt trạm máy toàn đạc điện tử và gương khi đo đường chuyền trong hầm, trong khi đó hình 7 mô tả vị trí lắp đặt điểm quan trắc chuyển dịch của vỏ hầm.



Hình 6. Vị trí lắp đặt điểm lưới khống chế trong hầm đường sắt



Hình 7. Vị trí lắp đặt mốc quan trắc chuyển dịch vỏ hầm theo mặt cắt ngang

Bảng 4 thể hiện kết quả đo quan trắc chuyển dịch của một mặt cắt ngang vỏ hầm trong quá trình thi công đào hầm TBM trong 2 chu kỳ đo. Trong đó, chuyển dịch theo các hướng giữa hai chu kỳ được tính như sau:

$$\begin{cases} \Delta X = X_2 - X_1 \\ \Delta Y = Y_2 - Y_1 \\ \Delta h = h_2 - h_1 \end{cases} \quad (1)$$

Giá trị chuyển dịch giới hạn cho phép theo các phương của vỏ hầm là: $\Delta X_{max} = \Delta Y_{max} = \Delta h_{max} = \pm 5mm$

Bảng 4: Kết quả quan trắc chuyển dịch vỏ hầm

TT	Tên điểm	Chu kỳ 1			Chu kỳ 2			Độ lệch (mm)		
		X (m)	Y (m)	h (m)	X (m)	Y (m)	h (m)	ΔX	ΔY	Δh
1	OT1	173233.4853	199496.1794	6.4150	173233.4853	199496.1794	6.4150	2.2	3.8	4.6
2	OT2	173236.1870	199493.8997	4.1324	173236.1842	199493.8954	4.1287	-2.8	-4.3	-3.7
3	OT3	173235.8921	199492.0948	2.3312	173235.8924	199492.0920	2.3271	0.3	-2.8	-4.1
4	OT4	173231.0785	199492.0948	2.3306	173231.0840	199492.0919	2.3333	5.5	-2.9	2.7
5	OT5	173230.7836	199493.8997	4.1332	173230.7886	199493.8980	4.1353	5	-1.7	2.1

Từ kết quả độ lệch theo các phương toạ độ, đối chiếu với giá trị độ lệch giới hạn, có thể thấy rằng các điểm quan trắc OT của vỏ hầm là ổn định.

3. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu và phân tích lý thuyết về phương pháp trắc địa trong quan trắc chuyển dịch hầm đường sắt đô thị thi công bằng phương pháp đào hầm TBM và kết quả áp dụng thực tiễn đối với hầm đường sắt đô thị số 3, có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Công tác quan trắc chuyển dịch (lún và ngang) trong thi công đào hầm đường sắt đô thị bao gồm quan trắc các công trình lân cận, quan trắc dọc tuyến vỏ hầm trên mặt đất và quan trắc chuyển dịch vỏ hầm trong quá trình thi công.

- Công tác quan trắc chuyển dịch công trình đường sắt đô thị phải thực hiện tuân thủ chặt chẽ các tiêu chuẩn kỹ thuật, quy trình đo đạc, và xử lý dữ liệu đo để tính toán các đại lượng chuyển dịch.

- Dựa trên các tiêu chuẩn về độ chính xác, thiết bị đo quan trắc chuyển dịch hầm đường sắt đô thị phải là các thiết bị có độ chính xác và ổn định cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Trần Khánh, Nguyễn Quang Phúc, Quan trắc chuyển dịch và biến dạng công trình. NXB Giao thông vận tải, 2010.

[2]. Thuy Linh Nguyen, Lan Thi Huong Ho, Van Hien Le, Duc Hai Le, Nghiên cứu đánh giá độ chính xác số liệu quan trắc chuyển dịch cầu dây văng theo phương đứng bằng kỹ thuật đo GPS - RTK. Science Journal of Transportation (67), pp. 41-48, 2018.

[3]. Lê Văn Hiến, Lê Minh Ngọc, Trần Đức Công, Nghiên cứu phương pháp tiền xử lý dữ liệu quan trắc liên tục GNSS của cầu dây văng nhiều trụ tháp. Tạp chí Khoa học Giao thông vận tải, tập 75, số 9, trang 2345-2355, 2024.

[4]. Trần Thị Thảo, Trần Đắc Sử, Đánh giá khả năng ứng dụng công nghệ GNSS-CORS trong quan trắc độ lún nền đường đắp trên nền đất yếu ở Việt Nam. Tạp chí Giao thông vận tải, số 63, trang 43-47, 2022.

[5].https://laodong.vn/xa-hoi/metro-so-1-chinh-thuc-van-hanh-thuong-mai-sang-nay-2212-1438874.ldo

[6]. TCVN 9360:2012 - Quy trình kỹ thuật xác định độ lún công trình dân dụng và công nghiệp bằng phương pháp đo cao hình học.

[7]. TCVN 9398:2012 - Công tác trắc địa trong xây dựng công trình.

■Ngày nhận bài: 15/02/2025 ■Ngày sửa bài: 15/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/4/2025

Characteristic and random law of roughness factor on corroded surface

Đặc trưng và tính ngẫu nhiên của độ nhám bề mặt bị ăn mòn

> DAO DUY KIEN
Department of Civil Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology and Education
Email: kiendd@hcmute.edu.vn

ABSTRACT

The corrosion propagation process, the formation of local corrosion, and the surface roughness characteristics of corroded steel structures when working with concrete are presented in detail in this study. The 36 steel specimens working with concrete were conducted to determine the corrosion propagation process, and then the accelerated cyclic corrosion tests were also performed on these 36 specimens. When exposed to a corrosive environment, the boundary between the steel structure and concrete will immediately corroded, creating a local corrosion zone here. Then the corrosion begins to spread gradually at an increasing rate, the gap between the concrete and the steel structure develops rapidly. In the early stages of corrosion, the surface tends to corrode uniformly, the corrosion is evenly distributed over the entire surface, the arithmetic average of the absolute values R_a increases gradually over time and tends to be predictable when the corrosion is still uniform. However, when the corrosion increases, the R_a value does not follow the trend and is formed randomly. In the first exposure period, the distribution of corrosion depth trends to follow the exponential or lognormal function, while it follows normal function for an older exposure period. This is a characteristic when the corroded surface appears with localized corrosion. The value of roughness factor R_a = 0.034 mm was proposed as the threshold value that the corroded surface will be transferred from the uniform corrosion to local corrosion. The knowledge gained from this study will supplement the analysis of the corrosion propagation process, and also supplement data in the design, warranty, and maintenance of steel structures subject to corrosion when working with concrete.

Keywords: Roughness characteristics; corrosion propagation; random law; localized corrosion depth; absolute values of corrosion.

TÓM TẮT

Quá trình lan truyền ăn mòn, sự hình thành ăn mòn cục bộ, đặc trưng độ nhám bề mặt kết cấu thép bị ăn mòn khi làm việc cùng bê tông được trình bày chi tiết trong nghiên cứu này. 36 mẫu thép làm việc cùng bê tông được đưa vào thí nghiệm xác định quá trình lan truyền ăn mòn. Đồng thời sau đó thí nghiệm ăn mòn cưỡng bức cũng được thực hiện trên 36 mẫu này. Khi tiếp xúc với môi trường ăn mòn, ngay lập tức vùng biên giữa kết cấu thép và bê tông sẽ bị ăn mòn, tạo nên vùng ăn mòn cục bộ tại đây. Sau đó ăn mòn bắt đầu lan truyền dần với tốc độ tăng nhanh, khi khe hở giữa bê tông và kết cấu thép phát triển nhanh. Trong giai đoạn đầu của ăn mòn, bề mặt có xu hướng ăn mòn uniform, sự ăn mòn phân bố đều trên toàn bề mặt, giá trị trung bình số học của các giá trị tuyệt đối của độ nhám bề mặt R_a tăng dần theo thời gian và có xu hướng dự đoán được khi ăn mòn còn đều. Tuy nhiên khi ăn mòn tăng lên, giá trị R_a không theo xu hướng và hình thành ngẫu nhiên. Trong giai đoạn ăn mòn đầu tiên, sự phân bố của độ sâu ăn mòn có xu hướng tuân theo hàm mũ hoặc lognormal, trong khi nó tuân theo hàm phân phối chuẩn đối với giai đoạn ăn mòn tiếp theo. Đây là một đặc điểm khi bề mặt bị ăn mòn xuất hiện với ăn mòn cục bộ. Giá trị của hệ số nhám R_a = 0,034 mm được đề xuất là giá trị ngưỡng mà bề mặt bị ăn mòn sẽ được chuyển từ ăn mòn đồng đều sang ăn mòn cục bộ. Đây là đặc trưng khi bề mặt ăn mòn xuất hiện các lỗ sâu cục bộ. Kiến thức thu được từ nghiên cứu này sẽ bổ trợ trong việc phân tích quá trình lan truyền ăn mòn, đồng thời cũng bổ sung dữ liệu trong việc thiết kế, bảo hành, bảo trì kết cấu thép chịu ăn mòn khi làm việc cùng bê tông.

Từ Khóa: Độ nhám bề mặt; sự lan truyền ăn mòn; tính ngẫu nhiên; ăn mòn cục bộ; biên độ ăn mòn.

1. INTRODUCTION

Corrosion occurs causing serious deformation of the metal surface, forming surface roughness. Surface roughness is quantified by the deviation in the direction of the normal vector of the real surface compared to its ideal form. The surface is smooth when these deviations are small and conversely, the surface is rough when

these deviations are large [1-3].

Roughness theory is analyzed a lot in mechanics, when roughness seriously affects the working performance of metal components [4-5]. Surface roughness is the direct cause of heat generation when components rub against each other. Causing energy consumption of machinery and equipment.

When steel structures are working, due to the structural characteristics of the components connected together, the process of spreading the corrosive environment is different. The process of spreading corrosion is the decisive factor in forming the roughness of the surface of the corroded steel structure. Especially when the steel structure is covered by concrete, the corrosive environment will concentrate right at the boundary of the concrete and steel, so at this location, corrosion will occur first [6-7].

Then, over time, the gap between the concrete and the steel structure will expand due to thermal expansion, rust increases the volume of the steel structure, cracks gradually appear under the impact of the load during operation conditions. These gaps create conditions for the corrosive environment to penetrate deep into the steel structure, the local corrosion process is formed at the boundary locations, leading to concentrated stress causing sudden damage at these locations [8-9].

Analyzing the surface of the steel structure after corrosion, studies have shown that surface roughness is one of the useful parameters to assess the corrosion level of the steel structure, the amplitude of roughness is also a parameter reflecting the distribution of corrosion holes on the surface of the steel structure. It is possible to use roughness to design corroded steel structures, or predict the possibility of damage, or plan periodic maintenance to maximize protection of steel structures.

In this study, the corrosion propagation process of steel structures working with concrete is analyzed based on experimental data, the analysis shows the detailed corrosion propagation law along with the development of crack width between concrete and steel structures. Local corrosion appears immediately after the steel structure works at the boundary between the steel structure and concrete. The corrosion process here forms rust products, increases the volume and creates conditions for corrosive substances to spread deep inside and destroy the structure from the inside. The corrosion process does not appear simultaneously but spreads over time, so the corroded surface is not uniformly corroded but locally corroded. The formation of local corrosion on the surface increases the surface roughness. The roughness can now be expressed as a relationship with the concentrated stress on the surface. This knowledge is very useful in the design and maintenance of steel structures when working in real environments.

2. PROCESS OF CREATING CORRODED SURFACE

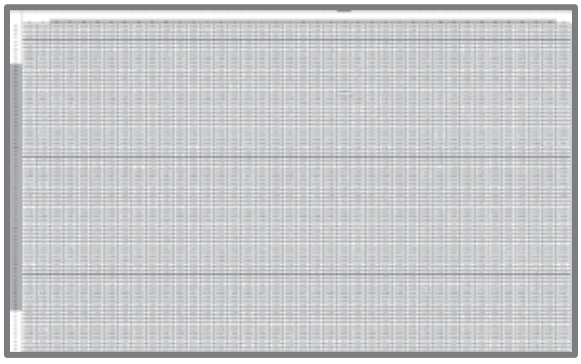


Figure 1. Corrosion data of one corroded surface

72 sets of corrosion data were collected from accelerated cyclic corrosion experiments in the laboratory. Each set of data is the corrosion result on one surface of a steel plate with dimensions of 20mm wide and 200mm long.

The data for each corrosion surface is the thickness distribution on the surface, as shown in Fig. 1.

3. PROCEDURE TO DETERMINE THE CORROSION SOLUTION PROPAGATION INSIDE THE CONCRETE

The real working condition of the steel in contact with concrete at the site was exactly describe herein. The concrete creep and shrinkage occurred after casting. Thus, the gap between the concrete and the steel plate appeared. The steel plate corrosion inside the concrete was not only influenced by the ingredients of concrete, but also increased by the corrosion environment, which propagated from the outside following the gap. Therefore, the corrosion solution propagation inside the concrete was considered.

Three specimens were first vertically fixed to do this test. Red ink was then dropped on the exposure surface between the steel plate and the concrete block. The specimen status was kept in that direction for 72 h. The concrete block was then carefully removed to observe the infiltration of the ink inside (Fig. 2). The lengths of the corrosion solution propagation were measured at eight points on the steel plate surface that was equally divided. Table 1 shows the results. Accordingly, the propagation length of the corrosion solution in the three specimens was almost the same and approximately 15.3 mm.

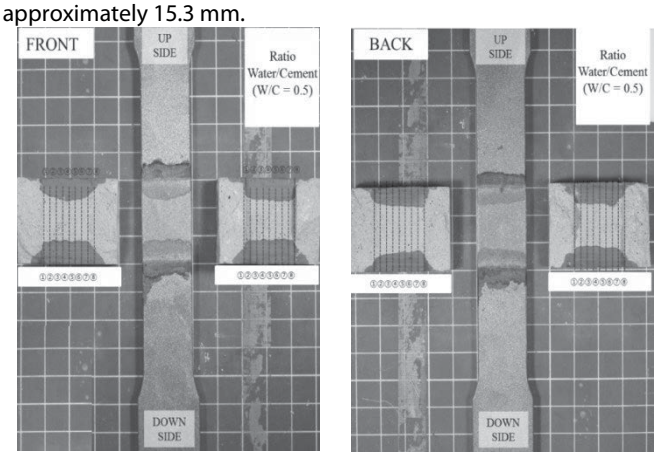


Figure 2. Initial propagation length of the corrosion solution inside the concrete

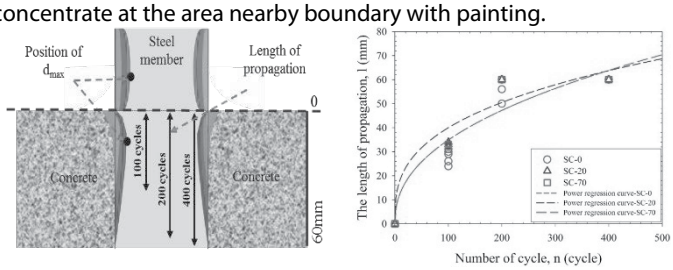
Table 1. Results of the initial gap length between the steel and the concrete

Propagation length	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Average
l_{avg} (mm)	16.4	14.8	14.6	15.3

In conditions of CCTI-cycle, the formation process and growth of corrosion are affected by many factors such as temperature, humidity, ingredients of concrete, and the gap distance between concrete and steel plate. Understanding of corrosion propagation is significant in maintenance to make more efficient and predictable the development of corrosion, as well as the degree of corrosion for each region

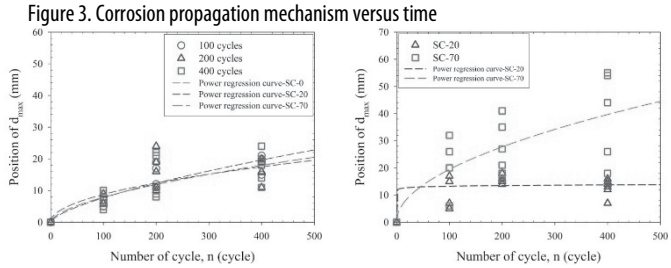
In this study, the top surface of the concrete is considered as a border plane (plane 0), as shown in Fig. 3(a). From there, the corrosion propagation inside concrete over time is presented in Fig. 3(b). The results indicated that, the length of corrosion propagation inside concrete increased versus time and almost passed 60 mm after 200 cycles. The position of maximum corrosion depth inside

(d_{max-in}) and outside ($d_{max-out}$) concrete is also shown in Fig. 4. Accordingly, in the first period, the corrosion mainly concentrated near the border, values of d_{max-in} also appeared here. Then, the position of d_{max-in} gradually increased and concentrated from 10 to 20 mm from the border. However, outside concrete, the position of $d_{max-out}$ of specimen type SC-70 distributed on fairly wide range, but not near the border that usually concentrates in the middle of the surface. The position of $d_{max-out}$ of specimen type SC-20 trended to concentrate at the area nearby boundary with painting.



a) Corrosion propagation mechanism *b) Corrosion propagation length*

Figure 3. Corrosion propagation mechanism versus time



a) Inside concrete block *b) Outside concrete block*

Figure 4. Position of maximum corrosion depth

4. ROUGHNESS OF CORRODED SURFACE

Corrosion is a complicated process, under the influence of corrosive environments where corrosion of the steel surface will form various types of roughness surface. The roughness surface is also one of the factors that effect on the strength of steel structure [10 - 11]. Therefore, in this study the roughess factor of corroded surface R_a of steel in composite with concrete [12] was proposed as a candidate that can be applied to classify the corrosion of corroded steel surfaces. Since then, the maintenance methods will be applied raitionaly to maitain the best working conditions for steel structures.

The arithmetic average of the absolute values R_a was used to described the roughness of the corroded surface of steel plate inside and outside of concrete block. Accordingly, R_a was calculated by Eq. 1, where n is the total of data point, d is the corrosion depth at the i^{th} data point, d_{avg} is the average corrosion depth of corroded surface, as shown in Fig. 5 and Table. 3. If these deviations R_a are large, the surface is rough; if they are small, the surface is smooth. The roughness factor R_a inside and ouside of concrete block were plotted in Fig. 6. Combination with the average corrosion depth on longitudinal direction of specimens, the corrosion process occurred so slowly on the parts of steel plate, which were protected by painting and concrete block. Therefore, the roughness factor R_a of these parts were small, the maximum value of R_a was only 0.041 mm at 400 cycles. However, outside concrete block, the development of corrosion was more faster than inside concrete and the corrosion concentration was not similar on the surface of steel plate, simultaneously, the corrosion condition of CCT-I cycle was severe. Therefore, the value of R_a was high at the early stages. Value of R_a was also directly proportion to the area of corroded surface. The value of R_a was similar in comparison between specimens type SC-70 and S, and specimen of type SC-20 was smallest, as shown in Fig. 6(b). Accordingly, after 100 cycles, all of the corroded surface of specimen type SC-20, SC-70 and S outside concrete block were rough.

The relationship between R_a and R_{max} presents in Fig.7, R_a was increased as R_{max} increased.

$$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|y_i| = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|d_i - d_{aver}| \quad (1)$$

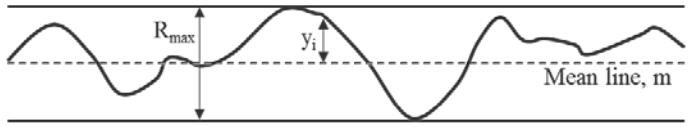


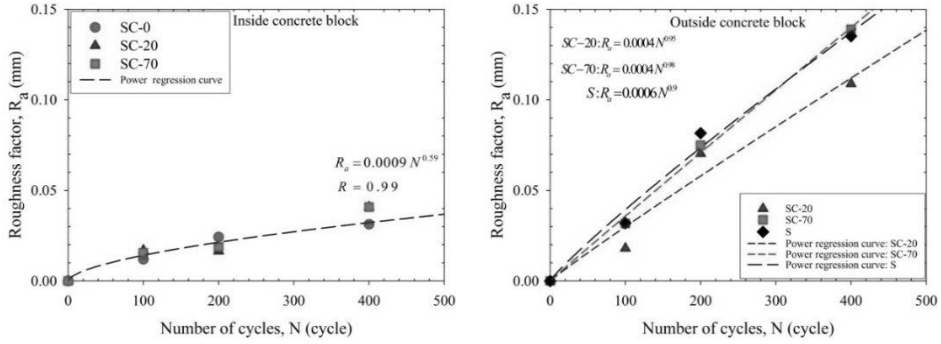
Figure 5. Illustration of roughness surface

Table 2. The arithmetic average of the absolute values R_a

Parameter	Description	Formula
R_a, R_{aa}, R_{yni}	arithmetic average of absolute values	$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\|y_i\|$
R_q, R_{RMS}	root mean squared	$R_q = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}y_i^2}$
R_v	maximum valley depth	R_v = min y_i
R_p	maximum peak height	R_p = max y_i
R_t, R_y	Maximum Height of the Profile	$R_y = R_v + R_p$

Table 3. Summary of corroded surface data (R_a)

Number of Cycle	Types	Inside concrete				Outside concrete			
		Max	Avg	STDEV	Ra-mean	Max	Avg	STDEV	Ra-mean
100	SC-0	0.22	0.01	0.031	0.01	0.03	0.00	0.011	-
	SC-20	0.21	0.02	0.034	0.02	0.65	0.23	0.103	0.131
	SC-70	0.20	0.02	0.031	0.02	0.64	0.25	0.092	0.075
	S	-	-	-	-	0.81	0.30	0.100	0.034
200	SC-0	0.30	0.05	0.036	0.02	0.04	0.00	0.011	-
	SC-20	0.38	0.10	0.052	0.02	1.07	0.43	0.187	0.213
	SC-70	0.36	0.10	0.049	0.02	1.41	0.45	0.199	0.127
	S	-	-	-	-	1.80	0.55	0.202	0.084
400	SC-0	0.35	0.09	0.056	0.03	0.08	0.01	0.013	-
	SC-20	0.63	0.19	0.09	0.04	1.62	0.58	0.29	0.213
	SC-70	0.74	0.23	0.09	0.04	1.78	0.67	0.30	0.127
	S	-	-	-	-	2.00	0.82	0.33	0.084



a) R_a inside of concrete block *b) R_a outside of concrete block*

Figure 6. Roughness factor R_a of four types of specimens at 100, 200, 400 cycles

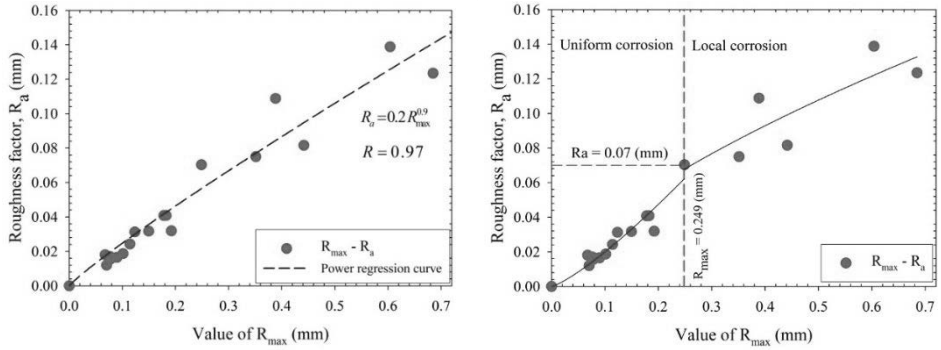


Figure 7. The relationship between R_a and R_{max}

5. CONCLUSIONS

In this study, the experiment describing the corrosion propagation at the boundary of steel structures working with concrete was carried out on 36 test specimens. After performing the accelerated cyclic corrosion experiment, 72 corroded surface data were measured and analyzed to find the laws of corrosion distribution, corrosion propagation and surface roughness. The results showed that:

- When the steel structure works with concrete, the corrosive substance immediately accumulates at the boundary, causing localized corrosion at this location. Forming post-corrosion holes on the surface of the steel structure at the boundary. Leading to the destruction and fracture of the steel structure in this area.
- With the effects of corrosive substances, rust and corrosive environments such as temperature and humidity, the corrosion process propagates deep into the steel structure buried in the concrete. Until the concrete completely cracks and corrosion occurs on the entire surface of the steel structure working with concrete.
- The amplitude value of surface roughness increases gradually with corrosion time, creating a relationship between local corrosion and roughness. When steel is painted, the corrosion process occurs slowly because the steel is protected, but in locations where the steel is not painted and is buried in concrete, the corrosion process occurs quickly, promoting concentrated stress areas that cause structural destruction.
- In the design and maintenance of steel structures working with concrete, the corrosion propagation process and surface roughness are factors that can be used to analyze the behavior of corroded steel structures.

Acknowledgements: This work belongs to the project grant No: T2025-238. Funded by Ho Chi Minh City University of Technology and Education, Vietnam.

REFERENCES

[1] E.N. Codaro, R.Z. Nakazato, A.L. Horovistiz, L.M.F. Ribeiro, R.B. Ribeiro, (2002), "An image processing method for morphology characterization and pitting corrosion evaluation", *Materials Science and Engineering A*, Vol. 334, pp. 298 – 306.

[2] M. Cerit, K. Genel, S. Eksi, (2009), "Numerical investigation on stress concentration of corrosion pit", *Engineering Failure Analysis*, Vol. 16, pp. 2467–2472.

[3] Shan-hua Xu, You-de Wang, (2015), "Estimating the effects of corrosion pits on the fatigue life of steel plate based on the 3D profile", *International Journal of Fatigue*, Vol. 72, pp. 27-41.

[4] N.A.Alang, N.A.Razak & A.K.Miskam. (2011), "Effect of Surface Roughness on Fatigue Life of Notched Carbon Steel", *International Journal of Engineering & Technology IJET-IJEN,* Vol. 11 (1), 106-163.

[5] H. Itoga, K. Tokaji, M. Nakajima , H.-N. Ko. (2003), "Effect of surface roughness on step-wise *S-N* characteristics in high strength Steel", *International Journal of Fatigue* , Vol. 25, 379-385.

[6] Degarmo, E. Paul; Black, J.; Kohser, Ronald A. (2003), *Materials and Processes in Manufacturing* (9th ed.), Wiley, p. 223, ISBN 0-471-65653-4.

[7] Jinting Guo, Ge Wang, Lyuben Ivanov, Anastassios N. Perakis, (2008). "Time-varying ultimate strength of aging tanker deck plate considering corrosion effect", *Marine Structures*, Vol. 21, 402-419.

[8] Steve Burke and Michel Bruneau, F.ASCE (2016), "Effect of Surface Roughness on Cyclic Ductility of Corroded Steel", *J. Struct. Eng.*, Vol. 142(6).

[9] J.m.r.s. Appuhamy, T. Kaita, M. Ohga and K. Fujii, (2011), "Analytical Study on Significance of Corroded Surface Measurement on Residual Strength Prediction", *Procedia Engineering*, Vol. 14, pp. 2260-2268.

[10] P. Montoya, I. Díaz., N. Granizo, D. de la Fuente, M. Morcillo, (2013), "An study on accelerated corrosion testing of weathering Steel", *Materials Chemistry and Physics,* Vol. 142, pp. 220-228.

[11] Jinting Guo, Ge Wang, Lyuben Ivanov, Anastassios N. Perakis, (2008). "Time-varying ultimate strength of aging tanker deck plate considering corrosion effect", *Marine Structures*, Vol. 21, pp. 402-419.

[12] Matsukura. T, Kawamura. Y, Khoo. E, (2011). "A study on long-term prediction of corrosion wastage". *In Advances in Marine Structures - Proceedings of the 3rd International Conference on Marine Structures, MARSTRUCT, pp*. 699-705.

■Ngày nhận bài: 20/02/2025 ■Ngày sửa bài: 17/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 03/4/2025

Một cách đánh giá độ tin cậy của khung bê tông cốt thép trong trường hợp trạng thái và khả năng là các số khoảng 2 chiều

A formula of evaluating the reliability of the reinforced concrete frame in case of status and capacity are used 2d-interval numbers

>TS LÊ CÔNG DUY[1], THS PHAN ĐÌNH THOẠI[2], THS NGUYỄN MINH TUẤN ANH[1], KS NGUYỄN THÀNH TRUNG[1]
[1]Bộ môn KTXD-KT, Trường ĐH Xây dựng Miền Trung, Phân hiệu Đà Nẵng;
Email: lecongduy@muce.edu.vn
[2]Công ty TNHH Stride Consulting, Đà Nẵng;
Email: dinhthoai1989@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo đề xuất một công thức đánh giá độ tin cậy của kết cấu trong trường hợp trạng thái và khả năng của kết cấu là các tập có dạng số khoảng hai chiều. Công thức đánh giá được xây dựng và mở rộng từ công thức Tỷ số khoảng trên cơ sở định nghĩa hình học về xác suất và các phép toán cơ bản của số học khoảng. Thông qua ví dụ minh họa, so sánh kết quả đánh giá độ tin cậy cho kết cấu có các tham số đầu vào dạng khoảng theo công thức đề xuất và công thức Tỷ số khoảng. Công thức đề xuất được đặt tên là công thức "Tỷ số diện tích khoảng".

Từ khóa: Số khoảng; phân tích khoảng; độ tin cậy khoảng của kết cấu; độ tin cậy của kết cấu; hệ kết cấu.

ABSTRACT

The article proposes a formula for evaluating the reliability of structures in cases where the state and capacity of the structure are represented as two-dimensional interval numbers. The evaluation formula is developed and extended from the Interval Ratio formula, based on the geometric definition of probability and the basic operations of interval arithmetic. Through an illustrative example, the reliability evaluation results for structures with interval input parameters are compared using the proposed formula and the Interval Ratio formula. The proposed formula is named the "Interval Area Ratio".

Keywords: Interval numbers; interval analysis; interval reliability of structures; reliability of structures; structural system.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong [1] đã trình bày phương pháp áp dụng lý thuyết số học khoảng và định nghĩa hình học về xác suất để lập công thức đánh giá độ tin cậy của kết cấu trong trường hợp trạng thái và khả năng của kết cấu là các số khoảng một chiều. Như đã biết, trong bài toán đánh giá độ tin cậy của kết cấu đại lượng được sử dụng để đánh giá thường là ứng suất, mô men, lực dọc hay lực cắt trên tiết diện nguy hiểm của kết cấu. Tuy nhiên đối với cấu kiện cột bê tông cốt thép chịu nén lệch tâm ta thường đánh giá độ tin cậy của nó thông qua đại lượng đặc trưng là mô men thì chưa phản ảnh sát với sự làm việc thực tế của nó. Thông thường đối với bài toán kiểm tra khả năng chịu lực của tiết diện cột [5], ban đầu gán khả năng chịu lực dọc của tiết diện cột đúng bằng giá trị lực dọc xác định được từ trạng thái của nó, và từ kích thước tiết diện và hàm lượng cốt thép tính được khả năng chịu mô men của tiết diện đang xét. Sau đó đánh giá độ tin cậy của cột trên cơ sở so sánh mô men khả năng với mô men trạng thái của cột theo các mô hình đánh giá. Việc đánh giá như vậy sẽ không thể hiện được sự ảnh hưởng của khoảng giá trị lực dọc đến độ tin cậy của cấu kiện cột nói riêng và độ tin cậy của hệ kết cấu nói chung. Chính vì vậy, trong bài báo này, nhóm tác giả chúng tôi đề xuất một công thức đánh giá độ tin cậy của kết cấu khi xét đồng thời hai đặc trưng khả năng chịu lực của tiết diện cột là mô men $\breve{M}$ và lực dọc $\breve{N}$ trong trường hợp 2 đại lượng này là các số khoảng. Lúc này tập trạng thái và khả năng của kết cấu là các số khoảng hai chiều, hay nói cách khác là xét đến tích Đề các của hai số khoảng thành phần tương tác với nhau là mô men $\breve{M}$ và lực dọc $\breve{N}$. Công thức đánh giá được đặt tên là công thức "Tỷ số diện tích khoảng".

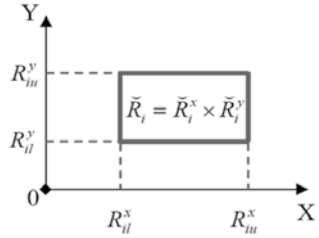
2. THIẾT LẬP CÔNG THỨC ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY

Đánh giá độ tin cậy là phép so sánh có xét đến yếu tố xác suất giữa trạng thái và khả năng của đối tượng được khảo sát. Để đánh giá độ tin cậy của công trình xây dựng tại một thời điểm nào đó ta cần có đầy đủ thông tin về trạng thái và khả năng cho phép của đối tượng khảo sát. Xét tập trạng thái và tập khả năng chứa các phần tử con của hệ kết cấu cần đánh giá như dưới:

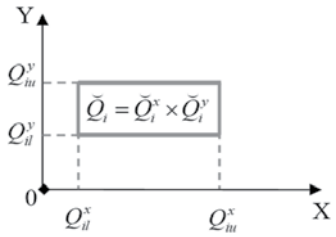
- Tập khả năng kết cấu : $\breve{R} = \left\{\breve{R}_1, \breve{R}_2, ..., \breve{R}_i, ..., \breve{R}_n\right\}$;

- Tập trạng thái kết cấu: $\breve{Q} = \left\{\breve{Q}_1, \breve{Q}_2, ..., \breve{Q}_i, ..., \breve{Q}_n\right\}$

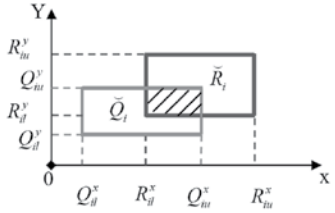
Từ tiêu chuẩn đánh giá, dựa vào các phép toán phân tích của số học khoảng xác định được khả năng của mỗi phần tử $\breve{R}_i$ (i=1,2,…,n) là đại lượng có dạng số khoảng 2 chiều, nghĩa là tích Đề các của hai số khoảng thành phần tương tác với nhau là $\breve{R}_i^x$ x $\breve{R}_i^y$. Từ kết quả giải bài toán cơ học kết cấu bằng phương pháp phần tử hữu hạn khoảng[3], [12], xác định được trạng thái nội lực của hệ kết cấu $\breve{Q}_i$ (i=1..n) là đại lượng khoảng 2 chiều cũng là tích Đề các của hai số khoảng thành phần tương tác với nhau là $\breve{Q}_i^x$ x $\breve{Q}_i^y$. Để đánh giá mức độ an toàn hoặc phá hoại của hệ kết cấu so với tiêu chuẩn, thực hiện phép so sánh các tập con tương ứng với từng phần tử trong các cặp của 2 tập trạng thái và khả năng theo công thức được trình bày phần dưới đây trên cơ sở lý thuyết số học khoảng.



Hình 1. Số khoảng $\breve{R}_i$



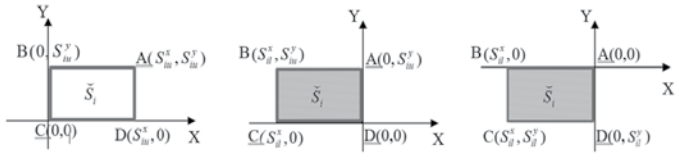
Hình 2. Số khoảng $\breve{Q}_i$



Hình 3. Mô hình giao thoa khoảng

Xét số khoảng 2 chiều $\breve{R}_i = \breve{R}_i^x$ x $\breve{R}_i^y$ của tiêu chuẩn thứ i trong tập tiêu chuẩn được dùng để đánh giá có khoảng giá trị thành phần $\breve{R}_i^x$ =[R_{il}^x , R_{iu}^x]; $\breve{R}_i^y$ =[R_{il}^y , R_{iu}^y] như trên Hình1.

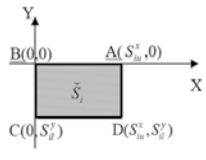
Số khoảng 2 chiều $\breve{Q}_i = \breve{Q}_i^x$ x $\breve{Q}_i^y$ của phần tử kết cấu thứ i trong tập trạng thái của hệ kết cấu cần đánh giá, có khoảng giá trị thành phần $\breve{Q}_i^x$ =[Q_{il}^x , Q_{iu}^x]; $\breve{Q}_i^y$ =[Q_{il}^y , Q_{iu}^y] như trên Hình2.



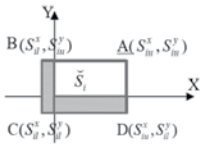
Hình 4a.

Hình 4b.

Hình 4c.



Hình 4d.



Hình 4e.

Hình 4. Các trường hợp số khoảng $\breve{M}_i$

Gọi tập $\breve{S}_i$ = $\breve{R}_i$ - $\breve{Q}_i$ là tập khoảng an toàn, vì $\breve{R}_i$ và $\breve{Q}_i$ là các số khoảng 2 chiều nên tập $\breve{M}_i$ cũng là một tập số khoảng 2 chiều có dạng $\breve{S}_i = \breve{S}_i^x$ x $\breve{S}_i^y$, trong đó số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ =[S_{il}^x , S_{iu}^x] và $\breve{S}_i^y$ =[S_{il}^y , S_{iu}^y]. Dựa trên các phép toán của số học khoảng [10], [11] để xác định tập khoảng $\breve{S}_i$. Tùy thuộc vào khoảng giá trị của các tập số khoảng $\breve{R}_i$ và $\breve{Q}_i$, từ mô hình giao thoa khoảng trên Hình 3 có thể xảy ra các trường hợp như trên Hình 4.

Trong đó : - $S_{il}^x = min(R_{iu}^x - Q_{iu}^x, R_{iu}^x - Q_{il}^x, R_{il}^x - Q_{iu}^x, R_{il}^x - Q_{il}^x)$;

- $S_{iu}^x = max(R_{iu}^x - Q_{iu}^x, R_{iu}^x - Q_{il}^x, R_{il}^x - Q_{iu}^x, R_{il}^x - Q_{il}^x)$;

- $S_{il}^y = min(R_{iu}^y - Q_{iu}^y, R_{iu}^y - Q_{il}^y, R_{il}^y - Q_{iu}^y, R_{il}^y - Q_{il}^y)$;

- $S_{iu}^y = max(R_{iu}^y - Q_{iu}^y, R_{iu}^y - Q_{il}^y, R_{il}^y - Q_{iu}^y, R_{il}^y - Q_{il}^y)$.

Để đánh giá độ tin cậy của phần tử thứ i, thực hiện phép so sánh tập khoảng an toàn $\breve{S}_i$ với 0, cụ thể là so sánh đồng thời 2 số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ và $\breve{S}_i^y$ với 0. Theo quan điểm đánh giá độ tin cậy, phần tử kết cấu sẽ đạt mức an toàn 100% khi trạng thái $\breve{Q}_i$ của phần tử thứ i hoàn toàn không vi phạm so với tập tiêu chuẩn $\breve{R}_i$ của nó, nghĩa là 2 số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ =[S_{il}^x , S_{iu}^x] và $\breve{S}_i^y$ =[S_{il}^y , S_{iu}^y] của tập $\breve{S}_i$ đồng thời thỏa mãn biểu thức sau:

$$S_{il}^x \geq 0 \quad \text{Và} \quad S_{il}^y \geq 0 \quad \leftrightarrow \begin{cases} S_{il}^x \geq 0 \\ S_{il}^y \geq 0 \end{cases} \tag{1}$$

Ngược lại, phần tử kết cấu sẽ hoàn toàn vi phạm tiêu chuẩn hay mức phi phạm là 100% khi tập $\breve{S}_i$ của nó có 2 số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ =[S_{il}^x , S_{iu}^x] và $\breve{S}_i^y$ =[S_{il}^y , S_{iu}^y] thỏa mãn biểu thức sau:

$$S_{iu}^x \leq 0 \quad \text{Hoặc} \quad S_{iu}^y \leq 0 \quad \leftrightarrow \begin{bmatrix} S_i^x \leq 0 \\ S_i^y \leq 0 \end{bmatrix} \tag{2}$$

Trên Hình 4a cho thấy tập $\breve{S}_i$ nằm ở góc phần tư thứ 1 có các số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ =[$S_{il}^x = 0$, $S_{iu}^y > 0$] và $\breve{S}_i^y$ =[$S_{il}^y = 0$, $S_{iu}^y > 0$]. Vậy tập $\breve{S}_i$ có 2 số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ và $\breve{S}_i^y$ thỏa mãn biểu thức (1): $S_{il}^x \geq 0$ Và $S_{il}^y \geq 0$, cho nên mức an toàn của tập trạng thái phần tử kết cấu thứ i đạt 100%, có thể xem mức an toàn của phần tử này tương đương với độ tin cậy của nó là P_s =1.

Trên Hình 4b số khoảng của tập $\breve{S}_i$ nằm ở góc phần tư thứ 2 có các số khoảng thành phần:

$\breve{S}_i^x$ =[$S_{il}^x < 0, S_{iu}^x = 0$] và $\breve{S}_i^y$ =[$S_{il}^y = 0, S_{iu}^y > 0$].

Vậy tập $\breve{S}_i$ có 2 số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ và $\breve{S}_i^y$ thỏa mãn biểu thức (2): $S_{iu}^x \leq 0$.

Trên Hình 4c số khoảng của tập $\breve{S}_i$ nằm ở góc phần tư thứ 3 có các số khoảng thành phần:

$\breve{S}_i^x$ =[$S_{il}^x < 0, S_{iu}^x = 0$] và $\breve{S}_i^y$ =[$S_{il}^y < 0, S_{iu}^y$ =0]. Vậy tập $\breve{S}_i$ có 2 số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ và $\breve{S}_i^y$ thỏa mãn biểu thức (2): $S_{iu}^x \leq 0$ Hoặc $S_{iu}^y \leq 0$.

Trên Hình 4d số khoảng của tập $\breve{S}_i$ nằm ở góc phần tư thứ 4 có các số khoảng thành phần:

$\breve{S}_i^x$ =[$S_{il}^x < 0, S_{iu}^x = 0$] và $\breve{S}_i^y$ =[$S_{il}^y < 0, S_{iu}^y$ =0]. Vậy tập $\breve{S}_i$ có 2 số

khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ và $\breve{S}_i^y$ thỏa mãn biểu thức (2): $S_{iu}^x \le 0$ Hoặc $S_{iu}^y \le 0$.

Từ các trường hợp của số khoảng $\breve{S}_i$ trên các Hình 4b;c;d có thể kết luận tập $\breve{S}_i$ có 2 số khoảng thành phần $\breve{S}_i^x$ và $\breve{S}_i^y$ thỏa mãn biểu thức (2) cho nên phần tử bị vi phạm tiêu chuẩn hoàn toàn, hay mức vi phạm so với tập tiêu chuẩn của phần tử là 100%, lúc này mức vi phạm của phần tử được xem tương đương với độ không tin cậy (độ chối) của nó là P_f=1.

Trường hợp tổng quát như Hình 4e, số khoảng của tập $\breve{S}_i$ có một phần bên trái và một phần bên phải trục tung, một phần bên trên và một phần bên dưới trục hoành, nghĩa là tập trạng thái có một phần bị vượt tiêu chuẩn hoặc bị phá hoại (tương ứng với phần diện tích gạch chéo) và một phần đạt tiêu chuẩn hoặc an toàn (tương ứng với phần diện tích ở góc phần tư thứ nhất). Xuất phát từ ý tưởng mô hình giao thoa ngẫu nhiên, về mặt toán học, hoàn toàn có thể xem số khoảng của $\breve{S}_i$ là một dạng phân bố của tập khoảng an toàn $\breve{S}_i$, khi đó theo định nghĩa hình học

về xác suất [9, 10]: xác suất xuất hiện phần phân bố diện tích ở góc phần tư thứ nhất của khoảng an toàn $\breve{S}_i$ được tính bằng tỷ số của phần phân bố đó trên toàn bộ phân bố của $\breve{S}_i$. Xác suất xuất hiện phần phân bố diện tích ở góc phần tư thứ nhất của khoảng an toàn $\breve{S}_i$ chính bằng xác suất không hỏng của phần tử (độ tin cậy P_s của phần tử) được xác định với công thức như sau:

$$\text{Prob}(\breve{S}_i>0) = P_s = \frac{S_{iu}^x.S_{iu}^y}{(S_{iu}^x - S_{il}^x).(S_{iu}^y - S_{il}^y)} \quad (3)$$

Theo định nghĩa, thì độ không tin cậy P_f của phần tử chính bằng xác suất phá hoại của phần tử được tính bằng tỷ số diện tích phần gạch chéo trên toàn bộ diện tích của $\breve{S}_i$ theo công thức:

$$\text{Prob}(\breve{S}_i<0) = P_f = \frac{(S_{iu}^x - S_{il}^x).(S_{iu}^y - S_{il}^y) - S_{iu}^x.S_{iu}^y}{(S_{iu}^x - S_{il}^x).(S_{iu}^y - S_{il}^y)}$$

$$= 1 - \frac{S_{iu}^x.S_{iu}^y}{(S_{iu}^x - S_{il}^x).(S_{iu}^y - S_{il}^y)} = 1 - P_s \quad (4)$$

Từ (3)& (4) ta có : $P_f + P_s = 1$ như trong định nghĩa độ tin cậy theo mô hình ngẫu nhiên. Sau khi xác định được độ tin cậy của tất cả các phần của hệ kết cấu ta hoàn toàn có thể xác định độ tin cậy của hệ kết cấu dựa trên định nghĩa về sự phá hoại cụ thể, xây dựng mô hình tính độ tin cậy theo các sơ đồ điện hoặc xác định độ tin cậy của hệ kết cấu theo khoảng như công thức sau:

$$\prod_{i=1}^{n} P_s^i \le P_s \le \min(P_s^1, P_s^2, ..., P_s^n) = P_s^i \min \quad (5)$$

3. ỨNG DỤNG CÔNG THỨC ĐÁNH GIÁ ĐỘ TIN CẬY CHO KẾT CẤU

3.1 Sơ đồ các bước đánh giá độ tin cậy



Hình 5. Sơ đồ các bước phân tích và đánh giá độ tin cậy khoảng

3.2 Tính độ tin cậy khoảng hệ kết cấu khung phẳng bê tông cốt thép

Sử dụng lại bài toán trong [2] với kết cấu khung phẳng bê tông cốt thép như Hình 6. Đánh giá độ tin cậy cho kết cấu theo công thức đề xuất và so sánh kết quả với công thức đã có. Số liệu đầu vào như dưới:

H = 3.6 m = 360 cm; l = 5.4 m = 540 cm;

C = b_c x h_c = 20 x 25 cm ; D = b_d x h_d = 20 x 50 cm ;

$\breve{q}$ = (q^L , q^U) = (0.18 , 0.22) kN/cm ;

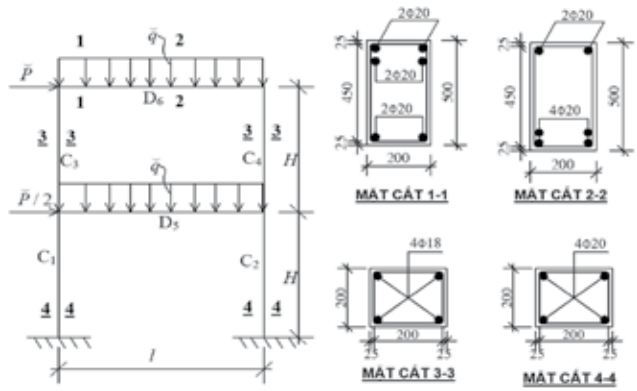
$\breve{P}$ = (P^L , P^U) = (22.5 , 27.5) kN ;

$\breve{E}$ =(E^L , E^U)=(2.385 , 2.915)10^3 kN/cm^2 - mô đun đàn hồi của bê tông

$\breve{R}_b$ = (R_b^L , R_b^U) = (1.035 , 1.265) kN/cm^2 - cường độ nén bê tông;

$\breve{R}_s$ = (R_s^L , R_s^U) = (27.72 , 28.28) kN/cm^2 - cường độ chịu kéo cốt thép;

$\breve{R}_s$ = (R_s^L , R_s^U) = (27.72 , 28.28) kN/cm^2 - cường độ chịu kéo cốt thép;



Hình 6. Sơ đồ kết cấu khung phẳng

Sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn tính được nội lực kết cấu khung như trong [2] và tính được khả năng chịu lực của tiết diện cột dầm theo các công thức trong [5].

Bảng 1. Kết quả nội lực của phần tử dầm khung

Phần tử	Mômen lớn nhất trong tiết diện $\breve{M}$ (kN.cm)	Khả năng chịu mô men của tiết diện $\breve{R}_{di}$ (kN.cm)
Dầm 5	[11391.222 , 13922.605]	[12913.464, 13668.080]
Dầm 6	[9368.535 , 11450.432]	[12913.464, 13668.080]

Bảng 2. Kết quả nội lực của phần tử cột khung

Phần tử	Nội lực chân cột dạng khoảng		Khả năng chân cột dạng khoảng	
	Mômen $\breve{M}$ (kN.cm)	Lực dọc $\breve{N}$ (kN)	Mômen $\breve{M}$ (kN.cm)	Lực dọc $\breve{N}$ (kN)
Cột 1	[2690.577 , 3492.145]	[65.821 , 93.127]	[4510.00 , 5120.00]	[65.821 , 93.127]
Cột 2	[3604.138 , 4405.057]	[122.873 , 150.178]	[5530.00 , 6130.00]	[122.873 , 150.178]
Cột 3	[281.729 , 1015.372]	[39.056 , 51.591]	[3410.00 , 3730.00]	[39.056 , 51.591]
Cột 4	[3299.614 , 4032.861]	[56.409 , 68.944]	[3930.00 , 4250.00]	[56.409 , 68.944]

Trong bảng trên, giá trị lực dọc phần tử cột được thể hiện giá trị dương để dễ tính toán độ tin cậy. Tuy nhiên các cột đều chịu nén (theo quy ước là giá trị âm). Từ kết quả phân tích nội lực và khả năng làm việc của phần tử kết cấu, tiến hành đánh giá độ tin cậy cho các phần tử theo công thức đã có "Tỷ số khoảng" và theo công thức đề xuất, kết quả tính toán độ tin cậy của hệ như trong Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả độ tin cậy theo công thức Tỷ số khoảng và công thức đề xuất

Phần tử	Độ tin cậy của phần tử kết cấu		Chênh lệch của 2 phương pháp tính (%)
	Công thức "Tỷ số khoảng"	Công thức đề xuất	
Dầm 5	0.692897	0.692897	0.00
Dầm 6	1.000000	1.000000	0.000
Cột 1	1.000000	1.000000	0.00
Cột 2	0.893322	1.000000	11.90
Cột 3	1.000000	1.000000	0.00
Cột 4	1.000000	0.902339	9.77
$P_s = \prod_{i=1}^{6} P_s^i =$	*0.618980*	*0,625228*	1.01

Từ bảng kết quả tính độ tin cậy trong bảng 3 thấy độ tin cậy của phần tử dầm không đổi khi tính theo công thức "Tỷ số khoảng" và công thức đề xuất. Phần tử dầm chỉ xét độ tin cậy về khả năng chịu mô men là đại lượng khoảng một chiều. Vì vậy 2 công thức cho cùng kết quả. Đối với phần tử cột có xét sự tương tác giữa mô men và lực dọc khi xác định khả năng chịu lực của tiết diện, xem khả năng chịu lực cũng như trạng thái chịu lực của kết cấu là các đại lượng khoảng 2 chiều nên độ tin cậy của các phần tử cột có chênh lệch trong phạm vi ±10%. Sự sai khác do tích lũy sai khác giữa hai cách xác định khả năng chịu lực của tiết diện với sai khác giữa 2 công thức đánh giá. Tuy vậy giá trị độ tin cậy của cả hệ kết cấu khi đánh giá theo công thức "Tỷ số Khoảng" và theo công thức đề xuất chênh lệch nhau ±1% , kết quả đánh giá được khảo sát cho một số kết cấu tương tự khẳng định tính phù hợp của công thức đề xuất.

4. THẢO LUẬN

Công thức *"Tỷ số diện tích khoảng"* được mở rộng từ công thức *"Tỷ số khoảng"* và được thiết lập dựa trên cơ sở các phép toán của số học khoảng và định nghĩa hình học về xác suất. Vì vậy, trong trường hợp đại lượng khoảng là số khoảng một chiều thì kết quả tính toán theo công thức *"Tỷ số diện tích khoảng"* cho cùng kết quả với công thức *"Tỷ số khoảng"*, vì lúc này xem cách đánh giá theo công thức*"Tỷ số khoảng"* giống như trường hợp riêng của công thức đề xuất, có thể xem công thức đề xuất "*Tỷ số diện tích khoảng"* tổng quát hơn công thức *"Tỷ số khoảng"*. Công thức được trình bày chi tiết, đủ chặt chẽ về mặt toán học đảm bảo được ý nghĩa về Độ tin cậy như trong mô hình ngẫu nhiên. Công thức có thể được sử dụng để đánh giá độ tin cậy cho kết cấu hay cho một hệ thống kỹ thuật nào đó trong trường hợp các số liệu đầu vào là đại lượng khoảng. Tuy nhiên cần quan tâm đến việc phân tích xác định khả năng và trạng thái của kết cấu theo số học khoảng nhằm phục vụ cho công tác đánh giá kiểm định chất lượng kết cấu công trình khi xét đến các yếu tố đầu vào không chắc chắn dạng số khoảng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Lê Công Duy, Một cách đánh giá độ tin cậy khoảng của kết cấu dàn phẳng, Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, 01/2015.

[2]. Lê Công Duy, Nguyễn Xuân Hoàng, Đánh giá độ tin cậy kết cấu khung bê tông cốt thép với tham số đầu vào không chắc chắn dạng khoảng, Tạp chí Xây dựng, Bộ Xây dựng, 04/2016.

[3]. Lê Công Duy, Đặng Hồng Long, Một cách giải hệ phương trình cơ bản của phương pháp PTHH khi có tham số đầu vào dạng khoảng, Tạp chí Khoa học Công nghệ xây dựng, số 03/2014.

[4]. Phan Văn Khôi (2001), Cơ sở đánh giá độ tin cậy, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[5]. Phan Quan Minh, Ngô Thế Phong, Nguyễn Đình Cống, Kết cấu bê tông cốt thép - Phần cấu kiện cơ bản, NXB Khoa học và Kỹ thật, 2010.

[6]. Nguyễn Hữu Lộc (2005) Thiết kế phân tích hệ thống cơ khí theo độ tin cậy, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[7]. Nguyễn Văn Phó, Nguyễn Xuân Chính, Tạ Thanh Vân(2006), Một phương pháp đánh giá độ tin cậy của công trình, Tuyển tập công trình khoa học hội nghị cơ học toàn quốc lần thứ 8, Thái Nguyên.

[8]. Nguyễn Văn Phó, Lê Ngọc Thạch, Chu Thanh Bình, Độ tin cậy phụ thuộc thời gian của công trình, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, 2006.

[9]. Nguyễn Cao Văn, Trần Thái Ninh, Lý thuyết xác suất và thống kê toán học, Bộ môn Toán điều khiển kinh tế, Trường Đại học Kinh tế quốc dân, 2006.

[10]. Sheldon M. Ross(2004), Introduction to probability and statistics for engineers and scientists, Department of Industrial Engineering and Operations Research University of California, Berkeley, Copyright © 2004, Elsevier Inc.

[11]. Zhiping Qiu, Di Yang, Isaac Elishakoff, Probabilitisc interval reliability of structural systems, International Journal of Solids and Structures 45-2008, pp.2850-2860.

[12]. Hao Zhang "Nondeterministic linear static finite element analysis", An Interval Approach 2005.

[13]. R B Kearfott "Interval computations introduction uses and resourse". Euromath Bulletin Journal, 1996.

■Ngày nhận bài: 25/02/2025 ■Ngày sửa bài: 11/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 15/4/2025

Nghiên cứu ứng xử móng cọc chịu tác động động đất trong nền đất yếu

Research on the dynamic behavior of pile foundations under earthquake loading In soft ground

> TS LÊ BẢO QUỐC[1], TRẦN QUỐC HUY[2], TS VŨ NGỌC ANH[3]
[1]Khoa Công nghệ và Kỹ thuật, Trường Đại học Đồng Tháp; Email: lbquoc@dthu.edu.vn
[2]HVCH Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; [3]Học viện Kỹ thuật quân sự

TÓM TẮT:
Bài báo trình bày nghiên cứu ứng xử động của móng cọc trong nền đất yếu chịu tác động của động đất trong nền yếu, mô phỏng tương tác phi tuyến giữa đất - cọc chịu tác động động đất có gia tốc đỉnh thiết kế ag = 0,07g theo TCVN 9386:2012. Kết quả nội lực trong cọc tăng rõ rệt khi chịu tải trọng động, lực cắt và mô men uốn tăng lần lượt 64% và 161%. Chuyển vị tại đỉnh và mũi cọc tương ứng giản đồ gia tốc, phản ánh sự lan truyền sóng và điều kiện nền đất yếu. Nhóm tác giả đề xuất phương pháp phân tích động lực học khi thiết kế móng cọc trong nền đất yếu nhằm đảm bảo tính chính xác và an toàn công trình khi chịu tác động của động đất.

Từ khóa: Nền đất yếu; động đất; động lực học; Plaxis 3D; tương tác đất - cọc.

ABSTRACT:
This paper presents a study on the dynamic behavior of pile foundations in soft soil subjected to earthquake loading in weak ground conditions. The nonlinear interaction between soil and pile under seismic loading was simulated with a design peak ground acceleration of ag = 0.07g, in accordance with TCVN 9386:2012. The internal forces in the piles increased significantly under dynamic loading, with the shear force and bending moment increasing by 64% and 161%, respectively. The displacements at the pile head and tip corresponded to the acceleration time-history, reflecting wave propagation and the characteristics of the weak soil conditions. The authors propose a dynamic analysis method for the design of pile foundations in soft soil to ensure structural accuracy and safety under seismic impacts.

Keywords: Interaction chart; load-bearing capacity; rectangular sections.

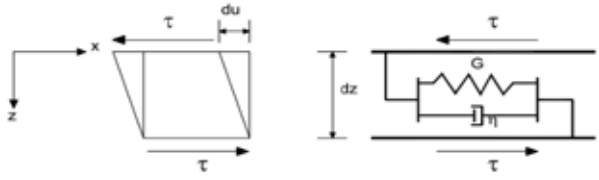
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đồng bằng sông Cửu Long có địa hình trũng thấp với hệ thống kênh rạch chằng chịt, đất nền chủ yếu được bồi đắp bởi phù sa, lớp bằng sông Cửu Long có địa hình được hình thành chủ yếu từ sự phân hóa của sông Mê Kông, từ hệ thống sông ngòi, mạch nước phức tạp. Nên nền đất chủ yếu là đất sét mềm, bùn, than bùn,... có khả năng chịu tải thấp và dễ bị lún. Trường hợp khi chịu tác động của tải trọng động như động đất, động đất kích thích, ... gây hóa lỏng nền đất sẽ gia tăng biến dạng nền, hư hỏng kết cấu công trình.

Động đất là một dạng thiên tai, thảm họa tự nhiên vô cùng nguy hiểm có thể gây thương vong đối với con người đồng thời phá hủy nghiêm trọng các công trình. Việt Nam tuy không nằm trong vành đai lửa của những khu vực có động đất lớn trên thế giới, nhưng không loại trừ bị ảnh hưởng bởi những trận động đất mạnh do trên lãnh thổ Việt Nam tồn tại nhiều đứt gãy hoạt động phức tạp như đứt gãy Lai Châu - Điện Biên, đứt gãy Sông Mã; Sơn La, Sông Hồng, Sông Cả...[5],[9].Thiên tai là điều khó lường trước động đất và rất khó dự báo chính xác thời điểm xảy ra. Vì thế, việc hiểu và tính toán thiết kế kháng chấn, cũng như đánh giá ứng xử của kết cấu móng cọc, như hiệu ứng nhóm khi chịu tác động của tải trọng động đất cho các công trình xây dựng ở Việt Nam nói chung, tỉnh Đồng Tháp nói riêng cần được quan tâm đặc biệt để đảm bảo sự an toàn cao nhất cho công trình.

2. BÀI TOÁN TRUYỀN SÓNG TRONG MÔI TRƯỜNG ĐẤT NỀN

Quan hệ ứng suất - biến dạng được trình bày theo Kelvin - Voigt như Hình 1 [2],[7],[13] và xác định theo phương trình (1).



Hình 1. Mô tả phần tử theo mô hình Kelvin - Voigt [3]

$$\tau = G\gamma + \eta\frac{\partial\gamma}{\partial t} \quad (1)$$

trong đó: τ - ứng suất trượt; γ - biến dạng trượt và η - cản nhớt.
Dao động điều hòa, biến dạng cắt được viết dưới dạng:

$$\gamma = \gamma_0 \sin\omega t \quad (2)$$

Tỷ số cản ξ cho hệ theo Kelvin - Voigt quan hệ với cản nhớt.

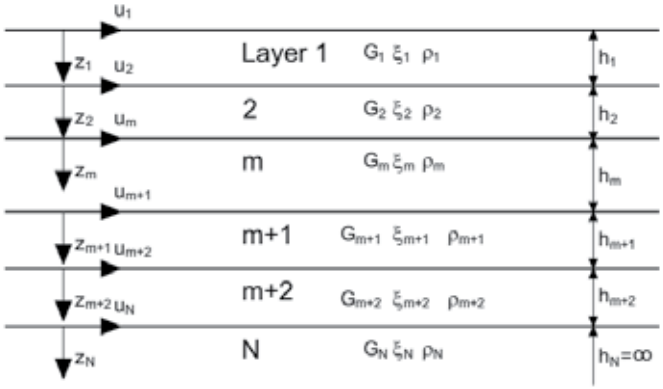
$$\eta = \frac{2G}{\omega}\xi \quad (3)$$

Phương trình truyền sóng một chiều theo phương đứng được xác định:

$$\rho.\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial\tau}{\partial z} \quad (4)$$

Thay (1) vào (4) với γ=cu/cz ta được phương trình xác định chuyển vị theo mô hình tính như

$$\rho\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}=G\frac{\partial^2 u}{\partial z^2}+\eta\frac{\partial^3 u}{\partial z^2.\partial t} \quad (5)$$



Hình 2. Mô hình bài toán nhiều lớp chịu tác dụng sóng ngang [5],[6]

Phương trình dịch chuyển của hệ phân tích có dạng:

$$[M]\{\ddot{u}\}+[C]\{\dot{u}\}+[K]\{u\}=-[M]\{\ddot{u}_g\} \quad (6)$$

trong đó:

[M], [C], [K] là ma trận khối lượng, ma trận cản, ma trận độ cứng của hệ;

$\{\ddot{u}_g\}$ gia tốc nền tại nền đá gốc.

Ma trận khối lượng [M] của hệ là:

$$M=\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & . & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & . & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & . & 0 \\ . & . & . & . & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

Ma trận độ cứng [K] của hệ là ma trận đường chéo và đối xứng:

$$K=\begin{bmatrix} k_1 & -k_1 & 0 & . & 0 \\ -k_1 & k_1+k_2 & -k_2 & . & 0 \\ 0 & -k_2 & k_2+k_3 & . & 0 \\ . & . & . & . & -k_n \\ 0 & 0 & 0 & -k_n & k_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

Ma trận độ cản [C] được xác định thông qua các hằng số Rayleigh.

$$[C]=\alpha_R.[\mathrm{M}]+\beta_R[K] \quad (9)$$

với: α_R,β_R là các hằng số Rayleigh.

Hàm dạng và tần số dạng dao động riêng được giải theo phương trình sau:

$$[K]\{\phi\}=\omega^2[M]\{\phi\} \quad (10)$$

Chuyển vị tương đối của đất nền theo dạng dao động thứ i được xác định theo biểu thức sau:

$$u_i=\frac{1}{\omega_i^2}\Gamma_i S_e\phi_i \quad (11)$$

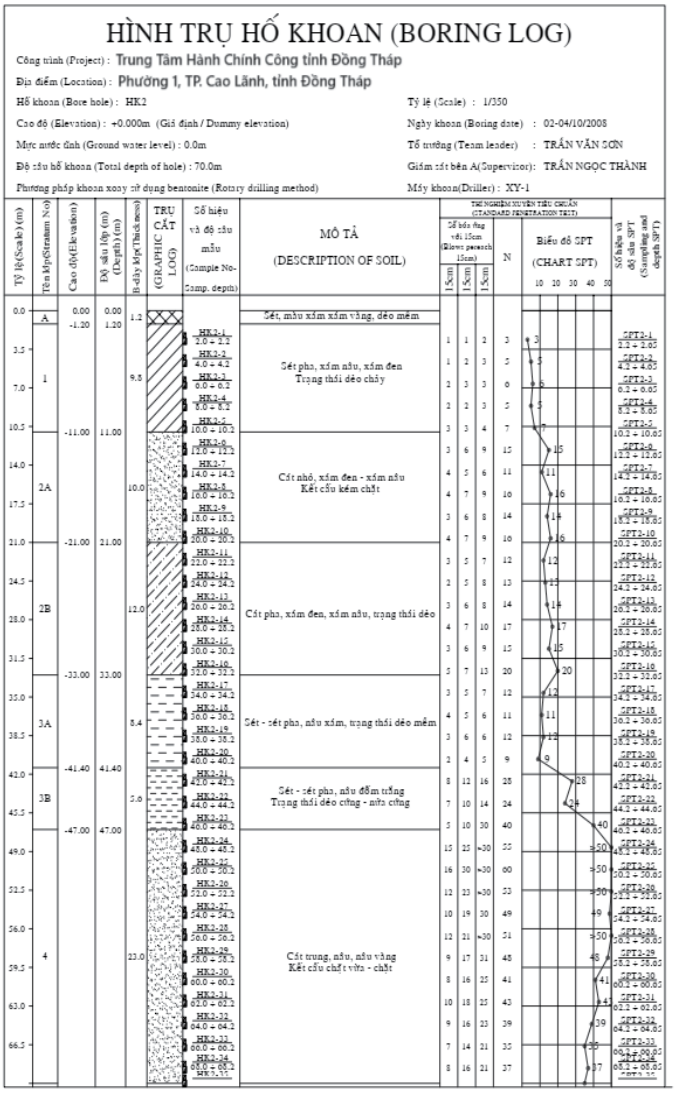
3. ĐÁNH GIÁ ỨNG XỬ MÓNG CỌC KHI CHỊU TẢI TRỌNG ĐỘNG ĐẤT

3.1. Đối tượng khảo sát và thông số đầu vào

Bài báo chọn dự án Trung tâm Hành chính công và Khối trụ sở các cơ quan đơn vị sự nghiệp tỉnh được UBND tỉnh Đồng Tháp phê duyệt tại Quyết định số 1326, ngày 30/10/2018, để nghiên cứu ứng xử móng cọc khi chịu tải trọng động đất với giản đồ gia tốc nhân tạo.



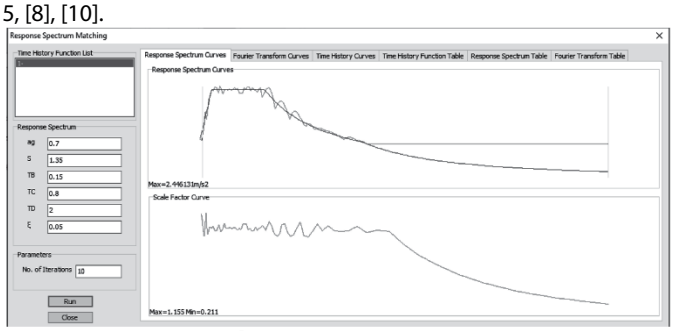
Hình 3. Phối cảnh công trình Trung tâm Hành chính công tỉnh Đồng Tháp



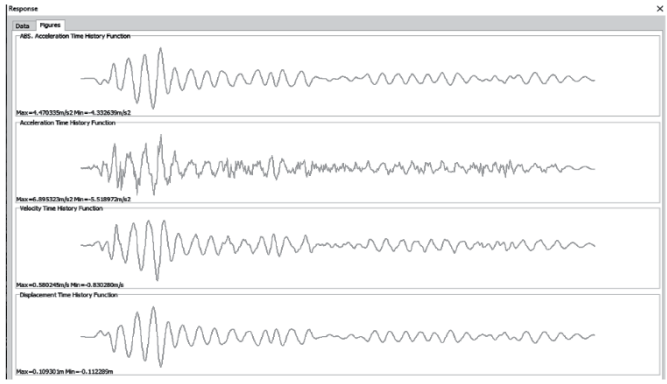
Hình 4. Mặt cắt trụ địa chất khu vực nghiên cứu

Đánh giá ứng xử móng cọc nhóm tác giả sử dụng phần mềm thương mại Plaxis 3D version 2024.2.0.1144 với giải đồ gia tốc nhân tạo tương ứng gia tốc đỉnh a_g = 0,07g.

Tỷ lệ miền thời gian theo phổ đàn hồi theo tiêu chuẩn TCVN 9386:2012 ta được giản đồ gia tốc nhân tạo theo thời gian như Hình 5, [8], [10].



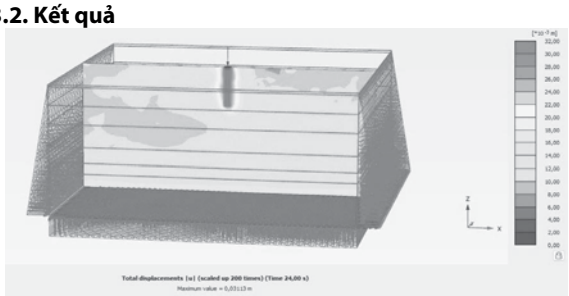
Hình 5. Đồ thị tỷ lệ theo phổ phản ứng đàn hồi trong TCVN 9386: 2012



Hình 6. Giản đồ gia tốc nền, vận tốc và chuyển vị nhân tạo theo thời gian được tạo giả ở Đồng Tháp, tương ứng gia tốc đỉnh ag = 0,07g

Vật liệu	Độ sâu (m)	Mô hình	γ kN/m^3	E′ (kN/m^2)	Hệ số Poisson v	c (kPa)	φ (độ)	Ứng xử
A. Sét màu xám vàng, dẻo mềm	0 – 1,2							
Lớp 1: Sét pha. Xám nâu, xám đen trạng thái dẻo chảy;	1,2 - 11	MC	17,5	1200	0,3	10,3	4,95	Undrained
Lớp 2A: Cát nhỏ, xám đen - xám nâu kết cấu kém chặt;	11 - 21	MC	18,4	2210	0,3	4,1	25,53	Drained
Lớp 2B: Cát pha, xám đen, xám nâu, trạng thái dẻo;	21 - 33	MC	18,2	1310	0,3	11,4	17,9	Drained
Lớp 3A: Sét - sét pha, nâu xám trạng thái dẻo mềm;	33 – 41,4	MC	17,6	1420	0,3	14,9	8,22	Undrained
Lớp 3B: Sét - sét pha, nâu đốm trắng trạng thái dẻo cứng - nửa cứng	41,4 - 47	MC	20,3	1200	0,3	40	15	Undrained
Lớp 4: Cát trung, nâu, nâu vàng kết cấu chặt vừa - chặt;	47 - 70	MC	20,1	1200	0,3	3,3	30,4	Drained
5. Cọc BTCT		LEM	25	3x10^7	0,15			Nonporous

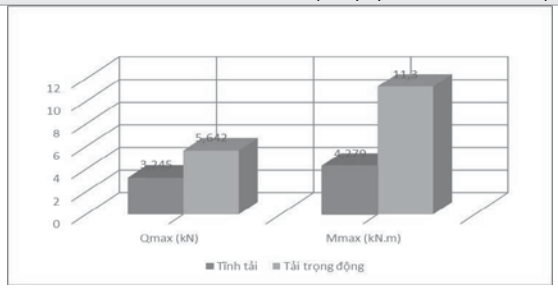
3.2. Kết quả



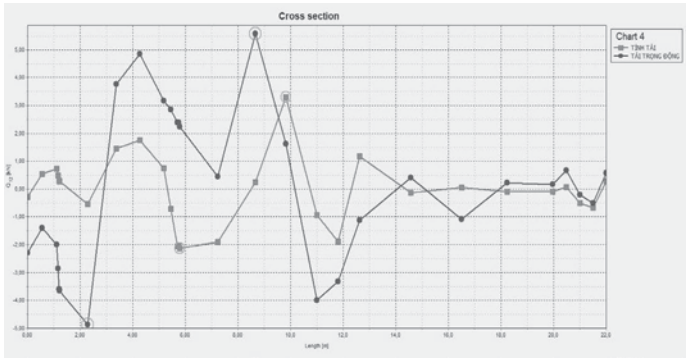
Hình 7. Mô hình bài toán

Bảng 1. Giá trị nội lực cọc đơn

Dạng tải trọng	Q_{max} (kN)	M_{max} (kN.m)
Tĩnh tải	3,25	4,28
Tải trọng động	5,64	11,31
Sai số	42,48 (%)	62,13 (%)



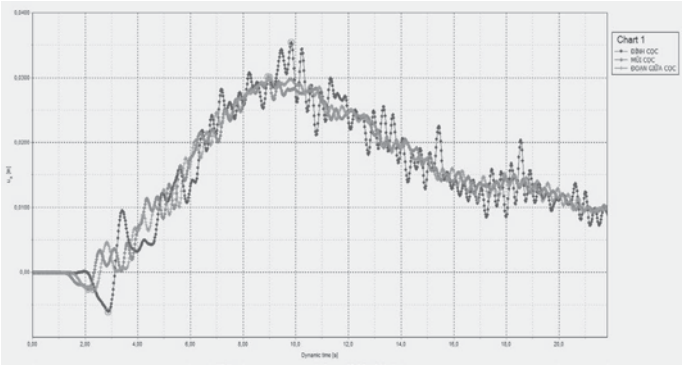
Hình 8. Chênh lệch giá trị nội lực cọc đơn



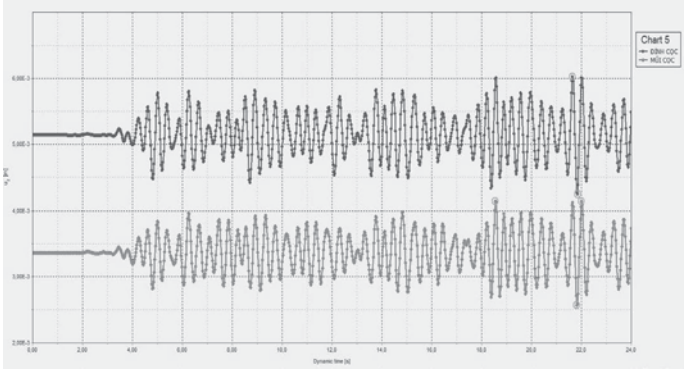
Hình 9. Lực cắt Q trong thân cọc ứng xử tĩnh tải và tải trọng động



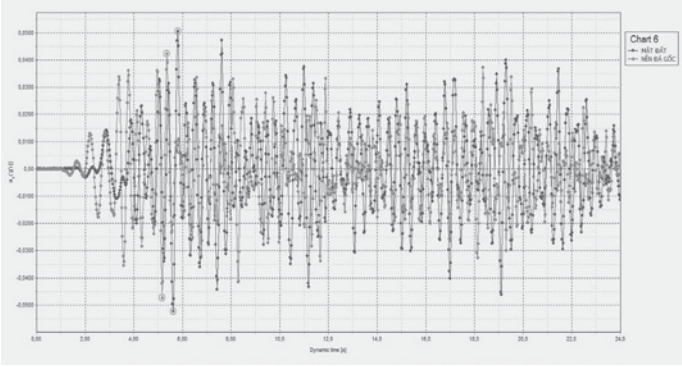
Hình 10. Mo men M trong thân cọc ứng xử tĩnh tải và tải trọng động



Hình 11. Chuyển vị u_x tại đỉnh, giữa thân và mũi cọc đơn trong môi trường nền đất yếu



Hình 12. Chuyển vị u_z tại đỉnh, giữa thân và mũi cọc đơn trong môi trường nền đất yếu



Hình 13. Gia tốc nền khuyết đại trong môi trường nền đất yếu

Nhận xét: Kết quả phân tích ứng xử cọc đơn và đất nền xung quanh cọc khi chịu tác động động đất với gia tốc đỉnh ag = 0,07g, cho thấy chuyển vị tại đỉnh cọc tăng dần đến khoảng 3,5cm ở thời điểm khoảng 9,8 giây và tại mũi cọc chuyển vị cực đại trong khoảng 3 cm ở thời điểm 8,9 giây sớm hơn mũi cọc 0,9 giây. Và chuyển vị ngang của cọc theo kéo - đẩy tương ứng gia tốc nền tác động theo thời gian.

Gia tốc cực đại tại mặt đất đạt giá trị cực đại a_g = 0,15g trong khoảng thời gian t =18,2 giây, trong khi gia tốc tại nền đá gốc đạt giá trị cực đại khoảng ag = 0,071 g trong khoảng thời gian t=5,376s, gia tốc tại nền đá gốc đạt cực đại sớm hơn mặt đất 12,824 giây. Trong giai đoạn 6–20 giây, biên độ dao động tại mặt đất lớn hơn biên độ dao động nền đá gốc trung bình từ 2,0 đến 2,5 lần, cho thấy khuếch đại sóng địa chấn khi truyền qua lớp đất yếu đúng theo quy luật truyền sóng trong môi trường nền đất mềm.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo phân tích ứng xử động của cọc đơn cứng và hệ móng cọc trên nền đất yếu dưới tác động của tải trọng động đất theo mô hình 3D mô phỏng chi tiết tương tác đất-cọc-nền móng, đồng thời xét đến đặc tính cơ học phi tuyến của nền đất yếu khi chịu tác động động đất. Các kết quả phân tích cho thấy nội lực phát sinh trong thân cọc gia tăng rõ rệt so với trường hợp chịu tải tĩnh, với giá trị lực cắt và mô men uốn lần lượt tăng khoảng 64% và 161%. Đồng thời nội lực trong cọc chịu kéo - nén theo thời gian tác động của tải trọng động đất.

Đề xuất khi tính toán hệ kết cấu móng cọc trong môi trường nền đất yếu theo phương pháp động lực học để đánh giá thực tế hệ làm việc trong thực tế nhằm để đảm bảo tính chính xác trong mô hình tính toán và thiết kế kết cấu móng cọc. Nếu chọn giá trị không phù hợp, có thể dẫn đến đánh giá sai về ứng xử của móng cọc khi chịu động đất, ảnh hưởng đến an toàn và hiệu quả thiết kế công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bathe K.J., Finite elements procedures in engineering analysis, Prentice-Hall Inc, Englewood Cliff, New Jersey, USA, 1982.

[2]. Braja M. Das, Principles of soil dynamics, PWS-KENT Publishing Company, USA, 1995.

[3]. Braja M. Das, Principles of Foundation Engineering, PWS.Engineering, 1984.

[4]. Brinkgreve R.B.J. and Broere W., Plaxis manual, Delft University of technology & Plaxis b.v., The Netherlands, 2024.

[5]. Cát Nguyên Hùng, Phân vùng nhỏ động đất TP.HCM, Liên đoàn Bản đồ Địa chất miền Nam.

[6]. Fadeev A.B (1995), Phương pháp phần tử hữu hạn trong địa cơ học (bản dịch), NXB Giáo dục, Hà Nội.

[7]. Kramer S.L., Geotechnical Earthquake Engineering, Prentice Hall, New Jersey, 1996.

[8]. Lê Bảo Quốc, Nghiên cứu phương pháp tính toán kết cấu công trình ngầm đô thị trong nền đất yếu chịu tác dụng của động đất, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Học viện Kỹ thuật quân sự, Hà Nội, 2016.

[9]. Nguyễn Lê Ninh, Động đất và thiết kế công trình chịu động đất, NXB Xây dựng, 2007.

[10]. TCVN-9386:2012. Vietnam national standard - Design of structures for earthquake resistances. Ministry of Science and Technology, 2012.

[11]. Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 10304: 2014, móng cọc tiêu chuẩn thiết kế.

[12]. Verruijt A., Soil dynamics, Delft University of Technology, 1994, 2008.

[13]. Zienkiewicz O.C. and Taylor R.L., The Finite Element Method, Vol 2: Solid Machanics, Butterworth-Heinemann, A division of Reed Education and Professional Pulishing Ltd, 2000.

■Ngày nhận bài: 21/02/2025 ■Ngày sửa bài: 14/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

A proposal for area division to manage the urban road network of Thai Nguyen city towards sustainable urban transport development

Đề xuất phân khu vực để quản lý mạng lưới đường đô thị TP Thái Nguyên theo hướng giao thông đô thị phát triển bền vững

> MSC PHAN DUC HOANG
Email: hoangpd@hau. edu.vn
Faculty of Urban Management, Hanoi University of Architecture

TÓM TẮT

Trong đô thị, mạng lưới đường đô thị được coi là bộ khung và xương sống của thành phố, định hình nên hình thái, cấu trúc và diện mạo chung của thành phố. Quản lý mạng lưới đường đô thị hướng tới phát triển giao thông đô thị bền vững hiện đang là vấn đề lớn được quan tâm trên toàn cầu. Vấn đề này không chỉ nhận được sự quan tâm đặc biệt của các quốc gia trên thế giới mà còn được các nhà quy hoạch và hoạch định chính sách tại Việt Nam tích cực nghiên cứu, tìm kiếm các phương pháp và cách tiếp cận khả thi. Đây là lĩnh vực đòi hỏi phải có nghiên cứu phù hợp với đặc điểm riêng của từng thành phố, đặc biệt là TP Thái Nguyên, nơi đóng vai trò là trung tâm về nhiều mặt cho cả tỉnh Thái Nguyên và vùng Trung du và miền núi phía Bắc Việt Nam. Bài báo tham khảo các nghiên cứu trước đây, số liệu thực trạng và quy hoạch chung TP Thái Nguyên đến năm 2035 để đề xuất giải pháp quản lý theo khu vực cho mạng lưới đường đô thị tại TP Thái Nguyên hướng tới phát triển giao thông đô thị bền vững.

Từ khóa: Thái Nguyên; mạng lưới đường; phân khu vực đô thị; giao thông; phát triển bền vững.

ABSTRACT

In urban areas, the urban road network is considered the framework and backbone of the city, shaping its morphology, structure, and overall appearance. The management of urban road networks towards sustainable urban transport development is currently a major issue of global concern. This issue has received not only special attention from countries around the world but is also being actively studied by urban planners and policymakers in Vietnam, who are exploring feasible methods and approaches. This is a field that requires research adapted to the specific characteristics of each city, especially Thai Nguyen City, which plays a central role in various aspects for both Thai Nguyen Province and the midland and northern mountainous region of Vietnam. This paper references previous studies, current data, and the general planning of Thai Nguyen City up to 2035 to propose an area-based management solution for the urban road network in Thai Nguyen City, aimed at sustainable urban transport development.

Keywords: Thai Nguyen; road network; urban area division; traffic; sustainable development.

1. PROBLEM STATEMENT

Thai Nguyen city is a class 1 urban area. Directly under Thai Nguyen province [4], with an area of 23,874.36 hectares, a population of approximately 550,000 people, with the position of the political, economic, cultural, educational, scientific-technical, medical, tourism, and service center of Thai Nguyen province and the Northern midlands and mountains. In recent years, the population of Thai Nguyen city has increased rapidly. in addition, each year the city has to welcome a large number of immigrants who are laborers and students studying at universities and colleges in the area. In addition, the urban road network is in the process of completion, there is a lack of connecting routes in the street system such as ring roads, radial roads, regional roads with main roads, intersections in the city are mostly at the same level, urban road density is low, only reaching 3.46 km/km2 [11] ... the above factors have caused the traffic system to fail to meet transportation needs, overload, congestion and environmental pollution. The general planning for the construction of Thai Nguyen city until 2035 has been approved by the Prime Minister [5] with the general goal *of developing Thai Nguyen city sustainably, modernly, worthy of being the political, economic, cultural, educational, medical, tourism, and service center of Thai Nguyen province & the Northern Midlands and Mountains; a development pole of the Hanoi Capital region.* In that context, the concretization of strategies and orientations for traffic

development of the Nation, Region, Province, and Thai Nguyen City through the management of the urban road network of Thai Nguyen City towards sustainable urban traffic development is a development requirement. One of the solutions for managing the urban road network is zoning associated with the characteristics of the road network to have appropriate management solutions for each area [9], which will contribute to improving the efficiency of traffic infrastructure, towards a green - clean - smart, sustainable, connected traffic system that can adapt to internal changes and factors affecting the urban area.

2. SOME INTERNATIONAL EXPERIENCES IN TRAFFIC ZONING FOR EFFECTIVE URBAN ROAD NETWORK MANAGEMENT

Traffic zoning is the division of a city or urban area into smaller areas, each with specific traffic regulations and management measures. The road development model is studied by considering the interaction between population distribution and the urban road network [14]. In urban road management, many countries implement traffic zoning to improve management efficiency and reduce congestion. For example, Stockholm, Sweden, the urban area includes the Stockholm City Center and two suburban areas, Söderort (South Stockholm) and Västerort (West Stockholm) [13], or Barcelona, Spain, London, etc., have implemented traffic zoning to combat congestion. In many cities around the world, traffic zoning has been implemented for a long time, in Beijing (China), Zoning by license plate number**.** The goal is to reduce serious congestion in the central area with How to do it: Beijing divides zones and limits the number of private vehicles allowed to enter the city center according to the last digit of the license plate, according to the day of the week... On Mondays, vehicles with license plates ending in 1 and 6 are prohibited from entering the city center. To do this, information technology is needed [1], [8]. In Singapore, Electronic Traffic Zoning and Pricing (ERP), the way of doing it in Singapore is divided into many areas, including the central business district (CBD), where the ERP (Electronic Road Pricing) system is applied**.** When entering the central area during rush hour, vehicles will be charged automatically through the electronic gate. The goal is to limit private vehicles, reduce traffic jams, and encourage the use of MRT trains and buses. In Paris**,** establish Clean Air Zones (ZFE) [6]. How to do it, Paris establishes emission restriction zones (Zones à Faibles Émissions – ZFE). Some areas only allow vehicles that meet Euro 4 emission standards or higher (old vehicles, polluting vehicles are banned). Use automatic cameras to monitor license plates to impose fines. The goal is to protect the environment, reduce pollution in old and densely populated urban areas [7].

3. PROPOSING ZONING TO MANAGE THE URBAN ROAD NETWORK OF THAI NGUYEN CITY TOWARDS SUSTAINABLE URBAN TRANSPORT DEVELOPMENT

3.1. Purpose of zoning

Urban traffic zoning is an important step in improving traffic infrastructure and enhancing the quality of life for residents. Some examples from other countries have shown that. Traffic zoning aims to:

• Zoning helps to identify and manage traffic flow in different areas, thereby reducing congestion and accidents. This involves economic, social, and environmental factors.

• Improved road safety. Clearly defined zoning allows for appropriate safety measures such as road markings, traffic lights, and signage to be designed, helping to reduce risks to road users.

• Increase the efficiency of public transport. Zoning helps to optimize the routes and stops of public transport, thereby encouraging people to use this means of transport instead of private cars. This is related to safety and urban environment factors.

• Environmental protection. Good zoning will reduce traffic congestion, leading to reduced emissions and pollution, contributing to the protection of the urban environment.

• An efficient and safe transport system will improve the quality of life for urban residents, helping them save travel time and reduce stress. This is an improved social factor.

• In urban development management, reasonable traffic zoning will support sustainable urban planning, helping planners and managers make more accurate decisions about infrastructure and services.

3.2. Basis for proposed zoning

Zoning in urban road management towards sustainable urban transport development is an important requirement to provide appropriate management solutions for each region. Zoning is based on a number of important bases as follows:

• Based on the current status of the road network (Evaluation based on data at the time of research)

• Based on spatial development orientation (General planning of Thai Nguyen city to 2035 has been approved)

• Based on population density and road network density. (The Thai Nguyen City Master Plan to 2035 has been approved)

• Based on natural conditions and socio-economic conditions

• Based on administrative boundaries (General planning of Thai Nguyen city to 2035 has been approved)

❖ ***According to the spatial development orientation***. The adjusted master plan for 2035 of Thai Nguyen City is divided into 07 development areas, linked together through vertical and horizontal traffic infrastructure systems to ensure connectivity throughout the city:

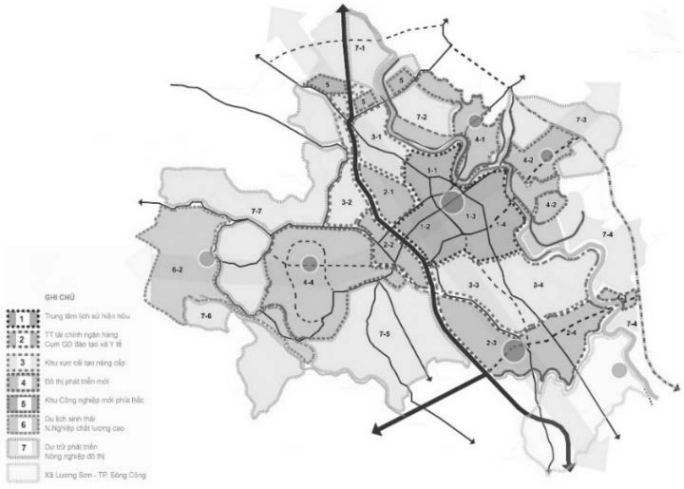


Figure 3.1. Orientation of development zones according to the Master Plan of Thai Nguyen City to 2035 [5]

*1)*PK 1: Existing historical center, with an area of about 2000ha. Within the scope of central wards (Quan Trieu, Quang Vinh, Hoang Van Thu, Quang Trung, Trung Vuong, Dong Quang, Tan Thinh, Tuc Duyen.

*2)*PK 2: Education - training center; high-quality healthcare; trade - services; finance - banking, with an area of 2,486.26 hectares including: Area of schools belonging to Thai Nguyen University (Tan Thinh, Quang Trung, Quyet Thang wards); Southern complex urban area of education, training, trade and services (Tich Luong, Trung Thanh, Tan Thanh areas); High-quality healthcare cluster (Thinh Dan, west of the highway).

*3)*PK 3: Renovation and upgrading areas, area 2764.95 ha. The North is the area of Tan Long and Quan Trieu wards; The South is the area of Gia Sang, Tan Lap, Phu Xa and Cam Gia wards.

*4)*PK 4: New development area, area of about 2845.30 ha: Chua Hang town area, Dong Bam, Linh Son, Dong Lien and Western urban area (Tan Cuong, Phuc Xuan, Quyet Thang, Thinh Dan).

*5)*PK 5: Northern industrial and logistic development area, area of 275 hectares, including Son Cam and Cao Ngan areas.

*6)*PK6: Eco-tourism area associated with high-quality agriculture, area of 2,486.30 hectares, including Dong Lien, Huong Thuong, Phuc Xuan, Phuc Triu and Tan Cuong areas.

*7)*PK7: Urban agricultural and development reserve area, area 9483.47 ha

With the above allocation, in fact, the 07 developed PKs in the planning are divided into 03 areas:

Table 1. Data used for zoning to manage the road network

Management Area	**KV01**	**KV02**				**KV03**	
(PK) According to the general planning for 2035	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Population size 2035 (people)	120,000.00	215,000.00	80,000.00	135,000.00		10,290.00	58,990.00
Natural land area (ha)	1,947.62	2,486.26	2,764.95	2,845.30	275.00	2,486.30	9,483.47
Construction land area (ha)	1,511.36	2,221.46	1,814.65	2,626.88	272.66	577.61	2,540.92
Road network length (km)	58.64	226.25				113.95	
Population density (people/km^2)	6,161.37	2,568.23				578.79	
Road network density (km/km^2)	3.01	2.70				0.95	

(Source: Author synthesizes data according to the master plan to 2035)

• Area 01: Inner city wards - Existing historical center *(1)*

• Zone 02: Developing areas, including education - training center, high-quality healthcare, trade - services, finance - banking, upgraded renovation area, new urban development area, Northern Logistics industrial development area *(2; 3; 4; 5)*

• Area 03: Urban agricultural area, high-quality agriculture and eco-tourism *(6; 7)*.

❖ ***According to population density and road network density.*** Thai Nguyen city is divided into 03 areas corresponding to KV01, KV02, and KV03.

3.3. Proposed management zoning

Based on the above grounds, the author proposes to divide urban roads into 3 areas as shown below:

• **Area 01**: Inner city wards - Existing historical center, average road network density 3.01km/km^2, average population density 6,161.37 people/km^2.

• **Zone 02:** Developing areas, including Education - Training Center, high-quality healthcare, trade services, finance-banking, upgraded renovation area, new urban development area, Northern Logistics industrial development area. The average road network density is 2.70 km/km^2, the average population density is 2,568.23 people/km^2.

• **Area 03:** Urban agricultural area, high-quality agriculture, and eco-tourism. The average road network density is 0.95 km /km^2, average population density is 578.79 people/km^2.

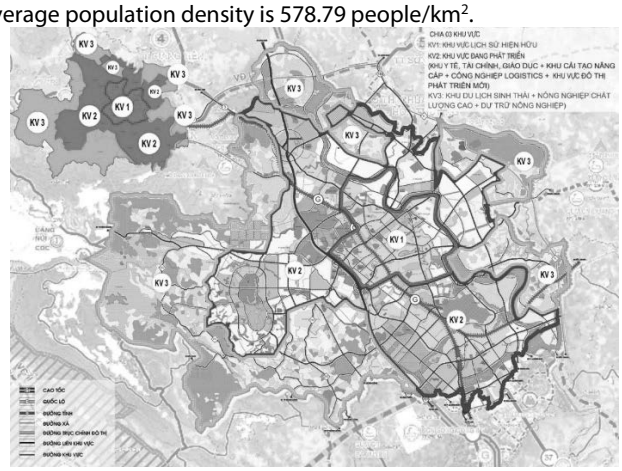


Figure 3.2. Zoning for urban road management in Thai Nguyen City.

4. PROPOSE MANAGEMENT SOLUTIONS BY ZONING

4.1. Urban road management solutions in Area 01 of Thai Nguyen City

Area 01: Inner city wards - Existing historical center. This is an area with a long-established road network, and the road density has basically met the requirements.

At present, the urban infrastructure of Thai Nguyen City is gradually being invested synchronously, creating an increasingly spacious and modern urban appearance, thereby significantly contributing to reducing the long-standing traffic congestion on many routes, especially in the central area. Typical projects have been built such as Ben Tuong Bridge; Huong Thuong - Chua Hang Road; Bac Nam Road - Huong Bridge; Thong Nhat Road - Viet Bac Road intersection; railway overpass (Viet Bac Road - Quang Trung Road intersection) ..., besides, there are some routes where people travel every day that are congested with traffic such as Duong Tu Minh Road, Hoang Van Thu Road intersection with Minh Cau Road, Bac Son Road extension intersection with Z115 Road; Gia Sang Crossroads Intersection; Dong Quang Roundabout Intersection, etc. [1]. Expanding the roads in the center is not easy when the land fund on both sides of the road has been mostly built, partly in the approved land use plan. To solve the travel needs of the people, some solutions are proposed that do not require large investments and can be implemented quickly, bringing immediate benefits to the community. In the study, the author proposes:

1) Optimize the traffic light system.

Thai Nguyen City is the locality that invests the most in ensuring traffic safety on inner-city roads, such as investing in upgrading and renovating roadsides and sidewalks, installing signs and traffic lights on major roads. However, due to the increase in traffic and the introduction of new routes, some intersections require additional signs and traffic lights to regulate vehicles and prevent traffic accidents.

- Need to adjust light timing: Change traffic light timing to improve traffic flow during rush hour without a large investment.

- It is necessary to regularly review the routes in the area to promptly invest in upgrading, expanding, and adding more construction items to serve traffic flow and prevent traffic accidents,

so the Thai Nguyen City government should pay more attention. This work is not too costly but brings practical results...

2) Parking Management

There is a shortage of parking lots in the city center, so it is necessary to arrange enough parking lots and move towards planning and building modern parking lots (smart parking lots): Ward areas (according to the land ratio for static traffic (3-5) % of construction land area.

- Strengthen control of parking lots in crowded areas, and apply parking fees to minimize indiscriminate parking.

- Provide parking information: Use electronic boards or mobile apps to notify about nearby parking availability.



Figure 4.1. Proposal for smart parking in the inner city

3) Improve bus service

According to the development orientation of public transport in Thai Nguyen city until 2045, it will mainly be buses and taxis, so it is necessary to improve bus operations, such as:

- Increase operating frequency: Increase bus frequency during rush hour to meet travel demand.

- Improved route information: Provide real-time information about bus routes and arrival times to passengers.

- Research bus fares suitable for an income of 5% of basic salary, and gradually use electronic bus tickets in the development process of the city to attract people.



Figure 4.2. People use electronic tickets to take the bus

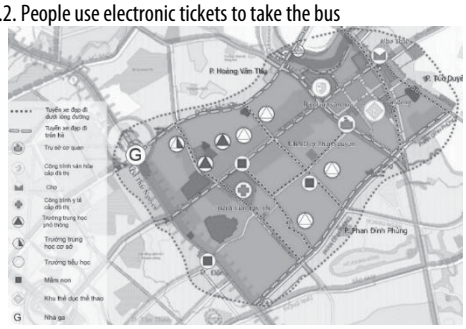


Figure 4.3. Proposed area for organizing bicycle routes in the central area

3) Create good conditions for pedestrians and build bicycle routes

• Walking path

Clean and Upgrade Sidewalks: Improve sidewalk conditions to make it easier for pedestrians to move around.

Roads should be provided with safe walkways: Create clear and safe walkways in busy areas and good connections to public transport.

• Bicycle path

Currently, Thai Nguyen city does not have a bicycle route system, so it is necessary to build bicycle lanes along the main and landscape axes as well as the most direct and convenient routes to public transport routes. Connecting attractive points in the city center. In **Zone 1,** first select the area where the headquarters of agencies, cultural works, schools, sports areas... are concentrated in the central area to test the organization of bicycle routes.

The bicycle route will be built in two forms.

• Roads with sidewalk widths of 5 m or more for bicycle lanes on the sidewalk

For routes such as Hoang Van Thu Street or a section of Cach Mang Thang 8 Street, the sidewalk width is B>5m. The study proposes to organize a bicycle lane on the sidewalk.

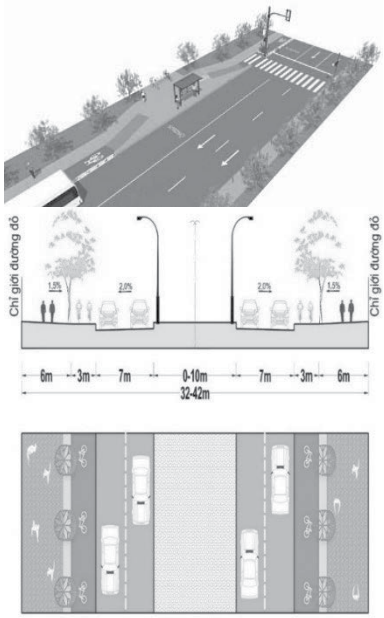


Figure 4.4. Bicycle path on the sidewalk

• Sidewalks B<5m, wide roadway, bicycle lanes organized on the roadway

In case the road has a narrow sidewalk, walk on the roadway close to the sidewalk and pay attention to the connection between the sidewalk and the road.

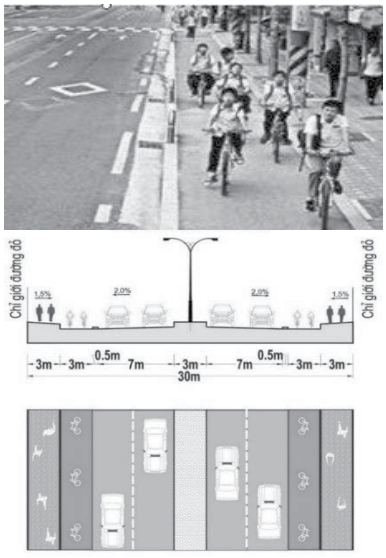


Figure 4.5. Bicycle path running under the road next to the sidewalk

5) Organize a street greening program

Currently, many streets in Thai Nguyen City have been planted with trees quite well, but it is necessary to move towards planting trees on all streets through the street greening program to better serve pedestrians and contribute to a good connection with public transport. Along with tree management agencies, it is also necessary to mobilize people to participate and protect trees.



Figure 4.6. Trees are planted all over the routes

5) Application of technology in road management

The city is oriented towards becoming a digital city, so the application of information technology in management has also achieved many results.

Use information technology to monitor traffic conditions, collect data, and analyze to support management decisions.

6) Strengthen propaganda and education

Awareness Campaign: Organize campaigns to promote road safety and the benefits of using public transport.

Promote walking and biking: Create courses or events that encourage walking and biking.

4.2. Urban road management solutions in Area 02 of Thai Nguyen city

Zone 02: Developing areas, including Education - Training Center, high-quality healthcare, trade - services, finance - banking, upgraded renovation area, new urban development area, Northern Logistics industrial development area. Managing the ROAD NETWORK in developing areas is a big challenge because the infrastructure is often inadequate; it is necessary to choose suitable solutions.

To manage urban roads well, the study proposes the following solutions:

1) Need for Traffic Planning and Zoning

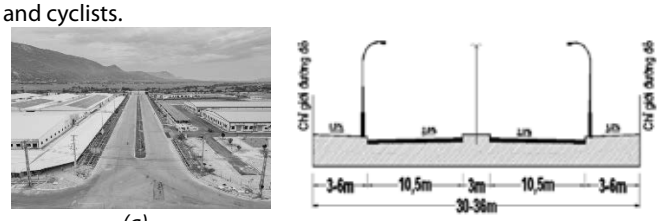
Based on the Master Plan, it is necessary to develop a synchronous transport plan, including roads, bridges, and public transport systems. In reality, the current development-oriented areas are still rural, so there needs to be a plan to build synchronous transport infrastructure.

2) Improve Infrastructure

Road upgrading and maintenance: Ensure roads are always in good condition and safe for traffic participants.

Construct new routes according to the plan to serve urban needs and logistics areas in the North.

Build bridges and walkways: Create safe paths for pedestrians and cyclists.



(a) (b)

Figure 4.7. (a) Road in Logistics area; (b) Cross section of road in Logistics area

3) Developing a public transport system

Currently, the bus network has reached the communes; however, to better serve workers and residents in area 2, it is necessary to expand public transport services: Increase bus routes, connecting the inner city and developed areas.

Build reasonable bus stops and stations: Place stops in convenient locations for easy access by workers and residents.

4) Encourage Community Participation

The role of a good community is a factor of success in management, so urban authorities need to:

- Raise awareness of traffic safety: Organize campaigns to raise people's awareness of traffic safety.
- Instruct people on how to use the road safely and effectively. Listen to people's opinions on traffic issues and road improvements.
- Promote local initiatives: Support community-led projects related to transport.

These solutions need to be implemented in a synchronous and flexible manner, suitable to the actual conditions of the developing region.

4.3. Urban road management solutions in Area 03 of Thai Nguyen city

Area 03: Urban agricultural area, high-quality agriculture, and eco-tourism.

According to the spatial development plan of Thai Nguyen city until 2035, KV3 is the suburban communes that will be oriented to develop as an urban agricultural reserve area and eco-tourism. With such characteristics, road management in this area also has its own characteristics. According to Official Dispatch 1474/BXD-HTKT dated April 17, 2023 of the Ministry of Construction sent to the locality: "Roads within the administrative boundaries of communes that meet the criteria for type V urban areas but are not yet towns are not urban roads according to regulations", with this document, roads in communes will be rural roads. There are also national highways and provincial roads running through the area, so road management in the commune area is a big challenge because the infrastructure is often inadequate. it is necessary to choose appropriate solutions to ensure safety, efficiency, and sustainability for the traffic system, The following management solutions are needed:

1) Survey and evaluate the current status to maintain the roads well

For this Area, the first important work is maintenance work, which needs to:

- Monitor the status of road works; organize traffic; inspect and supervise the protection of road infrastructure.
- Assess the condition of the routes, identify congestion points, and damage that needs to be repaired to have a maintenance plan.

2) Traffic organization

- Plan a reasonable traffic organization, including installing signs, road markings, and traffic lights to guide and regulate traffic.
- Install cross-section signs on provincial roads.

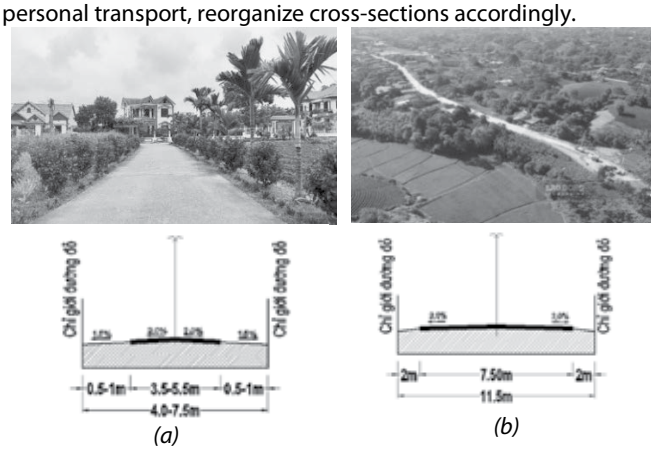
To ensure that the infrastructure system meets the requirements of socio-economic development of the province, and at the same time improve the effectiveness and efficiency of management and protection of road safety corridors, the installation of cross-section signs and planning of provincial roads is very necessary to protect the land area reserved for road safety corridors from encroachment.

3) Create safe routes according to road function

- Organize dedicated routes for pedestrians and bicycles to minimize traffic accidents. Traffic in villages must be organized according to the planning and construction of roads according to

the standards of new rural communes.

On roads with a wide enough right-of-way to organize cross-sections for urban transport types such as public transport, and for personal transport, reorganize cross-sections accordingly.



(a) *(b)*

Figure 4.8. (a) Commune road; (b) Inter-commune road

- In areas where eco-tourism villages are built. It is necessary to create beautiful landscapes for tourists. Bicycle routes need to be planted with trees and flowers, with many types of flowers that are easy to care for, which will give a good impression of Thai Nguyen City.



Figure 4.9. Bicycle path in the eco-tourism area



Figure 4.10. Planting trees on commune roads

4) Organize tree planting on the streets with the participation of the people

Mobilizing people to plant trees on village roads as well as on roads leading to the fields has become a movement in localities and is enthusiastically supported by the people. Therefore, Thai Nguyen city needs to launch and maintain this movement to become a regular awareness among the people.

- Along with the tree planting movement, the government also mobilized people to participate in road maintenance.

5. CONCLUSION

City has a very important position, is the capital of Thai Nguyen province, and is also the center of the Northern Midlands and Mountains region, playing a great role in the socio-economic development of the region. The urban road system is important in the development of each urban area. In recent years, Thai Nguyen City has invested in building many new roads, but in reality, it has not met the demand. To move towards sustainable urban transport development, the requirements are higher. Thai Nguyen City has the characteristics of having many different areas. Therefore, studying zoning to have appropriate management solutions will meet the requirements of "Managing urban roads in Thai Nguyen City towards sustainable urban transport development" to contribute to the implementation of the Program to build Thai Nguyen City for sustainable development, in response to Resolution No. 06-NQ/TW of the Politburo on planning, construction, management and sustainable development of Vietnamese urban areas to 2030, with a vision to 2045.

REFERENCES

[1]. Anh Vu (2022), Experience in restricting private vehicles in China: Going out on the road according to the last number of the license plate, Lao Dong Newspaper, accessed on April 2, 2025, from https://laod ong.vn/tu-lieu/kinh-nghiem-han-che-xe-ca-nhan-o-trung-quoc-ra-duong-theo-so-cuoi-bien-so-103380 9. ldo.

[2]. Chung An (2025), Step by step handling traffic congestion in Thai Nguyen City, Thai Nguyen Newspaper, Accessed February 16, 2025, from https://baothainguyen.vn/thoi-su-thai-nguyen/202502/tung-buoc-xu-ly-un-tac-giao-thong o-tp-thai-nguyen-76429d7/.

[3]. David Herron (2014), What is Green Transportation, New York.

[4]. Decision No. 1645/QD-TTg dated September 1, 2010 of the Prime Minister on recognizing Thai Nguyen City as a class I urban area under Thai Nguyen province.

[5]. Decision 1989/QD-TTg dated November 26, 2021, on approving local adjustments to the master plan of Thai Nguyen city, Thai Nguyen province, to 2035.

[6]. Giao thong Newspaper (2022), Successful inner-city toll collection seen from Singapore, accessed April 4, 2025, from https://mt.gov.vn/matgt/tin-tuc/859/85518/thu-phi-vao-noi-do-thanh-cong-nhin-tu-singapore.aspx.

[7]. ITDP (2023), What Is A Low Emission Zone, Institute for Transportation & Development Policy.

[8]. Liu Shaokun (2018), "China's sustainable urban transport revolution", Dialogue Earth, China.

[9]. Nguyen Thi Nga (2017), Road network management of type I cities in the Red River Delta provinces towards Green transport, PhD thesis, Hanoi Architectural University, Hanoi.

[10]. Project "Technical support for building a strategy to develop the public transport system of Thai Nguyen city, Thai Nguyen province" in 2022.

[11]. Statistical table 03/07/2024 Thai Nguyen City, source: Department of Urban Management. Thai Nguyen City.

[12]. Shanghai Manual - A Guide for Sustainable Urban Development in the 21st Century.

[13]. Wikimedia Encyclopedia (2025), Stockholm (city), accessed 15/03/2025 from https://vi.wikipedia.org /wiki/Stockholm_(city).

[14]. Zhao, F., Wu, J., Sun, H. et al (2016). "Population-driven Urban Road Evolution Dynamic Model". Netw Spat Econ 16, 997–1018 (2016). https://doi.org/10.1007/s11067-015-9308-4.

■Ngày nhận bài: 21/02/2025 ■Ngày sửa bài: 20/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá mức độ mài mòn và xói mòn của bê tông san hô

Experimental study on the abrasion and erosion assessment of coral concrete

> LÊ HẢI DƯƠNG, PHẠM ĐỨC TIỆP*, DƯƠNG VĂN THỊNH, ĐINH QUANG TRUNG
Viện Kỹ thuật công trình đặc biệt, Đại học Kỹ thuật Lê Quý Đôn
*Email:phamductiep@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT

Trong môi trường biển, sóng thủy triều mang theo cát và đá san hô có thể gây xói mòn và mài mòn các công trình như đê chắn sóng và kết cấu bê tông, ảnh hưởng nghiêm trọng đến độ bền và sự ổn định của chúng. Để làm rõ cơ chế phá hủy của bê tông san hô dưới tác động của dòng chảy. Bài báo xây dựng mô hình thí nghiệm nhằm đánh giá mức độ xói mòn, mài mòn của bê tông san hô dưới tác dụng của dòng chảy thủy lực có chứa một lượng cát nhất định. Trên cơ sở xây dựng mô hình thí nghiệm, nghiên cứu tiến hành thử nghiệm trên năm mẫu bê tông san hô có độ tuổi khác nhau. Kết quả thu được cho phép quan sát và phân tích sự thay đổi trong khả năng chống xói mòn, mài mòn của bê tông san hô theo thời gian.

Từ khóa: Cốt liệu; cường độ chịu nén; mài mòn; xói mòn; mẫu bê tông.

ABSTRACT

In the marine environment, tidal waves carrying coral sand and coral debris can cause erosion and abrasion to structures such as breakwaters and concrete constructions, significantly affecting their durability and stability. To clarify the destruction mechanism of coral concrete under flow impact, this paper develops an experimental model to evaluate the erosion and abrasion levels of coral concrete under the influence of hydraulic flow containing a certain amount of sand. Based on this experimental model, the study conducts tests on five coral concrete samples of different ages. The obtained results allow for the observation and analysis of changes in the erosion and abrasion resistance of coral concrete over time.

Keywords: Aggregate; compressive strength; abrasion; erosion; concrete sample.

1. MỞ ĐẦU

Bê tông san hô đã chứng minh tiềm năng vượt trội trong suốt lịch sử phát triển, đặc biệt từ khi quân đội Hoa Kỳ sử dụng nó trong Thế chiến II để xây dựng các công trình trên các đảo ở phía Tây Thái Bình Dương [1]. Narver (1964) nhận thấy rằng, so với bê tông thông thường có cùng thiết kế cấp phối, bê tông san hô có cường độ sớm cao hơn nhưng cường độ muộn lại thấp hơn một chút [2]. Ehlert (1991) đã tiến hành khảo sát chất lượng bê tông san hô trên đảo san hô Bikini ở Thái Bình Dương và kết luận rằng bê tông san hô chất lượng cao vẫn có thể duy trì độ bền sau 11-16 năm sử dụng [3].

Hiện nay, việc nghiên cứu bê tông san hô tại Trung Quốc đang phát triển mạnh mẽ. Liang và Lu (1993) đã bắt đầu khám phá việc sử dụng cốt liệu san hô trong bê tông từ năm 1986 và nhận thấy rằng cường độ của bê tông san hô có thể đạt tới hơn 20 MPa [4]. Tuy nhiên, Wattanachai và cộng sự báo cáo rằng hệ số khuếch tán của ion clorua đối với bê tông san hô cao hơn so với bê tông thông thường với cùng tỷ lệ xi măng - nước [5]. Vì vậy, Bullen (1990) đã đề xuất sử dụng tro bay và chất siêu dẻo để giảm độ thâm nhập của ion clorua trong bê tông san hô [6]. Tại Việt Nam, các nghiên cứu gần đây đã chứng minh rằng bê tông san hô có khả năng chống va đập tốt và độ bền cao, mở ra tiềm năng lớn cho việc xây dựng ở các khu vực biển đảo xa bờ.

Công trình thủy lực khi xây dựng ngập trong nước sẽ làm gián đoạn quá trình tự nhiên của dòng nước, một trong những vấn đề chính của các công trình thủy lực là mài các hạt trong nước như cát, sỏi và bất kỳ mảnh vụn nào khác, gây tổn hại do mài mòn trong các công trình thủy lực có thể dẫn đến các vấn đề bảo trì. Có thể dễ dàng bỏ qua sự mài mòn-xói mòn nhỏ, nhưng sự mài mòn nghiêm trọng có thể làm giảm đáng kể khả năng sử dụng của bê tông. Giảm tổn thương mài mòn-xói mòn chủ yếu là do tác động hưng phấn của các hạt trong nước như bùn, sỏi và các mảnh rắn khác [7]. Thiệt hại do mài mòn của các kết cấu bê tông chịu ảnh hưởng của nhiều thông số, bao gồm kích thước và hàm lượng các hạt trong nước, vận tốc dòng chảy, góc tác động của dòng chảy, thời gian tiếp xúc và chất lượng bê tông [8-10]. Hình 1 thể hiện kết cấu kè trọng lực bị mài mòn-xói mòn sau thời gian dài khai thác.



Hình 1. Kết cấu kè trọng lực bị mài mòn-xói món bề mặt tại đảo xa bờ ở Việt Nam

Một số phương pháp thử nghiệm đã được phát triển để xác định các thông số quan trọng ảnh hưởng đến thiệt hại do mài mòn và đánh giá tốc độ mài mòn của các kết cấu bê tông thủy lực. Tiêu chuẩn ASTM C418 khuyến nghị sử dụng cát Ottawa để phun cát mẫu bê tông [11,12], cát sử dụng có thể quá thô, không phản ánh chính xác năng lượng và tiềm năng của dòng trầm tích thực tế.

Một số phương pháp tác động của dòng chảy mang theo trầm tích đã được đề xuất để nghiên cứu sự xói mòn do mài mòn của bê tông, phương pháp thử cát trong nước do Liu và cộng sự phát triển [13,14]. Các hạt mài mòn, chủ yếu là cát, được trộn với nước để tạo thành dòng chảy chứa trầm tích, tác động lên bề mặt bê tông ở một tốc độ nhất định. Kích thước của các hạt mài mòn, nồng độ, độ cứng và góc va chạm của chúng cũng có những ảnh hưởng đáng kể đến tổn thương do mài mòn trên bề mặt bê tông. Liu và cộng sự [15] phát hiện ra rằng việc tăng kích thước của chất mài mòn làm tăng tốc độ mài mòn vì các hạt nhỏ không có khả năng gây nguy hiểm ra các vết nứt trên bề mặt. Ngoài ra, sát thương tăng lên khi nồng độ cát trong chất mài mòn tăng dần. Tải nén tạo ra tại điểm tác động ép và đẩy vật liệu xuống dưới, gây ra ứng suất kéo theo phương ngang ở lớp trên cùng của kết cấu bê tông. Ứng suất kéo là nguyên nhân chính gây ra và phát triển các vết nứt ở vùng chuyển tiếp giao diện (ITZ) giữa vữa và cốt liệu, cuối cùng dẫn đến mài mòn do tác động [14]. Gây tổn hại do mài mòn được đo theo một số cách tùy chọn vào tiêu chuẩn. Đối với mài mòn khô, các phép đo độ sâu riêng biệt được phép thực hiện trong ASTM C779 (ASTM 2012d), các phép đo khối lượng được phép trong ASTM C944 (ASTM 2012c) và có thể ước tính được tính toán bằng cách mô hình hóa thiết lập đất cho ASTM C418 (ASTM 2012b). Đối với phương pháp mài mòn dưới nước, ASTM C1138, các phép đo khối lượng của mẫu không khí bão hòa được thực hiện đến mức gần nhất là 25 g.

Nghiên cứu này sẽ xây dựng mô hình thực nghiệm đánh giá mức độ mài mòn-xói mòn của mẫu bê tông san hô và xem xét ảnh hưởng của thời gian từ lúc đổ mẫu bê tông đến khi mẫu chịu xói mòn, với các mốc thời gian đánh giá gồm 1 ngày, 3 ngày, 7 ngày, 14 ngày và 28 ngày. Cách tiếp cận này cho phép quan sát và phân tích sự thay đổi trong khả năng chống mài mòn của bê tông theo thời gian, đồng thời xác định các giai đoạn mà bê tông dễ bị tổn thương nhất. Dựa trên kết quả thu được, nghiên cứu đề xuất các biện pháp bảo vệ bê tông trong giai đoạn nhạy cảm nhất nhằm giảm thiểu thiệt hại do xói mòn.

2. THIẾT KẾ CẤP PHỐI BÊ TÔNG SAN HÔ M300

Do đặc điểm của cốt liệu san hô có hình dạng không đều, bề mặt thô ráp và nhiều lỗ rỗng, theo lý thuyết thiết kế bê tông giàu bột và bê tông cường độ cao, tỷ lệ vật liệu kết dính cao hơn, tỷ lệ cát lớn hơn và phương pháp thể tích rời được áp dụng trong thiết kế tỷ lệ trộn của bê tông san hô [16]. Bê tông san hô được thiết kế với M300, tỷ lệ nước-xi măng là 0,62. Thành phần cấp phối được thể hiện như Bảng 1.

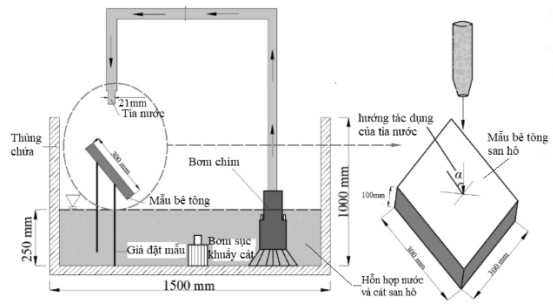
Bảng 1. Thành phần cấp phối của bê tông san hô M300

Xi măng	Nước biển	Cát san hô	Đá san hô 1x2	Tỷ lệ nước – xi măng (N/X)
kg	kg	kg	kg	0,62
450	279	754	745	
%	%	%	%	
20,20	12,52	33,84	33,44	

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM XÁC ĐỊNH MỨC ĐỘ MÀI MÒN-XÓI MÒN CỦA BÊ TÔNG SAN HÔ DƯỚI TÁC DỤNG CỦA DÒNG CHẢY

Để nghiên cứu sự hư hại do mài mòn-xói mòn của mẫu bê tông san hô khi tiếp xúc với dòng chảy chứa trầm tích (cát san hô), một bộ thử nghiệm tự chế được thiết lập trên cơ sở kế thừa ý tưởng nghiên cứu của Qiong Liu và đồng nghiệp [17], như được thể hiện trên Hình 2 và Hình 3. Các thí nghiệm va đập của dòng chảy chứa trầm tích san hô nhằm mô phỏng quá trình hư hại do mài mòn và xói mòn của kết cấu bê tông san hô, trong đó các hạt trầm tích (cát san hô) được vận chuyển bởi nước.

Thiết bị thí nghiệm bao gồm một bể chứa kích thước (kích thước 1,5mx1,0mx1,0m), một bơm chính (dạng bơm chìm, bơm tuần hoàn liên tục dòng chảy chứa trầm tích cát san hô) và một giá đỡ để lắp đặt mẫu bê tông. Để đảm bảo cát san hô không bị lắng đọng và phân bố đồng đều trong bể chứa, chúng tôi sử dụng 1 bơm sục và quá trình hoạt động nó khuấy liên tục cát san hô trong bể chứa và giúp cát trộn đều với nước. Giá đỡ lắp đặt mẫu bê tông có thể thay đổi góc nghiêng và chiều cao.



Hình 2. Mô hình thí nghiệm đánh giá mức độ mài mòn - xói mòn của bê tông san hô



Hình 3. Bộ thiết bị thí nghiệm tự chế xác định mức độ mài mòn-xói mòn

05 tấm bê tông có kích thước 30cmx30cmx10cm được đúc và sử dụng để thực hiện các thí nghiệm đánh giá mức độ hư hại do mài mòn và xói mòn (Hình 4-f). Ngoài ra 03 mẫu bê tông kích thước 10cmx10xcmx10cm cũng được chuẩn bị để đo cường độ 28 ngày (Hình 4-e).

Ở Việt Nam, các đê chắn sóng bảo vệ đảo xa bờ chủ yếu được thi công bằng phương pháp đổ bê tông tại chỗ. Quá trình thi công thường bao gồm nhiều bước quan trọng nhằm đảm bảo sự ổn định của công trình trước tác động của môi trường biển khắc nghiệt. Đầu tiên, để tạo điều kiện thuận lợi cho việc xây dựng, đơn vị thi công tiến hành đắp một đê quai tạm thời. Đê quai đóng vai trò như một rào chắn giúp ngăn chặn sóng biển tác động trực tiếp vào khu vực thi công, tạo môi trường ổn định để đổ bê tông và lắp đặt các cấu kiện. Việc này đặc biệt quan trọng trong điều kiện thi công ngoài khơi, nơi sóng gió mạnh có thể làm xói mòn vật liệu hoặc gây khó khăn cho quá trình đổ và bảo dưỡng bê tông. Sau khi hoàn thành đê quai, công tác xây dựng các bộ phận quan trọng của đê chắn sóng được tiến hành, bao gồm răng tiêu sóng và chân khay. Răng tiêu sóng là một trong những thành phần quan trọng, giúp làm giảm năng lượng của sóng khi va đập vào công trình, từ đó hạn chế tác động gây xói mòn. Trong khi đó, chân khay đóng vai trò ổn định nền móng của đê chắn sóng, ngăn chặn sự xói lở chân công trình do dòng chảy và lực sóng tác động liên tục. Tuy nhiên, một điểm đáng chú ý trong phương pháp thi công này là thời gian tháo dỡ đê quai tương đối sớm. Khi bê tông của các kết cấu răng tiêu sóng và chân khay mới đạt độ tuổi khoảng 1 đến 3 ngày - tức là còn trong

giai đoạn đầu của quá trình phát triển cường độ - đê quai đã bắt đầu được tháo dỡ. Vật liệu đắp từ đê quai sau đó được tái sử dụng để đắp mái nghiêng và thi công bản mái nghiêng, giúp tối ưu hóa nguồn tài nguyên và giảm chi phí vận chuyển vật liệu. Tuy nhiên, việc tháo dỡ sớm đồng nghĩa với việc các kết cấu bê tông vẫn chưa đạt đến cường độ tối ưu đã phải tiếp xúc trực tiếp với môi trường biển. Dưới tác động của sóng biển mạnh, các kết cấu răng tiêu sóng và chân khay có nguy cơ bị ảnh hưởng ngay từ giai đoạn đầu. Khi cường độ bê tông chưa đủ lớn, khả năng chống chịu trước lực va đập của sóng và dòng chảy còn hạn chế. Ngoài ra, các hạt cát và vật liệu lơ lửng trong nước biển có thể gây ra hiện tượng mài mòn, làm suy giảm chất lượng bề mặt của bê tông theo thời gian. Chính vì vậy, trong nghiên cứu này các tác giả tiến hành nghiên cứu mức độ mài mòn và xói mòn của mẫu bê tông san hô với các ngày tuổi khác nhau (1, 3, 7, 14 và 28 ngày), xem xét ảnh hưởng của góc nghiêng tia nước và khoảng cách tia nước đến bề mặt bê tông chúng tôi tiến hành ở các nghiên cứu khác.



a. Công tác chuẩn bị các cốt liệu



b. Đổ cốt liệu vào máy trộn



c. Bổ sung nước khi trộn



d. Quá trình trộn



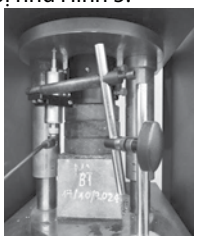
e. Mẫu bê tông thử cường độ chịu nén



f. Mẫu bê tông đánh giá mài mòn-xói mòn

Hình 4. Quy trình chế tạo mẫu bê tông san hô

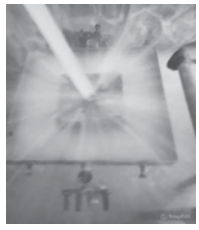
Để xác định cường độ chịu nén của mẫu bê tông san hô, nghiên cứu này sử dụng máy nén 3 trục đá. Quá trình lắp đặt mẫu vào thiết bị như Hình 5.



Hình 5. Đưa mẫu vào khung gia tải và lắp đặt đầu đo chuyển bị



Hình 6. Giá đặt mẫu thí nghiệm mài mòn-xói mòn



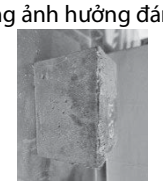
Hình 7. Quá trình mài mòn-xói mòn

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ BÀN LUẬN

Các kiểu phá hoại quan sát được trong tất cả các mẫu đều thể hiện một số đặc điểm chung dưới tải trọng nén dọc trục. Hình 8 cho thấy: điểm tương đồng của các mẫu là sự phát triển của các vết nứt thẳng đứng hoặc chéo dọc theo chiều cao của mẫu, một cơ chế phá hoại điển hình của bê tông dưới ứng suất nén. Các vết nứt chính này chủ yếu được căn chỉnh dọc theo trục tải và lan rộng khi ứng suất tăng, dẫn đến sự tách rời về mặt cấu trúc. Ngoài ra, sự xuống cấp bề mặt được quan sát thấy một cách nhất quán trên tất cả các nhóm, đặc biệt là dưới dạng bong tróc bề mặt cục bộ ở các vùng trên cùng và dưới cùng, nơi tập trung ứng suất cao nhất. Sự bong tróc này là kết quả của việc tách các mảnh bề mặt nhỏ do lực nén cao. Sự lan truyền của các vết nứt chính tuân theo một xu hướng chung, trong đó các vết nứt thẳng đứng dần dần mở rộng và kết nối với nhau, tạo thành một mạng lưới dọc theo bề mặt. Sự khởi đầu của vết nứt thường xảy ra tại các điểm yếu, chẳng hạn như các lỗ rỗng bên trong, các cạnh và góc của mẫu, cho thấy tính không đồng nhất của vật liệu bên trong ảnh hưởng đáng kể đến quá trình phá hoại.



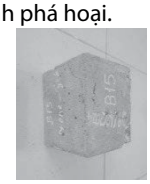
a- Mẫu S1



b- Mẫu S1

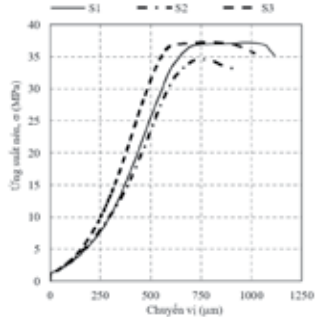


c - Mẫu S2



d - Mẫu S3

Hình 8. Đặc điểm phá hoại của các mẫu khi thí nghiệm nén

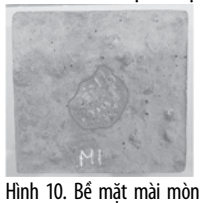


Hình 9. Đường cong ứng suất-chuyển vị dọc trục của mẫu bê tông san hô dưới tải trọng nén

Đường cong ứng suất-biến dạng đối với các 03 mẫu thể hiện phản ứng nén đơn điệu điển hình (Hình 9), đặc trưng bởi giai đoạn đàn hồi tuyến tính ban đầu theo sau là quá trình chuyển đổi dần sang giai đoạn biến dạng dẻo. Sự khác biệt về ứng suất nén cực đại là không đáng kể (mẫu S1 - 37,3 MPa, mẫu S2 - 34,6 MPa, mẫu S3 - 37,8 MPa). Hành vi sau đỉnh cho thấy ứng suất giảm dần, cho thấy ứng suất mềm đi. Cường độ nén trung bình của 03 mẫu là 36,57 MPa, quy đổi sang mẫu chuẩn (150mmx150mmx150m) thì cường độ nén là 36,57 x 0,95= 34,74 MPa. Với cấp phối đã thiết kế (Bảng 1) bê tông san hô đạt mác M300.

Các thí nghiệm trong nghiên cứu này được liệt kê trong Bảng 2, các thử nghiệm B1-B5 chủ yếu nhằm đánh giá tác động của tuổi bê tông đối với độ mài mòn. Đối với tất cả các thử nghiệm, thời gian tác động của dòng chảy chứa trầm tích trên mỗi tấm bê tông là 9 giờ. Trước và sau mỗi thử nghiệm mài mòn, mẫu thử đã được cân để xác định khối lượng mất đi của tấm bê tông.

Thông thường, tổn thương do mài mòn tập trung chủ yếu ở phần giữa của tấm bê tông (trực tiếp dưới dòng chảy). Do đó, chiều cao trung bình của phần ngoài không bị hư hại được lấy làm tham chiếu để xác định độ sâu mài mòn của các tấm bê tông.



Hình 10. Bề mặt mài mòn của mẫu bê tông 1 ngày tuổi



Hình 11. Bề mặt mài mòn của mẫu bê tông 3 ngày tuổi



Hình 12. Bề mặt mài mòn của mẫu bê tông 7 ngày tuổi



Hình 13. Bề mặt mài mòn của mẫu bê tông 14 ngày tuổi

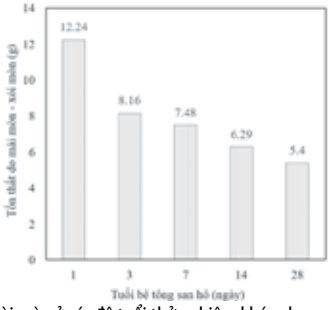


Hình 14. Bề mặt mài mòn của mẫu bê tông 28 ngày tuổi

Bảng 2: Các tham số thiết lập khi tiến hành thí nghiệm mài mòn-xói mòn

Mẫu	Tuổi thí nghiệm (Ngày)	Thời gian hoạt động của mài mòn (h)	Hàm lượng cát (kg/m^3)	Vận tốc (m/s)	Góc va chạm (α)
1	1	9	160	16.04	90
2	3	9	160	16.04	90
3	7	9	160	16.04	90
4	14	9	160	16.04	90
5	28	9	160	16.04	90

Dưới tác động của dòng chảy, tất cả các mẫu bê tông san hô đều thể hiện xu hướng hư hỏng bề mặt với phạm vi mài mòn mở rộng từ trung tâm ra xung quanh, đặc biệt rõ ràng ở các mẫu có tuổi ngày thấp do hệ thống liên kết chưa hoàn thiện, làm giảm khả năng chống chịu tác động cơ học (Hình 10-14). Sự suy giảm bề mặt chủ yếu xuất hiện dưới dạng bong tróc cục bộ tại vùng chịu tác động trực tiếp của dòng chảy - nơi ứng suất cục bộ tập trung cao nhất. Tác động lặp đi lặp lại của các hạt mài mòn trong nước làm suy yếu kết cấu bề mặt, giảm cường độ của bê tông và thúc đẩy sự hình thành các vết nứt, dẫn đến sự gia tăng phạm vi và độ sâu mài mòn theo thời gian, đặc biệt đối với các mẫu bê tông có độ tuổi thấp. Quá trình hư hỏng khởi phát từ trung tâm và lan rộng ra ngoài, chịu ảnh hưởng bởi các đặc tính nội tại như độ rỗng và tính không đồng nhất của vật liệu. Những yếu tố này làm tăng tốc độ suy giảm cơ học, đẩy nhanh sự xuống cấp của bề mặt dưới tác động của dòng chảy, ảnh hưởng trực tiếp đến độ bền và tuổi thọ của bê tông san hô trong môi trường thủy động lực học.



Hình 15. Tốc độ mài mòn ở các độ tuổi thử nghiệm khác nhau

Hình 15 minh họa mô tả sự mất khối lượng của năm mẫu bê tông san hô trong 9 giờ thử nghiệm, với các mẫu có độ tuổi 1, 3, 7, 14 và 28 ngày. Kết quả cho thấy bê tông san hô có độ tuổi 1 và 3 ngày tuổi dễ bị mài mòn hơn so với các mẫu vật bê tông có độ tuổi từ 7 - 28 ngày tuổi, điều này phản ánh sự khác biệt về khả năng chống chịu của bê tông theo thời gian bảo dưỡng. Xu hướng giảm lượng vật liệu bị mài mòn theo tuổi bê tông cho thấy khả năng chống chịu của bê tông san hô tăng dần khi cường độ phát triển. Đặc biệt, từ 7 ngày tuổi trở đi, sự mất khối lượng do mài mòn có xu hướng tuyến tính theo thời gian thử nghiệm. Tuy nhiên, trong giai đoạn từ 1 đến 7 ngày tuổi, mối quan hệ này có xu hướng phi tuyến tính. Ở lớp bề mặt, hàm lượng hồ xi măng cao giúp bảo vệ cốt liệu khỏi tác động trực tiếp. Khi lớp này bị loại bỏ, tốc độ mài mòn phụ thuộc chủ yếu vào sức chống chịu của cốt liệu. Sự lộ ra của cốt liệu có thể làm tăng tốc độ xói mòn, đặc biệt với cốt liệu san hô vốn có độ xốp cao, cường độ thấp và dễ bị bào mòn dưới tác động của dòng chảy. Điều này lý giải tại sao các mẫu bê tông 1-7 ngày tuổi thường có xu hướng suy giảm khối lượng không ổn định, trong khi các mẫu từ 7 ngày tuổi trở lên thể hiện sự suy giảm tuyến tính hơn. Kết quả nghiên cứu khẳng định rằng cường độ của bê tông, đặc biệt trong giai đoạn bảo dưỡng sớm, đóng vai trò quyết định trong khả năng chống mài mòn và xói lở bề mặt.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã tiến hành đánh giá thực nghiệm về cường độ chịu nén và khả năng chống mài mòn-xói mòn của bê tông san hô theo thời gian bảo dưỡng. Kết quả thí nghiệm nén dọc trục cho thấy bê tông san hô có cường độ trung bình đạt 34,74 MPa, tương ứng với mác M300. Các vết nứt phát triển chủ yếu theo phương thẳng đứng hoặc chéo dọc theo chiều cao mẫu, phản ánh cơ chế phá hoại điển hình của bê tông dưới tải trọng nén.

Về khả năng chống mài mòn-xói mòn, bê tông san hô có tuổi ngày thấp (1 - 3 ngày tuổi) dễ bị mài mòn hơn do hệ thống liên kết chưa hoàn thiện, trong khi các mẫu từ 7 ngày tuổi trở lên thể hiện khả năng chống chịu tốt hơn. Hiện tượng mài mòn tập trung chủ yếu ở vùng chịu tác động trực tiếp của dòng chảy, với biểu hiện bong tróc bề mặt và suy giảm khối lượng. Sự suy giảm này có xu hướng phi tuyến tính trong 7 ngày đầu và trở nên ổn định hơn sau 7 ngày. Khi lớp hồ xi măng bảo vệ bị mài mòn, cốt liệu san hô lộ ra làm tăng nguy cơ xói lở.

Dựa trên kết quả nghiên cứu, cần có biện pháp bảo vệ bê tông trong giai đoạn sớm sau khi đổ, như kéo dài thời gian bảo dưỡng ẩm, áp dụng lớp phủ bảo vệ hoặc sử dụng phụ gia cải thiện tính chất cơ học. Những phát hiện này cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho thiết kế và bảo vệ kết cấu bê tông san hô trong môi trường biển và vùng ven bờ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Howdyshell, P. A. (1974). The use of coral as an aggregate for Portland cement concrete structures. Department of Defense, Department of the Army, Corps of Engineers, Construction Engineering Research Laboratory.

[2] Narver, D. L. (1954). Good concrete made with coral and sea water. Civil Engineering, 24(11), 49-52.

[3] Ehlert, R. A. (1991). Coral concrete at bikini atoll. Concrete international, 13(1), 19-24.

[4] Lu, B., & Liang, Y. (1993). Experimental study of concrete prepared with coral reef and sea water 1. Marine science bulletin/Haiyang Tongbao. Tianjin, 12(5), 69-74.

[5] Wattanachai, P., Otsuki, N., SAITO, T., & NISHIDA, T. (2009). A study on chloride ion diffusivity of porous aggregate concretes and improvement method. Doboku gakkai ronbunshuu E, 65(1), 30-44.

[6] Yu, H., Da, B., Ma, H., Dou, X., & Wu, Z. (2020). Service life prediction of coral aggregate concrete structure under island reef environment. Construction and Building Materials, 246, 118390.

[7] Hasan, M. S., Li, S. S., Zsaki, A. M., & Nokken, M. R. (2019). Measurement of abrasion on concrete surfaces with 3D scanning technology. Journal of Materials in Civil Engineering, 31(10), 04019207.

[8] Gong, J., Qin, C., Tang, X., & Zhang, T. (2022). Experimental study and field application of abrasion resistance for the repair of concrete water-conveying structures. Materials and Structures, 55(7), 167.

[9] Zarrabi, N., Moghim, M. N., & Eftekhar, M. R. (2021). Effect of hydraulic parameters on abrasion erosion of fiber reinforced concrete in hydraulic structures. Construction and Building Materials, 267, 120966.

[10] Qin, Q., Meng, Q., Yang, H., & Wu, W. (2021). Study of the anti-abrasion performance and mechanism of coral reef sand concrete. Construction and Building Materials, 291, 123263.

[11] The American Society for Testing and Materials, *Standard Test Method for Abrasion Resistance of Concrete by Sandblasting*, ASTM C418-98, 1999, pp. 1-3.

[12] Ismail, M. K., & Hassan, A. A. (2019). Abrasion and impact resistance of concrete before and after exposure to freezing and thawing cycles. Construction and Building Materials, 215, 849-861.

[13] Liu, Y. W., Yen, T., & Hsu, T. H. (2006). Abrasion erosion of concrete by water-borne sand. Cement and concrete research, 36(10), 1814-1820.

[14] Liu, Y. W., Cho, S. W., & Hsu, T. H. (2012). Impact abrasion of hydraulic structures concrete. Journal of marine science and technology, 20(3), 2.

[15] Siddique, R. (2003). Effect of fine aggregate replacement with Class F fly ash on the abrasion resistance of concrete. Cement and concrete research, 33(11), 1877-1881.

[16] Qin, Q., Meng, Q., Gan, M., Ma, Z., & Zheng, Y. (2023). Deterioration mechanism of coral reef sand concrete under scouring and abrasion environment and its performance modulation. Construction and Building Materials, 408, 133607.

[17] Liu, Q., Li, L., Andersen, L. V., & Wu, M. (2023). Studying the abrasion damage of concrete for hydraulic structures under various flow conditions. Cement and Concrete Composites, 135, 104849.

■Ngày nhận bài:28/02/2025 ■Ngày sửa bài: 10/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 11/042025

Xác định cường độ chịu nén yêu cầu của bê tông theo tiêu chuẩn ACI 301-20

Establish the required compressive strength of concrete in accordance with ACI 301-20

> PHẠM PHÚ TÌNH*, NGUYỄN THỊ NGỌC LOAN
Khoa Xây dựng, Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội; *Email: tinhpp@hau.edu.vn

TÓM TẮT

Bài báo trình bày cách xác định cường độ yêu cầu từ cường độ quy định của thiết kế. Tần suất lấy mẫu, tiêu chí chấp thuận bê tông, và cách xác định cường độ yêu cầu khi không có hoặc không đủ số liệu thí nghiệm, có từ 15 đến 30 kết quả, và có ít nhất 30 kết quả thí nghiệm theo ACI 301-20 được trình bày cụ thể. Năm ví dụ áp dụng có tính thực hành cao giúp nhà thầu, kỹ sư giám sát, và cán bộ phòng LAS XD dễ dàng trong việc áp dụng đúng tiêu chuẩn, đảm bảo tính thống nhất giữa thi công và thiết kế.

Từ khóa: Cường độ quy định; cường độ yêu cầu; bê tông; TCVN 10303:2014; ACI 301-20; đánh giá.

ABSTRACT

This paper presents the method to establish the required compressive strength for construction based on the specified compressive strength. Sampling, concrete acceptance criteria, and methods for determining the required strength in cases where test data is not available or insufficient, there are 15 and 30 test results, and at least 30 test results available according to ACI 301-20 are presented. Five practical examples assist contractors, site supervision engineers, and LAS XD laboratory staff easily to apply the standards correctly, ensuring consistency between construction and design.

Keywords: Specified strength; required strength; concrete; TCVN 10303:2014; ACI 301-20; assessment.

1. GIỚI THIỆU

Khi thiết kế kết cấu bê tông, kỹ sư kết cấu chọn vật liệu bê tông và chỉ định cường độ chịu nén quy định, ký hiệu là $f_c^{'}$ theo tiêu chuẩn (TC) Mĩ - ACI 318-19 và TC Úc AS 3600:2018, hay cấp cường độ chịu nén của bê tông, ký hiệu là B theo TC Việt Nam - TCVN 5574:2018 và TC LB Nga SP 63.13330.2012, hay C theo TC châu Âu - BS EN 1992-1-1:2004. Ví dụ cho một công trình, kỹ sư thiết kế chỉ định bê tông cột là $f_c^{'} = 35$ MPa, hay B45, hay C35/45 lần lượt theo TC Mĩ và Úc, TC Việt Nam và LB Nga, hay TC châu Âu.

Để đảm bảo tính thống nhất giữa thiết kế và thi công, từ cường độ quy định trong thiết kế, cần xác định được cường độ trung bình tối thiểu yêu cầu (cường độ yêu cầu) trong thi công. Câu hỏi được đặt ra là:

(1) Nếu cường độ quy định theo thiết kế là $f_c^{'}$ (hay cấp cường độ theo thiết kế là B, C), thì cường độ yêu cầu khi thi công là bao nhiêu, và được xác định thế nào?

(2) Cường độ nén 28 ngày của các tổ mẫu hiện trường phải thỏa mãn tiêu chí chấp thuận nào thì bê tông được gọi là đảm bảo yêu cầu thiết kế?

Để đảm bảo bê tông thi công đạt yêu cầu thiết kế, thì các TC hướng dẫn kiểm soát chất lượng và đánh giá cường độ bê tông trong quá trình thi công sẽ được sử dụng kết hợp với TC thiết kế, ví dụ kết hợp ACI 301-20 với ACI 318-19, AS 1379-2007 với AS 3600:2018, TCVN 10303:2014 với TCVN 5574:2018, ГОСТ 18105- 2010 với SP 63.13330.2012, và BS EN 206-1:2000 với BS EN 1992-1-1:2004.

TCVN 10303:2014 được biên soạn trên cơ sở TC ГОСТ 18105-2010 nhưng đã được điều chỉnh cho phù hợp điều kiện Việt Nam. TC ГОСТ 18105- 2010 tham khảo TC BS EN 206-1:2000 trong phần kiểm soát và đánh giá cường độ bê tông, nhưng không tương đương. ГОСТ 18105- 2010 đã được thay thế bởi ГОСТ 18105- 2018.

Bài báo trình bày cách xác định cường độ yêu cầu và tiêu chí chấp thuận bê tông theo hệ thống TC ACI của Mĩ, trong đó ACI 318-19 quy định các điều khoản về thiết kế kết cấu bê tông, bê tông cốt thép, và bê tông ứng suất trước. ACI 301-20 được viết để phù hợp với các yêu cầu của ACI 318, quy định các yêu cầu kỹ thuật cho thi công bê tông, giúp đảm bảo chất lượng từ khâu sản xuất (lựa chọn vật liệu, cấp phối, trộn), vận chuyển, thi công (đổ và bảo dưỡng) đến nghiệm thu. ACI 214R-11 là một báo cáo kỹ thuật, hướng dẫn đánh giá kết quả thử nghiệm cường độ nén của bê tông theo yêu cầu của ACI 301, ACI 318. Các TC này liên kết chặt chẽ với nhau nhằm đảm bảo tính thống nhất giữa thiết kế và thi công.

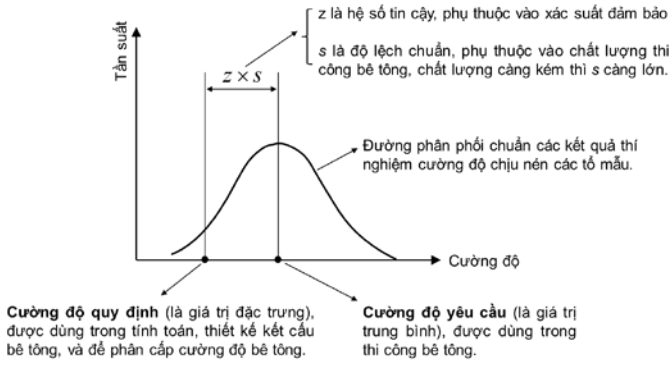
Mục 2 trong bài báo sẽ trình bày lý thuyết cơ bản chung về cường độ yêu cầu và cường độ quy định. Mục 3 và 4 lần lượt trình bày cách xác định cường độ yêu cầu và các tiêu chí chấp thuận bê tông theo ACI 301-20. Mục 5 trình bày các ví dụ, áp dụng các công thức và tiêu chí đã được nêu trong Mục 3, 4.

2. CƯỜNG ĐỘ QUY ĐỊNH VÀ CƯỜNG ĐỘ YÊU CẦU

Hình 1 minh họa định nghĩa và mối quan hệ giữa cường độ quy định và cường độ yêu cầu, trong đó:

Cường độ quy định là cường độ tối thiểu bê tông cần đạt để đáp ứng yêu cầu thiết kế, là giá trị cường độ chịu nén đặc trưng đảm bảo một xác suất quy định. Cường độ quy định dùng trong thiết kế, do thiết kế quy định.

Cường độ yêu cầu là cường độ trung bình của bê tông trong thực tế sản xuất và thi công để đảm bảo bê tông đạt cường độ quy định theo thiết kế. Cường độ yêu cầu dùng trong thi công, được xác định từ cường độ quy định và độ lệch chuẩn.



Hình 1. Cường độ quy định và cường độ yêu cầu

Cường độ yêu cầu = Cường độ quy định + (z×s) (1)

với z là hệ số độ tin cậy (trong lý thuyết thống kê là confidence factor, reliability factor, critical value (z-value), z-core, standard normal quantile), có giá trị phụ thuộc vào xác suất đảm bảo được chọn; s là độ lệch chuẩn, có giá trị phụ thuộc vào mức độ kiểm soát chất lượng bê tông.

Các TC khác nhau đều tuân theo biểu diễn (1) và lý thuyết phân tích thống kê như Hình 1, nhưng (i) dùng các thuật ngữ và ký hiệu cho cường độ quy định và cường độ yêu cầu là khác nhau, như được chỉ ra trong Bảng 1, (ii) quy định xác xuất đảm bảo khác nhau dẫn tới giá trị của z khác nhau, (iii) tần suất lấy mẫu, số lượng viên mẫu trong tổ mẫu, cách gộp số liệu khác nhau dẫn tới hệ số hiệu chỉnh độ lệch chuẩn s khác nhau.

Bảng 1. Thuật ngữ và ký hiệu cường độ quy định và cường độ yêu cầu trong một số TC

TC thiết kế và TC thi công	**Cường độ quy định**			**Cường độ yêu cầu**	
	Tên gọi hoặc khái niệm tương đương trong TC	Ký hiệu	Mã hóa	Tên gọi trong TC	Ký hiệu
ACI 318-19	Cường độ chịu nén quy định của bê tông	$f_c^{'}$	—	—	—
ACI 301-20	Cường độ chịu nén quy định của bê tông	$f_c^{'}$	—	Cường độ chịu nén trung bình yêu cầu	$f_{cr}^{'}$
TCVN 5574:2018	Cấp cường độ chịu nén của bê tông	—	B	—	—
TCVN 10303:2014	Cường độ quy định	$R_{gđ}$	—	Cường độ yêu cầu	R_{yc}
BS EN 1992-1-1:2004	Cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông mẫu trụ/mẫu lập phương	$f_{ck}/f_{ck,cube}$	C	—	—
BS EN 206-1:2000	Cường độ chịu nén đặc trưng của bê tông mẫu trụ/mẫu lập phương	$f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$	C	Cường độ chịu nén trung bình của bê tông mẫu trụ	f_{cm}
(—) không có hoặc không sử dụng.					

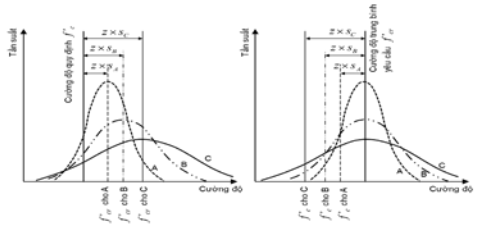
Nhận xét và lưu ý từ Bảng 1: (i) Khái niệm cường độ yêu cầu không có trong các TC thiết kế [3, 5, 6, 7, 12, 15], vì thiết kế chỉ sử dụng cường độ quy định. Cường độ yêu cầu là do thi công quyết định, được xác định từ cường độ quy định thiết kế và chất lượng thi công bê tông, phù hợp với các TC thi công tương ứng, như [2, 4, 8, 11, 16]. (ii) Tính thống nhất về tên thuật ngữ và ký hiệu giữa TC thiết kế và TC thi công trong ACI cao hơn tính thống nhất trong TCVN và BS EN. (iii) Riêng trong TC thiết kế của châu Âu, BS EN 1992-1-1:2004 và BS EN 1992-1-1:2023 có cho giá trị cường độ trung bình $f_{cm} = f_{ck} + 8$ MPa, nhưng giá trị trung bình này không phải là cường độ yêu cầu, mà chỉ để tính toán mô đun đàn hồi và hệ số từ biến của bê tông. Cường độ yêu cầu theo TC châu Âu phải lấy theo cường độ trung bình f_{cm} trong BS EN 206-1:2000, khác với cường độ trung bình f_{cm} trong BS EN 1992-1-1:2004 và BS EN 1992-1-1:2023.

Các TC khác nhau thường giả thiết các kết quả thí nghiệm tuân theo phân phối chuẩn, nhưng quy định xác suất đảm bảo khác nhau (dẫn tới hệ số tin cậy z khác nhau).

ACI 318 và ACI 301 quy định xác suất có 1 trong 100 kết quả thí nghiệm có khả năng nhỏ hơn cường độ quy định (là giá trị đặc trưng). Với xác suất này, hệ số độ tin cậy cho phân phối chuẩn là z = 2,33, xem Bảng 5.4 trong ACI 214R-11. Cũng với xác suất này nhưng tính trung bình cho ba kết quả liên tiếp, thì z = 1,34.

TCVN và TC châu Âu quy định xác suất có 5 trong 100 kết quả thí nghiệm có khả năng nhỏ hơn cường độ quy định. Với xác suất này, hệ số độ tin cậy cho phân phối chuẩn là z = 1,65.

s là độ lệch chuẩn biểu thị mức độ kiểm soát chất lượng bê tông. Hình 1a minh họa ba đường cong phân phối chuẩn của các kết quả thí nghiệm cường độ nén cho ba bê tông có chất lượng khác nhau, đường A biểu thị kiểm soát chất lượng tốt nhất, s_A tương đối nhỏ, đường C là kiểm soát chất lượng kém nhất, s_C tương đối lớn, s_B là độ lệch chuẩn đối với đường B. Cả ba phân phối đều có cùng xác suất cường độ nhỏ hơn giá trị quy định (1% với TC Mĩ và 5% với TCVN và TC châu Âu như đã nói ở trên), nghĩa là z giống nhau đối với cả ba phân phối. Vì z giống nhau, và $s_C > s_B > s_A$, nên để bê tông đạt cùng một cường độ quy định thì cường độ yêu cầu của bê tông C là lớn nhất, của bê tông A là bé nhất. Chất lượng bê tông càng đồng nhất thì cường độ yêu cầu càng nhỏ. Một cách nhìn khác ở Hình 1b, cho thấy ba bê tông có cùng cường độ trung bình, nhưng nếu chất lượng bê tông khác nhau sẽ cho cường độ quy định khác nhau, nghĩa là, có thể đạt cường độ yêu cầu nhưng chưa chắc đảm bảo cường độ quy định, vì thế thiết kế phải dựa vào cường độ đặc trưng, mà không dựa vào cường độ trung bình. Người đọc có thể liên hệ, từ TCVN 5574:2012 trở về trước, thiết kế vẫn dựa vào mác bê tông theo cường độ chịu nén trung bình tối thiểu yêu cầu, đến TCVN 5574:2018, không còn khái niệm mác bê tông theo cường độ chịu nén nữa, phù hợp với TC Mỹ, Úc, châu Âu là thiết kế dựa vào cường độ quy định $f_c^{'}$ (hay cấp cường độ chịu nén B, C).



(a) Ba bê tông (A, B, C) có cùng cường độ quy định, nhưng cường độ yêu cầu khác nhau. *(b) Ba bê tông (A, B, C) có cùng cường độ yêu cầu, nhưng cường độ quy định khác nhau.*

Hình 2. Đường cong phân phối chuẩn cho ba bê tông có chất lượng khác nhau. Các ký hiệu trong Hình được lấy theo hệ thống TC ACI

3. XÁC ĐỊNH CƯỜNG ĐỘ YÊU CẦU THEO HỆ THỐNG TC ACI

3.1. Tần suất lấy mẫu

Cường độ chịu nén của một viên mẫu không cấu thành một kết quả thí nghiệm. Một kết quả thí nghiệm (cũng được gọi là một thí nghiệm) là giá trị trung bình cường độ chịu nén của các viên trong một tổ mẫu. ACI 318-19 quy định, một tổ mẫu gồm hai viên hình trụ D×h = 150×300 mm hoặc ba viên D×h = 100×200 mm, được lấy từ cùng xe hoặc cùng mẻ bê tông, được bảo dưỡng chuẩn. Một tổ mẫu là một mẫu.

Mục 26.12.2.1 trong ACI 318-19, Mục 1.7.3.3(d) trong ACI 301-20, và Mục 6.2 trong ACI 214R-11 quy định tần suất lấy mẫu như sau:

(1) Cho mỗi hỗn hợp bê tông đổ trong một ngày, việc lấy mẫu phải thỏa mãn: (i) ít nhất mỗi ngày một lần, (ii) ít nhất một mẫu cho 110 m^3 bê tông thi công liên tục, (iii) ít nhất một mẫu cho 460 m^2 diện tích bề mặt sàn hoặc vách.

(2) Cho một dự án cụ thể, nếu tổng khối lượng bê tông chỉ phù hợp để lấy ít hơn năm mẫu cho một cấp cường độ, các mẫu phục vụ thí nghiệm cường độ được lấy ngẫu nhiên từ các xe hoặc các mẻ trộn, hoặc từ mỗi mẻ nếu có ít hơn năm mẻ.

(3) Nếu tổng khối lượng hỗn hợp bê tông ít hơn 38 m^3, việc thí nghiệm cường độ là không yêu cầu nếu có đủ minh chứng hợp lệ về sự đảm bảo cường độ của bê tông.

Ngoài ra, theo Mục 6.2 trong ACI 214R-11, tần suất lấy mẫu nói chung là cho 10 đến 20 xe, thí nghiệm thường xuyên hơn có thể làm chậm tiến độ thi công. Với cấu kiện nhạy cảm với cường độ chịu nén, có thể 80 m^3 lấy một mẫu. Trong các trường hợp rất quan trọng, 40 m^3 lấy một mẫu.

Nhận xét: Tham khảo Bảng 13 trong EN 206-1:2000, Mục 7.1.2.1 trong TCVN 10303:2014 và Mục 7.1.7d trong TCVN 4453:1995, cho thấy tần suất lấy mẫu của TCVN (một mẫu (ba viên)/20 m^3) nhiều gấp khoảng tám lần tần suất lấy mẫu của TC châu Âu (một mẫu (ba viên)/150 m^3), gấp khoảng sáu lần tần suất lấy mẫu của TC Mĩ (một mẫu (hai viên)/110 m^3). Việc lấy mẫu quá nhiều sẽ ảnh hưởng đến tiến độ thi công.

3.2. Tính toán độ lệch chuẩn

Theo Mục 4.2.3.2 (a) trong ACI 301-20, để tính toán độ lệch chuẩn hoặc hệ số biến động phục vụ việc thiết lập cường độ trung bình yêu cầu, các kết quả thí nghiệm được thu thập trong vòng 24 tháng trước và kéo dài không dưới 45 ngày theo lịch đối với một loại bê tông trong khoảng 7 MPa so với bê tông được chỉ định cho dự án. Dữ liệu được sử dụng để tính toán độ lệch chuẩn của lô phải đại diện cho bê tông có thành phần, cách chế tạo, cường độ quy định tương tự như bê tông cho công trình.

Hồ sơ dữ liệu thí nghiệm phải tuân theo một trong hai điều kiện sau:

(a) Dữ liệu bao gồm ít nhất 15 kết quả cường độ chịu nén liên tiếp từ một nhóm đơn có cùng tỉ lệ thành phần cấp phối.

(b) Dữ liệu bao gồm ít nhất 30 kết quả cường độ chịu nén liên tiếp từ hai nhóm, mỗi nhóm không ít hơn 10 kết quả.

Theo Mục 4.2.3.2 (a), ACI 301-20, độ lệch chuẩn của mẫu được xác định như sau:

(a) Cho một nhóm đơn các kết quả thí nghiệm cường độ liên tiếp

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{(n-1)}} \qquad (2)$$

trong đó s là độ lệch chuẩn mẫu, n là số kết quả thí nghiệm được xét, $\overline{X}$ là trung bình của n kết quả thí nghiệm, X_i là một kết quả thí nghiệm.

(b) Cho hai nhóm các kết quả thí nghiệm cường độ liên tiếp, độ lệch chuẩn gộp là:

$$s = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{(n_1+n_2-2)}} \qquad (3)$$

trong đó s là độ lệch chuẩn gộp hai nhóm mẫu, s_1 và s_2 lần lượt là là độ lệch chuẩn nhóm 1 và nhóm 2 theo công thức (2), n_1 và n_2 lần lượt là số kết quả thí nghiệm trong nhóm 1 và nhóm 2.

3.3. Tính toán cường độ yêu cầu

Cường độ trung bình tối thiểu yêu cầu được tính theo Bảng 2 và Bảng 4.

Để đảm bảo độ tin cậy, cần phải sử dụng một nhóm ít nhất 30 kết quả thí nghiệm để tính toán độ lệch chuẩn của lô.

Khi có từ 15 đến 30 kết quả thí nghiệm, độ lệch chuẩn của lô tính theo công thức (2) được nhân với hệ số hiệu chỉnh k cho trong Bảng 3.

Bảng 2. Cường độ trung bình tối thiểu yêu cầu khi có đủ dữ liệu thống kê(*)

Cường độ quy định f_c' (MPa)	Cường độ yêu cầu f_{cr}' (MPa)
khi $f_c' \le 35$	$f_{cr}' = \max\begin{cases} f_c' + 1{,}34ks & \text{(a)} \\ f_c' + 2{,}33ks - 3{,}5 & \text{(b)} \end{cases}$ (4)
khi $f_c' > 35$	$f_{cr}' = \max\begin{cases} f_c' + 1{,}34ks & \text{(a)} \\ 0{,}90f_c' + 2{,}33ks & \text{(b)} \end{cases}$ (5)
(*) Bảng 4.2.3.3(a)1 trong ACI 301-20 Công thức (4a) và (5a) tính với cường độ trung bình của 3 tổ mẫu liên tiếp Công thức (4b) và (5b) tính với cường độ đơn (một tổ mẫu)	

Bảng 3. Hệ số hiệu chỉnh k cho độ lệch chuẩn(*)

Số kết quả thí nghiệm	Hệ số hiệu chỉnh k cho độ lệch chuẩn của lô
Ít hơn 15	Xem Bảng 4
15	1,16
20	1,08
25	1,03
≥ 30	1,00
(*) Bảng 4.2.3.3(a)2 trong ACI 301-20; Bảng 5.1 trong ACI 214R-11	

Bảng 4. Cường độ trung bình tối thiểu yêu cầu khi không đủ dữ liệu thống kê(*)

khi $f_c' < 21$ MPa	$f_{cr}' = f_c' + 7$ MPa	(6)
khi $21 \text{ MPa} \le f_c' \le 35$ MPa	$f_{cr}' = f_c' + 8{,}3$ MPa	(7)
khi $f_c' > 35$ MPa	$f_{cr}' = 1{,}10f_c' + 5$ MPa	(8)
(*) Bảng 4.2.3.3(b) trong ACI 301-20, Bảng 5.2 trong ACI 214R-11		

4. TIÊU CHÍ CHẤP THUẬN

Theo Mục 26.12.3.1(a) trong ACI 318-19 và Mục 1.7.6 trong ACI 301-20, cường độ của bê tông được chấp thuận nếu thỏa mãn hai điều kiện sau:

(1) Giá trị trung bình cường độ chịu nén của ba kết quả liên tiếp không nhỏ hơn f_c'

$$\frac{f_{ci}' + f_{cj}' + f_{ck}'}{3} \ge f_c' \qquad (9)$$

trong đó $f_{ci}'; f_{cj}'; f_{ck}'$ lần lượt là cường độ chịu nén của tổ mẫu i, j, k , với i, j, k là ba số nguyên liên tiếp.

(2) Không có kết quả nào nhỏ hơn $f_c' - 3{,}5$ MPa cho bê tông có $f_c' \le 35$ MPa, hoặc nhỏ hơn $0{,}9f_c'$ cho bê tông có $f_c' > 35$ MPa

$$\begin{aligned} &\text{khi } f_c^{'} \le 35 \text{ MPa}: \quad f_{ci} \ge f_c^{'} - 3,5 \text{ MPa} \quad \text{(a)} \\ &\text{khi } f_c^{'} > 35 \text{ MPa}: \quad f_{ci} \ge 0,9 f_c^{'} \quad \text{(b)} \end{aligned} \tag{10}$$

Nếu một trong hai điều kiện trên không thỏa mãn, có thể áp dụng một hoặc nhiều biện pháp sau: (a) Tăng lượng xi măng; (b) Giảm hoặc kiểm soát lượng nước; (c) Sử dụng phụ gia giúp giảm nước và cải thiện độ phân tán của xi măng; (d) Thay đổi thành phần cấp phối; (e) Giảm thời gian vận chuyển bê tông; (f) Kiểm soát chặt chẽ lượng bọt khí; (g) Cải thiện chất lượng thí nghiệm.

Theo Mục 26.12.3.1(c) trong ACI 318-19: nếu điều kiện (10) không thỏa mãn, cần đánh giá cường độ hiện trường theo Mục 26.12.6 trong ACI 318-19. Các thí nghiệm hiện trường có thể là siêu âm, dùng súng bật nẩy, thí nghiệm kéo tuột, hoặc thí nghiệm lõi khoan nếu có yêu cầu.

5. CÁC VÍ DỤ

Các ví dụ trong mục 5 tuân theo hệ thống TC ACI. Người đọc có thể tham khảo các ví dụ này tại Chương 2 trong [9].

Ví dụ 5.1: Xác định độ lệch chuẩn từ kết quả thí nghiệm của hai nhóm mẫu lấy từ hai đợt đổ khác nhau, biết: Nhóm 1 có 18 kết quả thí nghiệm liên tiếp là 32,61, 29,51, 27,16, 30,13, 35,71, 33,58, 33,99, 33,44, 33,3, 34,3, 26,5, 30,1, 30,4, 33,7, 30,7, 27,4, 33,0 và 27,9 MPa. Nhóm 2 có 13 kết quả thí nghiệm liên tiếp là 33,61, 28,51, 29,16, 30,63, 35,41, 34,58, 32,99, 34,44, 28,3, 34,83, 26,75, 31,1, và 26,25 MPa.

Giải

Độ lệch chuẩn được tính gộp từ hai nhóm mẫu của hai đợt đổ khác nhau, mỗi nhóm không dưới 10 tổ mẫu.

Áp dụng công thức (2) để tính độ lệch chuẩn cho mỗi nhóm. Nếu sử dụng các phần mềm máy tính, phải lưu ý chọn công thức trong phần mềm giống với công thức (2).

Nhóm 1 có $n = 18$, $X_1 = 32,61$, …, $X_{18} = 27,9$, giá trị trung bình của 18 kết quả là $\overline{X} = 31,3$ MPa, vậy

$$s_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{18}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{(18-1)}} = 2,81 \text{ MPa}$$

Nhóm 2 có $n = 13$, $X_1 = 33,61$, …, $X_{13} = 26,25$, giá trị trung bình của 13 kết quả là $\overline{X} = 31,27$ MPa, vậy

$$s_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{13}\left(X_i - \overline{X}\right)^2}{(13-1)}} = 3,24 \text{ MPa}$$

Áp dụng công thức (3) để tính độ lệch chuẩn

$$s = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{(n_1+n_2-2)}} = \sqrt{\frac{(18-1)2,81^2 + (13-1)3,24^2}{(18+13-2)}} = 2,99 \text{ MPa}$$

Ví dụ 5.2: Thiết kế tòa nhà có cường độ bê tông quy định $f_c^{'} = 28$ MPa. Tính cường độ trung bình yêu cầu $f_{cr}^{'}$ nếu: (a) có 30 kết quả thí nghiệm liên tiếp đối với bê tông có cường độ và vật liệu tương tự với độ lệch chuẩn của lô là $s = 3,7$ MPa, (b) có 15 kết quả thí nghiệm liên tiếp đối với bê tông có cường độ và vật liệu tương tự với độ lệch chuẩn của lô là $s = 3,5$ MPa, và (c) có ít hơn hơn 15 kết quả thí nghiệm.

Giải

(a) Có 30 kết quả thí nghiệm. Vì cường độ quy định $f_c^{'} < 35$ MPa, thay $s = 3,7$ MPa và $k = 1,0$ từ Bảng 3 vào công thức (4), có:

$$f_{cr}^{'} = \max\begin{cases} f_c^{'} + 1,34ks = 28 + 1,34 \times 1.0 \times 3,7 = 32,96 \text{ MPa} \\ f_c^{'} + 2,33ks - 3,5 = 28 + 2,33 \times 1,0 \times 3,7 - 3,5 = 33,12 \text{ MPa} \end{cases} =$$

$$= 33,12 \text{ MPa} \approx 33 \text{ MPa}$$

(b) Có 15 kết quả thí nghiệm. Với $f_c^{'} < 35$ MPa, thay s = 3,5 MPa và k = 1,16 vào công thức (4), có:

$$f_{cr}^{'} = \max\begin{cases} f_c^{'} + 1,34ks = 28 + 1,34 \times 1.16 \times 3,5 = 33,5 \text{ MPa} \\ f_c^{'} + 2,33ks - 3,5 = 28 + 2,33 \times 1,16 \times 3,5 - 3,5 = 33,96 \text{ MPa} \end{cases} =$$

$$= 33,96 \text{ MPa} \approx 34 \text{ MPa}$$

(c) Có ít hơn 15 kết quả thí nghiệm. Vì $21 \text{ MPa} \le f_c^{'} \le 35$ MPa, nên:

$f_{cr}^{'} = f_c^{'} + 8,3 = 28 + 8,3 = 36,3 \approx 36,5$ MPa.

Ví dụ này cho thấy, khi có các dữ liệu thí nghiệm, chất lượng bê tông được kiểm soát tốt, biểu thị bởi trị số độ lệch chuẩn là nhỏ, càng có nhiều kết quả thí nghiệm thì cường độ yêu cầu càng giảm. Nếu có thêm nhiều kết quả thí nghiệm nữa, thì cường độ yêu cầu có thể giảm nữa.

Ví dụ 5.3: Tám kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén đầu tiên của công trình được mô tả trong ví dụ 5.2c là 32,61, 29,51, 27,16, 30,13, 35,71, 33,58, 33,99, và 33,44 MPa.

(a) Các kết quả thí nghiệm có đạt yêu cầu không, và (b) nên thay đổi tỷ lệ hỗn hợp bê tông theo cách nào, nếu cần?

Giải

(a) Để được coi là đạt yêu cầu, các kết quả thí nghiệm phải thỏa mãn hai điều kiện sau:

(1) Giá trị trung bình của ba kết quả thí nghiệm liên tiếp phải lớn hơn hoặc bằng $f_c^{'}$. Áp dụng công thức (9) ta có:

(32,61+29,51+27,16)/3 = 29,76; (29,51+27,16+30,13)/3 = 28,93; (27,16+30,13+34,71)/3 = 30,67; (30,13+35,71+33,58)/3 = 33,14; (35,71+33,58+33,99)/3 = 34,42; (33,58+33,99+33,44)/3 = 33,67, và

(2) Không có kết quả thí nghiệm nào nhỏ hơn $f_c^{'} - 3,5 = 28 - 3,5 = 24,5$ MPa (công thức (10a)), ta có tất cả tám kết quả đều lớn hơn 24,5 MPa.

$\therefore$ Các kết quả thí nghiệm đạt yêu cầu.

(b) Để xác định có nên thay đổi tỉ lệ hỗn hợp bê tông hay không, lưu ý lời giải trong ví dụ 5.2c yêu cầu cường độ trung bình $f_{cr}^{'} \ge 36,5$ MPa. Giá trị trung bình của tám kết quả thí nghiệm đầu tiên là 32 MPa, nhỏ hơn $f_{cr}^{'}$. Vậy, nên thay đổi tỷ lệ hỗn hợp bê tông theo cách giảm tỉ lệ N/X để tăng cường độ bê tông. Khi có ít nhất 15 kết quả thí nghiệm, tính lại $f_{cr}^{'}$ theo công thức (4) với hệ số k từ Bảng 3.

Ví dụ 5.4: Mười kết quả thí nghiệm cường độ chịu nén đầu tiên cho một hỗn hợp bê tông của dự án mới có cường độ quy định $f_c^{'} = 28$ MPa là 33,3, 34,3, 26,5, 30,1, 30,4, 33,7, 30,7, 27,4, 33,0 và 27,9 MPa. Nếu $f_{cr}^{'}$ được chọn dựa trên 30 kết quả thí nghiệm liên tiếp từ một dự án khác trước đó với độ lệch chuẩn mẫu s là 3,93 MPa, thì có cần điều chỉnh tỷ lệ thành phần của hỗn hợp không? Giải thích.

Ở ví dụ này, kết quả thí nghiệm của dự án khác được sử dụng để tính cường độ yêu cầu cho dự án hiện tại.

Giải

Cường độ yêu cầu cho bê tông có cường độ quy định $f_c^{'} = 28$ MPa dựa trên kết quả thí nghiệm 30 tổ mẫu của một dự án trước, tính theo công thức 4, với $k = 1,0$ và $s = 3,93$ là:

$$f_{cr}^{'} = \max\begin{cases} f_c^{'} + 1,34ks = 28 + 1,34 \times 1,0 \times 3,93 = 33,3 \text{ MPa} \\ f_c^{'} + 2,33ks - 3,5 = 28 + 2,33 \times 1,0 \times 3,93 - 3,5 = 33,7 \text{ MPa} \end{cases} =$$

$$= 33,7 \text{ MPa}$$

Cường độ trung bình của mười tổ mẫu là $30,9$ MPa nhỏ hơn $33,7$ MPa, vậy cần phải điều chỉnh tỉ lệ thành phần của hỗn hợp bê tông.

Ví dụ 5.5: Cường độ bê tông quy định cho cột trong nhà cao tầng là $f_c^{'} = 83$ MPa. Tính cường độ trung bình yêu cầu $f_{cr}^{'}$ cho bê tông nếu: (a) không có trước kết quả thí nghiệm cho bê tông có cường độ chịu nén trong khoảng 7 MPa của $f_c^{'}$ được làm bằng các vật liệu tương tự, (b) có 15 kết quả thí nghiệm cường độ nén đối với bê tông có $f_c^{'} = 76$ MPa được làm bằng các vật liệu tương tự, với độ lệch chuẩn của lô là $s = 6,41$ MPa, và (c) có 30 kết quả thí nghiệm cường độ nén đối với bê tông có $f_c^{'} = 83$ MPa được làm bằng các vật liệu tương tự, với độ lệch chuẩn của lô là $s = 6,55$ MPa.

Giải

(a) Khi không có sẵn kết quả thí nghiệm cho bê tông có cường độ trong phạm vi 7 MPa của 83 Mpa (các bê tông có cường độ từ 76 đến 90 MPa), cường độ trung bình yêu cầu được tính theo công thức (8)

$$f_{cr}^{'} = 1,10 \times 83 + 5 \text{ MPa} = 96,3 \text{ MPa} \approx 96,5 \text{ MPa}$$

(b) Khi có 15 kết quả thí nghiệm đối với bê tông có $f_c^{'} = 76$ MPa, các kết quả này cũng áp dụng được cho bê tông có $f_c^{'} = 83$ MPa vì $f_c^{'} = 76$ MPa vẫn nằm trong phạm vi 7 MPa của 83 MPa. Cường độ trung bình yêu cầu được tính theo công thức (5) với hệ số hiệu chỉnh khi có 15 mẫu là *k* = 1,16.

$$f_{cr}^{'} = \max\begin{cases} f_c^{'} + 1,34ks = 83 + 1,34 \times 1,16 \times 6,41 = 92,96 \text{ MPa} \\ 0,90f_c^{'} + 2,33ks = 0,9 \times 83 + 2,33 \times 1,16 \times 6,41 = 92,02 \text{ MPa} \end{cases} =$$

$$= 92,96 \text{ MPa} \approx 93 \text{ MPa}$$

(c) Khi có 30 kết quả thí nghiệm cường độ nén đối với bê tông có $f_c^{'} = 83$ MPa được làm bằng các vật liệu tương tự, với độ lệch chuẩn của lô là *s* = 6,55 MPa. Cường độ trung bình yêu cầu được tính theo công thức (5):

$$f_{cr}^{'} = \max\begin{cases} f_c^{'} + 1,34ks = 83 + 1,34 \times 1,00 \times 6,55 = 91,8 \text{ MPa} \\ 0,90f_c^{'} + 2,33ks = 0,9 \times 83 + 2,33 \times 1,0 \times 6,55 = 89,96 \text{ MPa} \end{cases} =$$

$$= 91,8 \text{ MPa} \approx 92 \text{ MPa}$$

6. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày cách xác định cường độ yêu cầu theo hệ thống TC ACI của Mĩ. Các quy định và hướng dẫn trong ACI 301-20 là rõ ràng và dễ áp dụng.

Cần thiết phải sử dụng đồng thời ACI 301-20 và ACI 318-19 để đảm bảo chất lượng bê tông từ giai đoạn thiết kế đến thi công thực tế. ACI 318-19 đặt ra yêu cầu thiết kế, trong khi ACI 301-20 hướng dẫn thi công để đảm bảo đáp ứng các yêu cầu đó. Hai TC này liên kết chặt chẽ với nhau, các ký hiệu và thuật ngữ trong hai TC này có tính thống nhất cao.

Cường độ yêu cầu được xác định từ cường độ quy định và độ lệch chuẩn. Với một cường độ quy định cụ thể, chất lượng bê tông được kiểm soát càng tốt, cường độ yêu cầu càng nhỏ.

Cường độ yêu cầu trong trường hợp không có dữ liệu thí nghiệm thường lớn hơn cường độ yêu cầu trong trường hợp có đủ kết quả thí nghiệm để tính độ lệch chuẩn.

Khi có các dữ liệu thí nghiệm, chất lượng bê tông được kiểm soát tốt, biểu thị bởi trị số độ lệch chuẩn là nhỏ, càng có nhiều kết quả thí nghiệm thì cường độ yêu cầu càng giảm.

Trong một dự án, cho một cường độ quy định cụ thể, cường độ yêu cầu của giai đoạn sau có thể giảm so với cường độ yêu cầu của giai đoạn trước, do có thêm kết quả thí nghiệm, từ đó có thể tính toán lại cấp phối để tiết kiệm.

Có thể sử dụng các kết quả thí nghiệm nén của dự án khác trước đó để tính độ lệch chuẩn, nếu bê tông có cùng cường độ quy định, cùng các thành phần vật liệu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] ACI 214R-11. *Evaluation of Strength Test Results of Concrete*. American Concrete Institute, 2011.

[2] ACI 301-20. *Specifications for Concrete Construction*. American Concrete Institute, 2020.

[3] ACI 318-19. *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary*. American Concrete Institute, 2019.

[4] AS 1379-2007. *Specification and supply of concrete*. Australian standard, 2007.

[5] AS 3600-2018. *Concrete structures* (reissued May 2021). Australian standard, 2021.

[6] BS EN 1992-1-1:2004. *Eurocode 2 - Design of concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings*. The British Standard Institution (BSI) 2004.

[7] BS EN 1992-1-1:2023. *Eurocode 2 - Design of concrete structures, Part 1-1: General rules and rules for buildings, bridges and civil engineering structures*. The British Standard Institution, 2023.

[8] BS EN 206-1:2000. *Concrete - Part 1: Specification, performance, production and conformity*. The British Standard Institution, 2001.

[9] D. Darwin, C. W. Dolan. *Design of Concrete Structures*, 16th ed. The McGraw-Hill Education, New York. 2021.

[10] ГОСТ 18105-2010. *Бетоны - Правила контроля и оценки прочности*. Москва, Стандартинформ, 2012.

[11] ГОСТ 18105-2018. *Бетоны - Правила контроля и оценки прочности*. Москва, Стандартинформ, 2018.

[12] SP 63.13330.2012. *Concrete and reinforced concrete structures, revised edition*. Ministry of regional development of the Russian Federation, Moscow, 2012.

[13] TCVN 4453:1995. *Kết câu bê tông và bê tông cốt thép toàn khối - Tiêu chuẩn thi công và nghiệm thu*. Tiêu chuẩn Việt Nam, 1995.

[14] TCVN 5574:2012. *Kết câu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*. Tiêu chuẩn quốc gia, 2012.

[15] TCVN 5574:2018. *Kết câu bê tông và bê tông cốt thép - Tiêu chuẩn thiết kế*. Tiêu chuẩn quốc gia, 2018.

[16] TCVN 10303:2014. *Bê tông - Kiểm tra và đánh giá cường độ chịu nén*. Tiêu chuẩn quốc gia, 2014.

■Ngày nhận bài: 20/02/2025 ■Ngày sửa bài: 25/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 14/4/2025

Đô thị Việt Nam 2050 hướng đến Chiến lược phát triển "Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững"

Vietnamese Urban Areas 2050: Towards an "Effective - Inclusive - Sustainable" Development Strategy

> PGS.TS.KTS TRẦN TRỌNG HANH
Nguyên Hiệu trưởng Trường ĐH Kiến trúc Hà Nội

TÓM TẮT

Bài viết phân tích quá trình phát triển đô thị của Việt Nam sau hơn 35 năm Đổi mới, nêu bật những thành tựu quan trọng như tăng trưởng dân số đô thị và đóng góp kinh tế, đồng thời chỉ ra các hạn chế như nhận thức chưa đầy đủ, nguy cơ tụt hậu và phát triển mất cân đối. Tác giả đề xuất các giải pháp chiến lược nhằm hướng tới mục tiêu phát triển đô thị "Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững" đến năm 2050, bao gồm việc xác định lộ trình thoát khỏi tụt hậu; xây dựng và triển khai thực hiện một chiến lược phát triển mới.

Từ khoá: Đô thị, Đô thị hoá, Phát triển bền vững, Chiến lược phát triển đô thị

ABSTRACT

The article analyzes Vietnam's urban development process after more than 35 years of Đổi mới (Renovation), highlighting important achievements such as urban population growth and economic contributions, while also pointing out limitations like insufficient awareness, the risk of falling behind, and imbalanced development. The author proposes strategic solutions aimed at the goal of "Effective - Inclusive - Sustainable" urban development by 2050, including defining a roadmap to escape the lagging status, and building and implementing a new development strategy.

Keywords: Urban, Urbanization, Sustainable development, Urban development strategy

Sau hơn 35 năm đổi mới, thực hiện các chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm: (i) Chiến lược ổn định và phát triển kinh tế - xã hội đến năm 2020; (ii) Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm 2001 - 2010; (iii) Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 2011 - 2020, các đô thị Việt Nam đã được phát triển theo 2 chiến lược: Chiến lược phát triển đô thị Việt Nam thời kỳ 1996 - 2020, đã được chuyển thành "Định hướng quy hoạch tổng thể phát triển đô thị Việt Nam đến năm 2020" được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 10/1998/QĐ-TTg và "Điều chỉnh Định hướng quy hoạch tổng thể Việt Nam đến năm 2025 và tầm nhìn đến năm 2050" đã được Thủ tướng Chính phủ phê duyệt tại Quyết định số 445/QĐ-TTg ngày 07/4/2009.

Kết quả thực hiện các định hướng chiến lược trên là không thể phủ nhận. Năm 1995, dân số đô thị cả nước khoảng 15 triệu người, chiếm 20% dân số cả nước, được phân bố tại 569 đô thị trong đó có 3 thành phố trực thuộc Trung ương, 83 thành phố, thị xã thuộc tỉnh và 486 thị trấn, thì đến năm 2025 dân số đô thị cả nước đã tăng lên 40,8 triệu người, chiếm 40,2% dân số cả nước, được phân bố tại 918 đô thị, trên diện tích đất xây dựng đô thị là 4.243 km^2, chiếm 1,38% tổng diện tích đất tự nhiên cả nước. Kinh tế đô thị trong thời kỳ đầu chỉ chiếm 30%, sau tăng lên 50% trong thời kỳ quá độ và hiện nay đã chiếm gần 70% GDP cả nước. Chất lượng đô thị không ngừng được nâng cao và môi trường đô thị được cải thiện.

1. NHẬN DIỆN MỘT SỐ HẠN CHẾ

Bên cạnh những thành tựu, đô thị hóa và phát triển đô thị Việt Nam vẫn còn nhiều tồn tại, hạn chế. Từ nhiều góc nhìn khác nhau, có thể nhận diện một số hạn chế có tính chất chiến lược như sau:

1. Nhận thức về vị trí, vai trò của đô thị hóa, phát triển đô thị, kinh tế đô thị còn thiếu sâu sắc, toàn diện; đôi khi còn chủ quan, duy ý chí.

2. Khoảng cách về tỷ lệ đô thị hóa và trình độ phát triển đô thị của nước ta so với các nước trong khu vực và thế giới còn lớn. Nguy cơ "tụt hậu" là có thực.

3. Mạng lưới đô thị được hình thành vẫn là hệ quả của quá trình sáp nhập các đơn vị hành chính, di dân tự phát từ nông thôn ra đô thị và đặc điểm phân bố sản xuất, thu hút vốn đầu tư FDI, tạo nên một cấu trúc không gian hai cấp, trong đó hai vùng đô thị siêu lớn, tập trung cao là Thủ đô Hà Nội và TP.HCM chiếm khoảng 50% quy mô dân số đô thị và quy mô kinh tế đô thị của cả nước. Từ đó dẫn đến sự phát triển mất cân đối nghiêm trọng giữa 3 vùng Bắc Bộ, Nam Bộ, Trung Bộ và giữa các vùng miền khác. Kết nối đô thị với đô thị, đô thị với nông thôn còn lỏng lẻo.

4. Công tác quy hoạch đô thị theo hướng bền vững chậm đổi mới. Các mô hình đô thị kiểu dàn trải về không gian, thiếu bản sắc vẫn tiếp tục duy trì. Việc đầu tư xây dựng đô thị chủ yếu còn chạy theo lợi nhuận. Đô thị phát triển không phù hợp với phong thổ, kém thân thiện với thiên nhiên và thiếu bản sắc rõ ràng đã bùng phát một cách đáng quan ngại. Chênh lệch mức sống giữa các nhóm xã hội giàu, nghèo còn lớn. Tỷ lệ kinh tế phi chính thức còn chiếm gần 50% kinh tế đô thị. Tác động của thiên tai, biến đổi khí hậu, đặc biệt là dịch bệnh như Covid-19 đến nay cho thấy khả năng chống chịu của các đô thị, đặc biệt là các đô thị cực lớn là vô cùng hạn chế.

Bảng 1. Dự báo dân số đô thị và đô thị hóa thế giới và các khu vực.

TT	Nền kinh tế hoặc khu vực	Tăng trưởng (%) 2010 - 2020	Năm 2020		Năm 2030		Năm 2050	
			Dân số đô thị (triệu)	Đô thị hóa (%)	Dân số đô thị (triệu)	Đô thị hóa (%)	Dân số đô thị (triệu)	Đô thị hóa (%)
1	Thế giới	3,62	4.700	56	3.193	60	6.179	68,0
2	Châu Á	3,20	2.392	51	2.849	55	3.762	61,0
3	Đông Nam Á	4,57	338	50	419	55	582	65,0
4	Việt Nam	3,10	36.000	36,8	52,00	50	80	67,0

5. Thể chế quản lý đô thị nói là theo "mô hình kinh tế thị trường định hướng XHCN", nhưng thực chất vẫn chưa thoát được mô hình kinh tế kế hoạch hóa tập trung của thời kỳ quan liêu bao cấp trong việc xây dựng pháp luật, chính sách, bộ máy, phân bố các nguồn lực nhất là đất đai, tài chính công, dịch chuyển dân số, lao động và phát triển kết cấu hạ tầng…

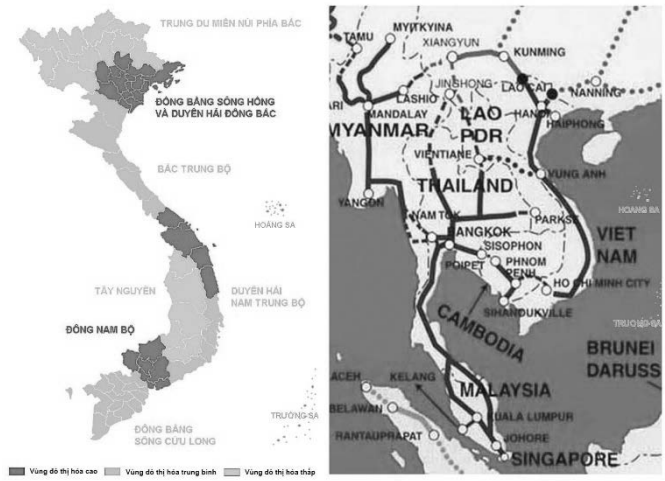
Nguyên nhân của sự tồn tại yếu kém trên không thể bỏ qua các yếu tố khách quan do xuất phát điểm về trình độ phát triển kinh tế - xã hội nước ta còn rất thấp, lại bị tác động bởi chiến tranh; Nhưng chủ quan vẫn là nguyên nhân chủ yếu trong việc xây dựng chiến lược và thực hiện chiến lược, dẫn đến một kết cục tăng trưởng và phát triển đô thị nước ta vẫn trong tình trạng "tụt hậu" so với các nước trên thế giới và khu vực.

Vậy đâu là giải pháp cho việc xây dựng chiến lược và thực hiện chiến lược phát triển đô thị nước ta thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 để có thể đạt được mục tiêu: ***"Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững"***?

Là người chủ trì soạn thảo Chiến lược phát triển đô thị Việt Nam thời kỳ 1996 - 2020, sau đó đã tham gia với Bộ Xây dựng nghiên cứu Chiến lược phát triển đô thị đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (2019), đồng thời tham gia Tổ nghiên cứu Nghị quyết của Bộ Chính trị về "Quy hoạch xây dựng quản lý và phát triển đô thị bền vững đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045" (2020 - 2021) do Ban Kinh tế Trung ương chủ trì, tác giả xác định để đạt được các mục tiêu cơ bản về phát triển đô thị của thời kỳ mới, cần thiết phải có 3 nhóm giải pháp lớn: (1) Phải xác định được mục tiêu và lộ trình "thoát tụt hậu" của đô thị hóa nước ta; (2) Phải có chủ trương và xây dựng được một chiến lược phát triển đô thị nước ta thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 hướng tới ***"Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững"***, làm cơ sở lập Quy hoạch phát triển hệ thống đô thị, nông thôn quốc gia, các quy hoạch đô thị - nông thôn và xây dựng các chính sách, cơ chế phát triển đô thị; (3) Phải có các biện pháp quyết liệt thực hiện chiến lược phát triển đô thị Việt Nam gắn với chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm của cả nước 2021-2030.

Về giải pháp thoát ***"tụt hậu"***, trước hết cần dự báo tăng trưởng dân số, đô thị hóa thế giới và châu Á (Bảng 1).

Kết quả dự báo sơ bộ dân số đô thị và đô thị hóa cho thấy phải đến năm 2050, tỷ lệ đô thị hóa nước ta mới có thể tiệm cận được tỷ lệ đô thị hóa trung bình của thế giới và các nước trong khu vực. Để đạt được đô thị hóa thực chất, Việt Nam cần thay đổi chiến lược phát triển đô thị từ tập trung "lưỡng cực" như hiện nay sang chiến lược phát triển đô thị "phi tập trung đa cực" trên cơ sở tăng cường đô thị hóa khu vực vùng Bắc Trung Bộ, Duyên hải Nam Trung Bộ và khu vực vùng ĐBSCL bằng biện pháp đẩy mạnh động lực phát triển kinh tế và xây dựng hệ thống đô thị đáng sống. Đối với khu vực vùng Trung du - miền núi phía Bắc, cần ưu tiên tập trung đô thị hóa 3 hành lang: Lạng Sơn - Bắc Giang, Lào Cai - Việt Trì và Điện Biên Phủ - Sơn La - Lai Châu - Hòa Bình; đồng thời phát triển vành đai đô thị Trung du Bắc Giang - Thái Nguyên - Việt Trì - Hòa Bình, là các đô thị trung tâm của các khu vực thuộc vùng Trung du và miền núi phía Bắc. Đối với khu vực vùng Tây Nguyên, ưu tiên phát triển hành lang trục QL14 gắn với QL27 và QL20 Lâm Đồng, "là khu vực cao nguyên xếp tầng". Tuy nhiên, do quỹ đất hạn chế, tỷ lệ đô thị hóa khu vực vùng Trung du - miền Núi phía Bắc và khu vực vùng Tây Nguyên, chỉ nên duy trì đô thị hóa ở mức thấp để bảo vệ 42 - 43% quỹ đất rừng toàn quốc. (Hình 1)



Hình 1. Các vùng, khu vực đô thị hóa và các mối quan hệ liên vùng.

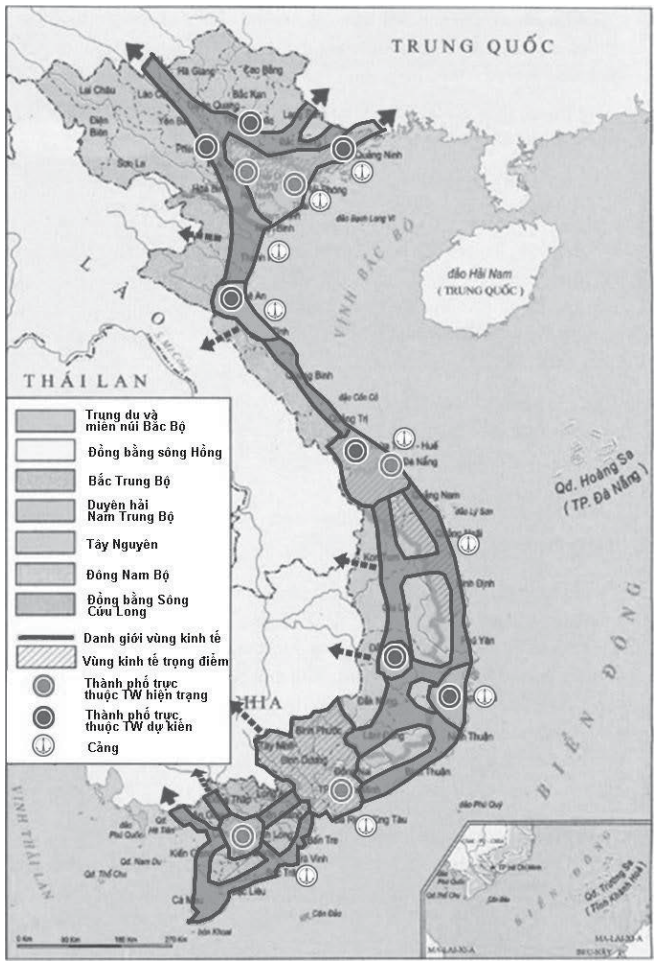
2. CÁC NHÓM GIẢI PHÁP CHỦ YẾU

Việc xây dựng một chiến lược phát triển đô thị *"Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững"* được dựa trên các nhóm giải pháp chủ yếu sau:

1. Điều chỉnh lại hệ thống các vùng quy hoạch hiện nay phù hợp với Kết luận số 127-KL/TW của Bộ Chính trị và Nghị quyết số 60-NQ/TW ngày 12/4/2025 của Hội nghị lần thứ 11 BCH Trung ương Đảng khóa XIII.

2. Xây dựng mạng lưới đô thị quốc gia thống nhất theo 3 nguyên tắc "Tích tụ", "Cân bằng" và "Liên kết", trên cơ sở phát triển 3 vùng đô thị cấp quốc gia là Thủ đô Hà Nội, TP.HCM, TP Đà Nẵng, TP Huế và một số thành phố lớn khác giữ vai trò dẫn dắt, lan tỏa, thúc đẩy hình thành các cụm và vùng đô thị tích hợp tại các vùng kinh tế - lãnh thổ, gắn với các hành lang phát triển kinh tế, các khu kinh tế làm cơ sở kết nối đô thị - nông thôn, hạn chế việc di dân tự phát, tạo điều kiện phát triển mạng lưới các đô thị vừa và nhỏ, đồng thời mở rộng các quan hệ liên vùng, kết nối với các nước trong khu vực và quốc tế. (Hình 2).

3. Đổi mới công tác quy hoạch đô thị theo hướng tích hợp và bền vững dựa trên mô hình đô thị tinh gọn, tiết kiệm năng lượng, thông minh, đáng sống, thân thiện với thiên nhiên, có bản sắc rõ ràng và có khả năng chống chịu cao. (Hình 3)



Hình 2. Khung không gian hệ thống đô thị quốc gia.



1. Xanh; 2. Công cộng; 3. Bản địa; 4. Đông đúc; 5. Nhộn nhịp, sầm uất; 6. Dễ đi lại; 7. Được chỉ dẫn; 8. Văn hóa; 9. Cổ kính và hiện đại; 10. An toàn.

Hình 3. Các tiêu chí của thành phố đáng sống và cộng đồng bền vững. (nguồn: HUGO MACDONAL (2019), HOW TO LIVE IN THE CITY).

4. Phát triển nhà ở, đặc biệt là nhà ở xã hội, kết cấu hạ tầng đô thị đồng bộ, hiện đại; bảo vệ và phát huy giá trị các di sản lịch sử - văn hóa, di sản thiên nhiên và các đô thị di sản.

5. Đổi mới mô hình tăng trưởng, tập trung phát triển kinh tế đô thị, thúc đẩy tăng trưởng xanh, giữ vai trò là động lực phát triển kinh tế - xã hội.

6. Tăng cường khả năng tiếp cận nhà ở, dịch vụ đô thị cho các nhóm người yếu thế, dễ bị tổn thương; gắn với nâng cao chất lượng sống đô thị; coi trọng việc bảo vệ môi trường, sử dụng hiệu quả đất đai, tài nguyên thiên nhiên và ứng phó với biến đổi khí hậu.

3. TRIỂN KHAI THỰC HIỆN

Các nhóm giải pháp gắn với việc triển khai thực hiện Chiến lược phát triển đô thị gồm:

1. Đổi mới tư duy, thống nhất nhận thức; tăng cường vai trò lãnh đạo của Đảng; hiệu lực, hiệu quả quản lý Nhà nước; phát huy sự tham gia của Mặt trận Tổ quốc, các tổ chức chính trị - xã hội, doanh nghiệp, cộng đồng và dân cư.

2. Tiếp tục đổi mới, hoàn thiện thể chế về phân loại, phân cấp quản lý đô thị và các chính sách phát triển đô thị, sửa đổi Luật Quy hoạch và Luật Quy hoạch đô thị và nông thôn, các chương trình mục tiêu phát triển đô thị bền vững và chương trình mục tiêu xây dựng nông thôn mới.

3. Xây dựng và hoàn thiện mô hình chính quyền đô thị; nâng cao năng lực, hiệu quả quản lý đô thị theo Nghị quyết số 60-NQ/TW ngày 12/4/2025 của Hội nghị lần thứ 11 BCH Trung ương Đảng khóa XIII.

4. Cải cách tài chính đô thị; có chính sách huy động các nguồn lực vào mục đích cải tạo và phát triển đô thị.

5. Mở rộng các hoạt động nghiên cứu khoa học, hợp tác và chủ động tích cực hội nhập quốc tế, đảm bảo an ninh quốc phòng và trật tự, an toàn xã hội.

4. KẾT LUẬN

Đô thị Việt Nam thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050 sẽ hướng tới một Chiến lược phát triển ***"Hiệu quả - Bao trùm - Bền vững"*** nhằm tiếp nối hai Chiến lược phát triển đô thị sau 40 năm đổi mới, cụ thể hóa mục tiêu Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội: ***"Đến năm 2030 nước ta là nước đang phát triển có công nghiệp hiện đại và thu nhập trung bình cao"*** và ***"Đến năm 2045 nước ta trở thành nước phát triển thu nhập cao"***. Có thể nói đây là một chiến lược đầy khát vọng. Tuy nhiên, nếu không vượt được qua thách thức này thì đô thị hóa và phát triển đô thị Việt Nam mãi mãi vẫn bị "tụt hậu".

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

[1]. Bộ Chính trị (2022), Nghị quyết số 06-NQ/TW ngày 24/01/2022 về quy hoạch, xây dựng, quản lý và phát triển đô thị bền vững đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045;

[2]. Đại hội đại biểu Đảng toàn quốc XIII (2020), Chiến lược phát triển kinh tế - xã hội 10 năm 2021 - 2030;

[3]. Bộ Chính trị (2025), Nghị quyết số 60-NQ/TW ngày 12/4/2025 của Hội nghị lần thứ 11 BCH Trung ương Đảng khóa XIII;

[4]. Trần Trọng Hanh (2017), Quy hoạch đô thị ở châu Á, NXB Xây dựng, Hà Nội.

■Ngày nhận bài: 11/02/2025 ■Ngày sửa bài: 17/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/4/2025

Giải pháp nội thất tối ưu nào cho không gian căn hộ diện tích nhỏ?

What Are the Optimal Interior Solutions for Micro-Apartments?

> THS.KTS NGUYỄN HOÀNG HIỆP*, TS LÊ ANH VŨ
BM Kiến trúc dân dụng, Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường ĐH Xây dựng Hà Nội
*Tác giả liên hệ: Email: hiepnh@huce.edu.vn

TÓM TẮT

Nội thất thông minh là những sản phẩm đa chức năng (hay nói cách khác là nội thất đa năng) giúp tiết kiệm diện tích. Căn hộ siêu nhỏ (micro-apartment, microflat) là căn hộ 1 phòng, có không gian sống khép kín, được kết hợp bởi: phòng khách, phòng ngủ và nhà bếp trong 1 diện tích nhỏ từ 14-32 m^2 (150-350 sq ft). Đối với các căn hộ siêu nhỏ thì ưu tiên hàng đầu là tối ưu diện tích sử dụng. Chính vì vậy nội thất thông mình là một lựa chọn đúng hướng. Bài viết đề ra những giải pháp cơ bản để ứng dụng được sản phẩm nội thất thông minh trong thiết kế và thi công nội thất cho những căn hộ siêu nhỏ, đáp ứng tối đa những nhu cầu về sử dụng đồng thời đảm bảo về thẩm mĩ cho không gian.

Từ khoá: Nội thất thông minh; đồ nội thất linh hoạt; thiết kế nội thất.

ABSTRACT

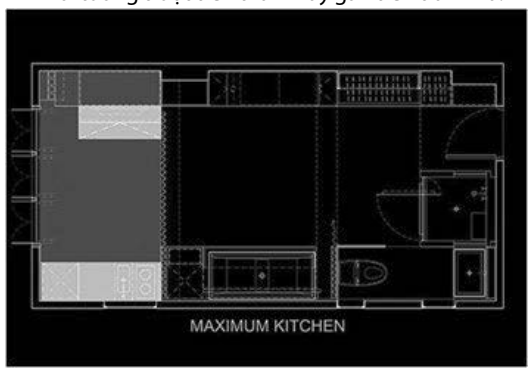
Smart furniture refers to multifunctional products-also known as multifunctional furniture-that contribute to space-saving solutions. A micro-apartment (or microflat) is a one-room apartment with a self-contained living space that integrates the living room, bedroom, and kitchen within a compact area ranging from 14 to 32 square meters (150-350 square feet). In such apartments, the top priority is to optimize the use of space. Therefore, smart furniture represents a strategic and appropriate choice. This paper proposes fundamental solutions for incorporating smart furniture into the design and construction of microapartment interiors, aiming to meet functional requirements while also ensuring aesthetic quality within limited spatial conditions.

Keywords: Smart furniture; multifunctional; microapartment.

1. TỔNG QUAN

1.1. Căn hộ siêu nhỏ

Các căn hộ siêu nhỏ đã xuất hiện từ rất lâu tại trung tâm các đô thị ở châu Âu, Nhật Bản, Hong Kong và Bắc Mỹ. Một trong những loại căn hộ này biết đến sớm nhất qua bài báo đăng trên tờ The New York Times viết 14/01/2009, có tựa đề *"24 rooms tucked into one"* bởi Gardiner, đề cập đến dạng căn hộ bố trí công năng nhiều phòng khác nhau trong 1 diện tích cố định. Hình 1 miêu tả mặt bằng căn hộ thông minh của Gary Chang - kiến trúc sư người Hong Kong, căn hộ được thiết kế với diện tích là 32m^2 với tường trượt trên thanh ray gắn trên trần nhà.



Hình 1. Mặt bằng căn hộ được đề cập đến trong bài báo (Gardiner, 2009)

1.2. Nội thất thông minh

1.2.1. Nội thất thông minh là gì?

Nội thất thông minh là một trong những xu hướng mới nhất trong lĩnh vực nội thất gia đình. Nó có nhiều ưu điểm nổi trội tuyệt vời bao gồm như sản phẩm đa chức năng (nội thất đa năng), sản phẩm tiết kiệm diện tích (nội thất xếp gọn), sản phẩm giúp biến đổi không gian. Những sản phẩm này giúp chúng ta tối ưu diện tích căn hộ, đặc biệt là những căn nhà nhỏ giúp từng không gian được tối đa công năng sử dụng, nhưng chung quy lại vẫn là tiết kiệm không gian hơn nội thất truyền thống.

1.2.2. Đặc điểm của nội thất thông minh

- *Tính tiết kiệm không gian*

Mục đích rất lớn của đồ nội thất thông minh là tối ưu không gian. Ví dụ như giường gấp gọn, bộ bàn trà kết hợp bàn ăn bàn làm việc v.v … Với những đồ nội thất này, khi sử dụng bạn chỉ cần kéo ra, khi không cần dùng nữa thì gấp lại.

- *Tính đa chức năng*

Một đồ nội thất có thể sử dụng cho nhiều mục đích khác nhau. Ví dụ như về chiếc giường ngủ, chúng ta có thể gập lại cũng có thể được sử dụng như 1 chiếc bàn học (Hình 2).

- *Tính công nghệ*

Thời đại ai cũng dùng smartphone thì các tính năng công nghệ áp dụng vào cuộc sống giúp mọi thứ trở nên tiện dụng và nhanh chóng. Ví dụ như sử dụng smartphone để thay đổi các chế độ ghế massage hay hệ thống thiết bị điện thông minh tự làm sáng phòng, bật tivi, radio nghe nhạc khi có thân nhiệt của con người…

Bảng 1. Tiêu chuẩn chiếu sáng trong nhà ở (Bộ Khoa học và Công nghệ, 2008)

STT	Chức năng sử dụng	Yêu cầu				
		Độ rọi (LUX)	Độ đồng đều	Chỉ số hoàn màu	Mật độ công suất (W/m2)	Giới hạn hệ số chói loá
1	Phòng khách	>= 300	0.7	>= 80	<= 13	19
2	Phòng ngủ	>= 100		>= 80	<= 8	
3	Phòng bếp, phòng ăn	>= 500		>= 80	<= 13	22
4	Hành lang, cầu thang, ban công	>= 100	0.5		<= 7	



Hình 2. Giường thông minh kết hợp bàn làm việc (Icon interior, 2015)

• *Tính kinh tế, cạnh tranh*

Các dòng sản phẩm nội thất thông minh đang ngày càng phổ biến nên có rất nhiều đơn vị cung cấp vì vậy người dùng có nhiều sự lựa chọn về sản phẩm cũng như mức giá.

2. THỰC TRẠNG HIỆN NAY ĐỐI VỚI CĂN HỘ SIÊU NHỎ

2.1. Ưu điểm

• *Chi phí mua/thuê thấp, phù hợp với người độc thân*

Do cấu trúc diện tích căn hộ tương đối nhỏ nên giá thuê tốt, phù hợp với khả năng tài chính của nhóm khách hàng thu nhập trung bình khá, phù hợp với những người độc thân, sinh viên, người lao động có thu nhập trung bình, thấp.

• *Nhiều tiện ích, đáp ứng đủ nhu cầu cá nhân người ở*

Tại Việt Nam hiện nay, đa phần những dự án căn hộ siêu nhỏ đều được tập trung phát triển trong khu vực nội thành các thành phố lớn như Hà Nội, TP.HCM… Khu vực này đáp ứng đủ các nhu cầu như khám chữa bệnh, trường học, shopping, khu ăn uống vui chơi…

• *Tiện lợi khi sử dụng*

Vì không có vách ngăn giữa các phòng nên căn hộ mini studio có ưu điểm lớn là tạo sự tiện lợi khi sử dụng.

Ngoài ra, không gian "tất cả trong một" giúp căn hộ tiết kiệm được rất nhiều chi phí điện chiếu sáng và thời gian cho việc dọn dẹp.

2.2. Nhược điểm

• *Về đối tượng sử dụng*

Vì diện tích tương đối chật hẹp, nên khi lựa chọn dùng căn hộ, chủ nhà cần có cách bố trí và sắp xếp đồ đạc một cách cân đối, không thể sắm quá nhiều đồ đạc.

• *Về thời gian bày trí đối với không gian*

Cũng vì đặc tính chật hẹp nên mỗi lần dọn dẹp căn hộ và muốn thay đổi cách bày trí đồ đạc, bạn sẽ mất rất nhiều thời gian để đảm bảo vẫn giữ đầy đủ đồ đạc cần thiết nhưng vẫn tạo ra được sự thoải mái trong căn phòng.

• *Sự riêng tư*

Do căn hộ không có vách ngăn, mọi sinh hoạt đều thực hiện chung trong một căn phòng nên nếu bạn có ý định ở ghép, hãy xác định thật kỹ vì bạn sẽ không có không gian riêng tư trong loại hình căn hộ này.

3. CƠ SỞ VÀ MỘT SỐ TIÊU CHUẨN ĐỂ ỨNG DỤNG NỘI THẤT THÔNG MINH VÀO THIẾT KẾ KHÔNG GIAN CHO CĂN HỘ NHỎ

• *Cơ sở pháp lý về xây dựng*

Căn hộ siêu nhỏ vẫn thuộc loại hình nhà tự cải tạo nên phải chấp hành những cơ sở pháp lý chung của hình dáng ngôi nhà ban đầu.

• *Cơ sở pháp lý về phòng cháy, chữa cháy*

Căn hộ siêu nhỏ thuộc công trình dịch vụ công cộng theo quy định tại Phụ lục A.2.8 QCVN 03:2012/BXD của Bộ Xây dựng nên thuộc diện quản lý về phòng cháy chữa cháy theo Điều 5 quy định tại Nghị định 79/2014/NĐ-CP của Chính phủ .

• *Cơ sở pháp lý về về an ninh, trật tự*

Điều 3 Nghị định 96/2016/NĐ-CP của Chính phủ quy định, kinh doanh dịch vụ lưu trú, trong đó căn hộ siêu nhỏ là ngành, nghề đầu tư kinh doanh có điều kiện về an ninh, trật tự trên lãnh thổ Việt Nam.

• *Tiêu chuẩn thiết kế sảnh và hành lang cho căn hộ*

Các không gian giao thông, không gian sảnh, hành lang, tiền phòng, cầu thang, thang máy được bố trí hợp lý, đảm bảo chiếu sáng và thông gió, đảm bảo thoát hiểm khi có sự cố.

• *Tiêu chuẩn chiếu sáng trong thiết kế căn hộ*

Chi tiết về tiêu chuẩn chiếu sáng một số không gian chính trong nhà ở được trích từ TCVN 7114-1:2008 và được liệt kê ở Bảng 1 dưới đây.

• *Tiêu chuẩn lắp đặt thiết bị điện trong thiết kế căn hộ*

Công trình được thiết kế bảo đảm cung cấp điện thường xuyên, đủ công suất và sử dụng an toàn các trang, thiết bị điện. Khi thiết kế lắp đặt thiết bị điện và đường dây dẫn điện trong công trình, phải tuân thủ theo quy định trong TCVN 7447.

• *Tiêu chuẩn thiết kế hệ thống điện nhẹ trong căn hộ*

Thiết kế, lắp đặt hệ thống thông tin liên lạc, phát thanh truyền hình phải đảm bảo an toàn, thuận tiện cho việc khai thác sử dụng và đấu nối với các dịch vụ của các nhà cung cấp, có khả năng thay thế, sửa chữa, và phải đảm bảo khoảng cách tối thiểu tới các đường ống kỹ thuật khác.

• *Tiêu chuẩn thiết kế nhà vệ sinh trong thiết kế căn hộ*

Trong phòng vệ sinh không trực tiếp thông gió tự nhiên đối lưu với phòng kế bên. Có thể bố trí thiết bị thông gió nhân tạo. Phòng vệ sinh cần có sự thông thoáng, đủ sáng, không để ẩm ướt khu vệ sinh, nếu để ẩm ướt sẽ rất dễ tạo môi trường tốt cho vi khuẩn phát triển, điều này rất không tốt cho sức khỏe.

• *Tiêu chuẩn chiều cao thông thuỷ trong thiết kế căn hộ*

Thông tư 21/2019/TT-BXD của Bộ Xây dựng về việc Ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về Nhà chung cư quy định về chiều cao thông thủy căn hộ chung cư như sau:

- Đối với phòng ở: không nhỏ hơn 2,6m
- Đối với phòng bếp và phòng vệ sinh: không nhỏ hơn 2,3m
- Đối với gian lánh nạn: không nhỏ hơn 2,6m

• *Yêu cầu về tiếng ồn*

Theo quy định tại Mục 2.1 Thông tư 39/2010/TT-BTNMT của Bộ TN&MT về Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về môi trường thì giới hạn tối đa cho phép về tiếng ồn tại khu vực thông thường (khu chung cư, các nhà ở riêng lẻ nằm cách biệt hoặc liền kề, khách sạn, nhà nghỉ, cơ quan hành chính) là: 70dBA (từ 6h đến 21h) và 55dBA (21h đến 6h).

4. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP CỤ THỂ NỘI THẤT THÔNG MINH TRONG THIẾT KẾ KHÔNG GIAN CHO CĂN HỘ SIÊU NHỎ TẠI HÀ NỘI

4.1. Không gian phòng khách

Nội thất thông minh không chỉ được thể hiện bằng những đồ vật, thiết bị nội thất mà còn là cách sắp xếp chúng một cách khoa học, khéo léo. (Hình 4).



Hình 3. Bàn trà kết hợp bàn làm việc, bàn ăn (Phe Decor, 2022)

4.2. Không gian phòng ngủ

Thiết kế nội thất thông minh cho căn chung cư nhỏ thì không thể bỏ qua giường gắn tường. Sản phẩm đa dạng phù hợp với kích thước nhiều không gian phòng ngủ (Hình 5).



Hình 4. Giường kèm bàn học thông minh giúp giải phóng không gian (Vifuta, 2022)

4.3. Không gian phòng bếp

Giải pháp tối ưu diện tích cho phòng bếp căn hộ nhỏ là sử dụng bàn ăn thông minh gấp gọn. Sau khi sử dụng xong có thể gấp gọn và xếp nó vào tường để có thêm không gian đi lại cũng như sinh hoạt (Hình 6).

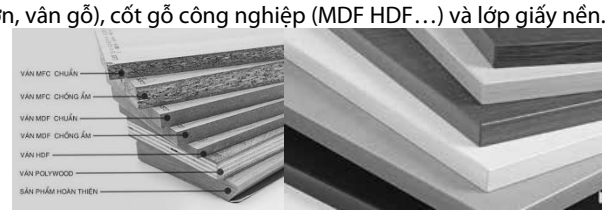


Hình 5. Bàn ăn gấp gọn khi không sử dụng (Vifuta, 2022)

4.4. Vật liệu sử dụng

Gỗ công nghiệp laminate được cho là có độ phổ biến và được nhiều ngôi nhà sử dụng vì đa dạng chủng loại, chống thấm, chống ẩm…

Ván gỗ bao gồm 4 lớp chính: lớp màng bảo vệ, lớp nền (màu trơn, vân gỗ), cốt gỗ công nghiệp (MDF HDF…) và lớp giấy nền.



Hình 6. Các loại ván gỗ công nghiệp hiện nay (Vietnam Construction, 2018)

5. KẾT LUẬN

Ứng dụng nội thất thông minh vào thiết kế không gian cho căn hộ nhỏ là sử dụng những sản phẩm nội thất đa chức năng (hay nói cách khác là nội thất đa năng) giúp tiết kiệm diện tích không gian. Đồ nội thất thông minh ở Việt Nam hiện nay đã khá phát triển tuy nhiên nhiều người chưa biết đến và giá thành còn khá cao. Áp dụng mô hình này vào thị trường nhà cho thuê sẽ phần nào giải quyết được vấn đề thiếu hụt chỗ ở trong các đô thị lớn mà vẫn đảm bảo được chất lượng, độ tiện nghi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Bộ Khoa học và Công nghệ (2008). Ecgonomi - Chiếu sáng nơi làm việc - Phần 1: Trong nhà.

[2]. Gardiner, V. (2009). "24 Rooms tucked into one." Retrieved April, 2025, from https://www.nytimes.com/2009/01/15/garden/15hongkong.html.

[3]. Hashish, A. (2015). "Lifestyle lowdown: The Ideal Home Show and sofa.com's fifth collaboration with Charlotte Beevor." Retrieved April, 2025, from https://www.standard.co.uk/lifestyle/style/lifestyle-lowdown-the-ideal-home-show-and-sofa-coms-fifth-collaboration-with-charlotte-beevor-10123850.html.

[4]. Icon interior. (2015). "Thiết kế nội thất đa năng: Nội thất gập tiết kiệm diện tích." Retrieved April, 2025, from https://noithaticon.vn/thiet-ke-noi-da-nang-noi-gap-tiet-kiem-dien-tich/.

[5]. Ngọc Lâm. (2023). "Căn hộ mini là gì? Vì sao ngày càng nhiều người chọn mua căn hộ mini?" Retrieved April, 2025, from https://toancanhbatdongsan.com.vn/can-ho-mi-ni-la-gi-a493.

[6]. Phe Decor. (2022). "Mẫu bàn trà đa chức năng." Retrieved April, 2025, from https://phedecor.com/ban-tra-ket-hop-ban-lam-viec--bt79.html.

[7]. Vietnam Construction. (2018). "Phân biệt ưu, nhược điểm của gỗ tự nhiên và gỗ công nghiệp." Retrieved April, 2025, from https://vietnamconstruction.vn/vi/phan-biet-uu-nhuoc-diem-cua-go-tu-nhien-va-go-cong-nghiep/.

[8]. Vifuta. (2022). "Các mẫu giường gấp gắn dọc tường đẹp hiện đại." Retrieved April, 2025, from https://vifuta.vn/cac-mau-giuong-gap-gan-doc-tuong-dep-hien-dai/.

■Ngày nhận bài: 12/02/2025 ■Ngày sửa bài: 17/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 11/4/2025

Nghiên cứu dự báo chi phí biện pháp thi công xây dựng theo lý thuyết độ tin cậy

Research on predicted construction costs based on the theory of reliabil

> TS PHẠM HOÀNG
BM Xây dựng Nhà & Công trình công nghiệp, Học viện Kỹ thuật quân sự

TÓM TẮT

Hiện nay, việc tính toán về chi phí xây dựng công trình dựa vào các Quyết định, Thông tư [4] và các văn bản điều chỉnh của các đơn vị chuyên ngành, đây là những căn cứ đã được tính toán trên cơ sở tiền định hóa các sự kiện, đại lượng ngẫu nhiên. Trên thực tế chi phí xây dựng công trình là yếu tố ngẫu nhiên do: biến động về giá vật liệu, nhân lực, máy thi công, thời gian thi công... Bài báo bước đầu giới thiệu phương pháp dự báo chi phí biện pháp thi công xây dựng theo lý thuyết độ tin cậy.

Từ khoá: Lý thuyết độ tin cậy; chi phí thi công; mô phỏng Monter-Carlo.

ABSTRACT

At present, calculating construction costs are based on Decisions, Circulars, Documentaries and adjusted documents of specialised units which are the calculated basics depending on predestination of random factors. In reality, construction costs are random factors: fluctuations of material costs, human resources, construction machines, construction time... The article initially presents the methods to predict construction costs based on the theory of reliability.

Keywords: Theory of reliability; construction costs; monter-carlo simulation.

1. MỘT SỐ PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH CHI PHÍ THI CÔNG XÂY DỰNG CÔNG TRÌNH HIỆN NAY

1.1 Phương pháp tính theo khối lượng và giá xây dựng công trình

1.1.1 Xác định theo khối lượng và đơn giá xây dựng công trình

Khối lượng các công tác xây dựng được xác định từ bản vẽ thiết kế kỹ thuật hoặc thiết kế bản vẽ thi công, từ yêu cầu, nhiệm vụ cần thực hiện của công trình, hạng mục công trình phù hợp với danh mục và nội dung công tác xây dựng trong đơn giá xây dựng công trình.

Đơn giá xây dựng công trình có thể là đơn giá không đầy đủ (bao gồm chi phí vật liệu, chi phí nhân công, chi phí máy thi công) hoặc đơn giá đầy đủ (bao gồm chi phí vật liệu, chi phí nhân công, chi phí máy thi công, chi phí trực tiếp khác, chi phí chung và thu nhập chịu thuế tính trước).

1.1.2 Xác định theo khối lượng và giá xây dựng tổng hợp

Khối lượng công tác xây dựng dùng để xác định chi phí xây dựng theo giá xây dựng công trình được xác định từ bản vẽ thiết kế kỹ thuật hoặc thiết kế bản vẽ thi công, nhiệm vụ công việc phải thực hiện của công trình, hạng mục công trình và được tổng hợp từ một nhóm các công tác xây dựng để tạo thành một đơn vị kết cấu hoặc bộ phận của công trình.

Giá xây dựng tổng hợp được lập tương ứng với danh mục và nội dung của khối lượng nhóm loại công tác xây dựng, đơn vị kết cấu, bộ phận của công trình.

Giá xây dựng tổng hợp có thể là giá không đầy đủ (bao gồm chi phí vật liệu, chi phí nhân công, chi phí máy thi công) hoặc giá đầy đủ (bao gồm chi phí vật liệu, chi phí nhân công, chi phí máy thi công, chi phí trực tiếp khác, chi phí chung và thu nhập chịu thuế tính trước) được lập trên cơ sở đơn giá xây dựng công trình và tổng hợp.

1.2 Phương pháp tính theo khối lượng hao phí vật liệu, nhân công, máy thi công và bảng giá tương ứng

Chi phí vật liệu, nhân công, máy thi công trong chi phí xây dựng có thể được xác định trên cơ sở tổng khối lượng hao phí vật liệu, nhân công, máy thi công và bảng giá vật liệu, giá nhân công, giá máy thi công tương ứng.

1.2.1 Xác định tổng khối lượng hao phí vật liệu, nhân công, máy thi công

Tổng khối lượng hao phí các loại vật liệu, nhân công, máy thi công được xác định trên cơ sở hao phí vật liệu, nhân công, máy thi công cho từng khối lượng công tác xây dựng của công trình, hạng mục công trình như sau:

- Xác định từng khối lượng công tác xây dựng của công trình, hạng mục công trình.

- Xác định khối lượng các loại vật liệu, nhân công, máy thi công tương ứng với từng khối lượng công tác xây dựng theo thiết kế kỹ thuật hoặc thiết kế bản vẽ thi công của công trình, hạng mục công trình thông qua mức hao phí về vật liệu, nhân công và máy thi công để hoàn thành một đơn vị khối lượng công tác xây dựng trên cơ sở các quy chuẩn, tiêu chuẩn xây dựng, quy phạm kỹ thuật.

- Tính tổng khối lượng hao phí từng loại vật liệu, nhân công, máy thi công cho công trình, hạng mục công trình bằng cách tổng hợp hao phí tất cả các loại vật liệu, nhân công, máy thi công giống nhau của các công tác xây dựng khác nhau.

1.2.2 Xác định bảng giá vật liệu, giá nhân công, giá máy thi công

Giá vật liệu, giá nhân công, giá máy thi công được xác định phù hợp với công trình xây dựng và gắn với địa điểm xây dựng công trình.

Xác định chi phí vật liệu, chi phí nhân công, chi phí máy thi công trong chi phí trực tiếp trên cơ sở tổng khối lượng hao phí

từng loại vật liệu, nhân công, máy thi công và giá vật liệu, giá nhân công, giá máy thi công tương ứng. Chi phí xây dựng tính theo tổng khối lượng hao phí vật liệu, nhân công, máy thi công.

1.3 Phương pháp xác định chi phí xây dựng theo suất chi phí xây dựng trong suất vốn đầu tư

Phương pháp này thường áp dụng đối với các công trình phụ trợ, công trình tạm phục vụ thi công hoặc các công trình thông dụng, đơn giản, chi phí xây dựng có thể xác định theo diện tích hoặc công suất sản xuất, năng lực phục vụ và suất chi phí xây dựng trong suất vốn đầu tư xây dựng công trình.

1.4 Phương pháp xác định chi phí xây dựng trên cơ sở công trình có các chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tương tự đã và đang thực hiện

Chi phí xây dựng của các công trình nêu trên có thể xác định dựa trên cơ sở dự toán chi phí xây dựng của các công trình có chỉ tiêu kinh tế - kỹ thuật tương tự đã và đang thực hiện và quy đổi các chi phí về địa điểm xây dựng công trình, thời điểm lập dự toán.

Trong bốn phương pháp trên, cách xác định chi phí xây dựng dựa trên cơ sở tiền định hóa các sự kiện, đại lượng ngẫu nhiên, chưa xét đến yếu tố ngẫu nhiên ảnh hưởng đến chi phí. Vì vậy chưa phản ánh một cách khách quan chi phí xây dựng. Trong bài báo này, tác giả trình bày cách dự báo chi phí biện pháp thi công xây dựng theo lý thuyết độ tin cậy khi xem xét thời gian là yếu tố ngẫu nhiên.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY

Đối tượng nghiên cứu của độ tin cậy là sản phẩm. Sản phẩm là thành quả lao động của con người thuộc mọi lĩnh vực như điều khiển, động lực, công trình… Sản phẩm được đặc trưng bởi các thông số chất lượng, tập hợp các thông số chất lượng tạo thành không gian chất lượng quy định cho từng loại tùy theo tính hữu ích và giá trị của chúng. Tuy nhiên không gian chất lượng của mọi sản phẩm đều có một tham số chất lượng chung là độ tin cậy.

Mặt khác mỗi sản phẩm lại được thiết kế chế tạo gồm nhiều bộ phận khác nhau. Mỗi bộ phận lại bao gồm nhiều bộ phận nhỏ khác. Quá trình phân chia có thể đến từng loại chi tiết hay vật liệu chế tạo nên sản phẩm. Vấn đề đặt ra là có thể tính toán độ tin cậy sản phẩm khi biết độ tin cậy các bộ phận của sản phẩm. Để giải quyết vấn đề trên, trong lý thuyết độ tin cậy sử dụng khái niệm hệ thống - phần tử.

Theo khái niệm này quan niệm sản phẩm là hệ thống tin cậy. Hệ thống được phân tích thành các hệ thống con và cuối cùng là các phần tử. Điểm khác nhau giữa phần tử và hệ thống là ở chỗ độ tin cậy của các phần tử có thể xác định bằng thực nghiệm do có giá thành hạ, còn độ tin cậy của hệ thống được xác định bằng cách tính toán thông qua độ tin cậy phần tử. Như vậy hệ thống tin cậy của sản phẩm là công cụ toán học để tính toán độ tin cậy của hệ thống khi biết độ tin cậy phần tử.

Khi đặt vấn đề tính toán độ tin cậy của sản phẩm thường tiến hành theo hai bước cơ bản:

- Tìm cách tính toán độ tin cậy phần tử.
- Xây dựng hệ thống tin cậy của sản phẩm và tìm cách tính toán độ tin cậy hệ thống theo độ tin cậy của phần tử.

Quá trình thi công là quá trình kéo dài, thi công trên công trường, chịu ảnh hưởng bởi rất nhiều yếu tố rủi ro như thời tiết, các sự cố trong thi công... Vì vậy chúng ta cần xem xét thời gian thi công công trình là một đại lượng ngẫu nhiên như một tất yếu khách quan.

Thời gian thi công công trình được hình thành từ thời gian thi công nhiều bộ phận khác nhau của công trình. Mỗi bộ phận lại bao gồm nhiều bộ phận nhỏ khác. Như vậy ta có thể tính toán độ tin cậy thời gian thi công công trình khi biết độ tin cậy thời gian thi công các bộ phận của công trình. Để xây dựng hệ thống tin cậy trên ta sử dụng phương pháp mô phỏng Monte - Carlo để mô phỏng lại toàn bộ quá trình thi công dựa vào quy trình công nghệ thi công.

3. PHƯƠNG PHÁP MÔ PHỎNG MONTE - CARLO

Mô phỏng số Monte - Carlo có cở sở toán học là phương pháp Monte - Carlo, một công cụ toán học mạnh để mô hình hóa các hệ thống phức tạp, trong đó có sự tham gia của các yếu tố ngẫu nhiên. Phương pháp này ra đời vào khoảng những năm 40 của thế kỷ hai mươi. Vào những năm tiếp theo, do tính mạnh mẽ của phương pháp, phương pháp Monte - Carlo lần lượt được áp dụng vào các lĩnh vực khác nhau của khoa học kỹ thuật. Tuy nhiên lời giải các bài toán phức tạp theo phương pháp này trên máy tính đòi hỏi nhiều về thời gian cũng như bộ nhớ của máy. Vì vậy chỉ tới những năm gần đây, khi công nghệ máy tính đã đạt tới hoàn thiện về mọi mặt, phương pháp Monte - Carlo mới thực sự được sử dụng rộng rãi.

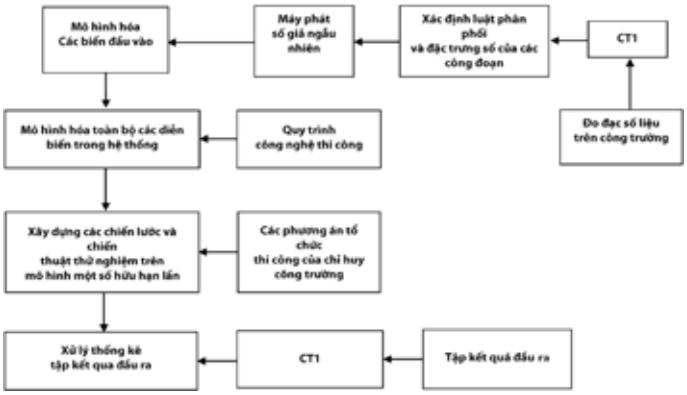
Khi cần giải các bài toán có đặc tính ngẫu nhiên, chẳng hạn bài toán xác định các đặc trưng xác suất của hàm đối số ngẫu nhiên, các bài toán theo mô hình của lý thuyết phục vụ đám đông... Các lời giải giải tích thường chỉ cho kết quả trong những trường hợp hết sức đơn giản về đặc trưng phân bố của các biến ngẫu nhiên đầu vào, đơn giản về dạng hàm và các hệ thống động học. Tuy nhiên thực tế đòi hỏi giải các bài toán trên trong các điều kiện phức tạp hơn, phản ánh khách quan hơn các diễn biến thực, thậm chí không thể mô tả tường minh các đại lượng ra cần tìm theo các đại lượng vào. Để giải các bài toán phức tạp thuộc lớp này, có thể nói cho tới nay duy nhất chỉ có phương pháp Monte - Carlo là thực sự hiệu quả và mô phỏng trên cơ sở phương pháp này đã trở thành một trong những công cụ mạnh nhất để giải các bài toán thuộc lĩnh vực phân tích hệ thống và ứng dụng.

Nội dung cơ bản của phương pháp mô phỏng Monte - Carlo được tóm lược qua bốn bước sau [5]:

- Bước 1: Mô hình hóa các biến ngẫu nhiên đầu vào, các biến ngẫu nhiên tham gia vào hệ thống. Thực chất của quá trình mô hình hóa là bằng cách nào đó có thể tạo ra các thể nghiệm của các biến ngẫu nhiên, quá trình ngẫu nhiên có đặc trưng xác suất mong muốn.
- Bước 2: Mô hình hóa toàn bộ các diễn biến trong hệ thống từ đầu đến cuối quá trình, sao cho ta có thể nhận được các thể nghiệm của các đại lượng ra cần tìm tương ứng với các thể nghiệm đầu vào và tham số hệ thống. Bằng bước này có thể coi là ta đã thiết lập được một mô hình thử nghiệm bắt chước hệ thống thực. Điểm cần nhấn mạnh ở đây là thay vì phải thiết lập các quan hệ toán học phức tạp giữa đầu vào và đầu ra của hệ thống, ta xây dựng lược đồ thí nghiệm của hệ thống.
- Bước 3: Xây dựng các chiến lược và chiến thuật thử nghiệm trên mô hình. Mỗi mô hình gắn liền với một hệ thống thực. Tuy nhiên trên mô hình lại có thể thực hiện nhiều thí nghiệm khác nhau gắn liền với nhiều mục đích nghiên cứu khác nhau. Lặp lại các chiến lược và chiến thuật thử nghiệm trên mô hình một số hữu hạn lần ta được tập các kết quả đầu ra.
- Bước 4: Xử lý thống kê tập kết quả đầu ra trên ta được các kết quả mong muốn.

4. DỰ BÁO CHI PHÍ THI CÔNG KHOAN TẠO LỖ CỌC KHOAN NHỒI THEO LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY

Để dự báo chi phí thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi tác giả sử dụng phương pháp mô phỏng Monte - Carlo để mô phỏng lại toàn bộ quá trình thi công dựa theo công nghệ thi công:



Hình 1. Sơ đồ phương pháp mô phỏng Monte-Carlo

Các số liệu về thời gian thi công các công đoạn được dày công đo đạc, thu thập trong suốt quá trình thi công và được ghi chép đầy đủ để làm cơ sở cho việc xác định luật phân phối của các công đoạn thi công và làm thông số đầu vào cho quá trình mô phỏng.

4.1 Thông số đầu vào

4.1.1 Thiết bị, nhân lực

Thiết bị được sử dụng trong quá trình khoan tạo lỗ: 01 máy khoan BAUER-BG-28, 01 máy đào gầu nghịch HITACHI dùng để cẩu đất lên xe chở ra khỏi công trường, 01 máy bơm hút sâu sử dụng để xử lý cặn lắng hạt mịn, 01 máy bơm hút dung dịch khoan về bể tái xử lý.

Nhân lực gồm: 01 lái máy khoan, 01 lái máy cẩu, 04 công nhân phục vụ khoan, 01 công nhân trực bentonitte, 01 kỹ sư trắc địa.

4.1.2 Phân chia quy trình thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi thành các công đoạn

Việc phân chia công đoạn và bố trí máy thi công cũng như lao động được trình bày trong bảng sau [2, 3]:

Bảng 1: Phân chia công đoạn và bố trí máy thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi

STT	Tên công đoạn	Máy thi công	Nhân công
1	Dọn dẹp mặt bằng hố khoan	Máy đào	01 lái máy
2	Định vị tim cọc		01 KS trắc địa, 02 CN
3	Gửi mốc		02 CN
4	Lắp gầu khoan D1700 mm	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
5	Chỉnh tim gầu khoan trùng với tim cọc	Máy khoan	01 lái máy, 02 CN
6	Khoan lần 1 (đến đáy Casing)	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
7	Tháo gầu khoan D1700 mm	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
8	Hạ ống Casing	Máy khoan	01 lái máy, 02 CN
9	Nghiệm thu Casing lần 1		01 KS trắc địa, 02 CN
10	Chèn đất quanh Casing	Máy đào	01 lái máy
11	Cẩu thép hình đỡ ống Casing (đặt cạnh hố khoan)	Máy khoan	01 lái máy, 02 CN
12	Chỉnh Casing lần 1	Máy khoan	01 lái máy, 02 CN
13	Nghiệm thu Casing lần 2		01 KS trắc địa, 02 CN
14	Chỉnh Casing lần 2 (nếu cần)	Máy khoan	01 lái máy, 02 CN
15	Nghiệm thu Casing lần 3 (nếu cần)		01 KS trắc địa, 02 CN
16	Chỉnh Casing lần 3 (nếu cần)	Máy khoan	01 lái máy, 02 CN
17	Nghiệm thu Casing lần 4 (nếu cần)		01 KS trắc địa, 02 CN
18	Lắp gầu khoan D1500 mm	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
19	Khoan lần 2 (đến lớp cuội sỏi)	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
20	Đo chiều sâu hố khoan		02 CN
21	Khoan lần 3 (khoan bổ sung 1,5D)	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
22	Đo chiều sâu hố khoan		02 CN
23	Chờ vét lắng hạt thô (30 phút)		
24	Lắp gầu vét chuyên dụng	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
25	Vét cặn lắng hạt thô	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
26	Tháo gầu	Máy khoan	01 lái máy, 01 CN
27	Đo chiều sâu hố khoan sau vét lắng		02 CN

4.1.3 Bảng số liệu đầu vào

Điều kiện địa chất tại vị trí thi công cọc khoan nhồi được cho trong bảng sau:

Bảng 2: Điều kiện địa chất

STT	Loại đất	Chiều dày (m)
1	Đất lấp	1,2
2	Lớp đất sét nâu vàng, xám vàng, nâu đỏ, ghi xanh trạng thái nửa cứng trên	6,8
3	Lớp đất sét xám vàng, nâu vàng, nâu hồng, loang xanh trạng thái nửa cứng dưới	4,6
4	Lớp đất sét nâu vàng, xám vàng trạng thái nửa cứng	3,4
5	Lớp đất sét pha nâu hồng, nâu vàng, xám xanh trạng thái dẻo mềm	6,0
6	Lớp đất thấu kính cát pha, xám xanh, xám ghi trạng thái dẻo	10,0
7	Lớp đất cát mịn, xám nâu, xám ghi xanh trạng thái chặt vừa	4,0
8	Lớp đất sỏi, cuội, sạn, xám trắng, xám ghi, xám xanh, trạng thái rất chặt	3,5
9	Lớp đất sỏi, cuội, sạn xám trắng, xám vàng, xám ghi trạng thái rất chặt	5,5
10	Lớp đất sỏi, cuội, sạn xám trắng, xám vàng, xám ghi trạng thái rất chặt	Cọc khoan vào lớp này 4,5m theo thiết kế

Để kết quả mô hình hóa được tin cậy, cần dày công theo dõi ghi chép và xử lý thống kê các công đoạn thành phần. Dưới đây là bảng kết quả xử lý thống kê thời gian thi công các công đoạn của quá trình thi công cọc khoan nhồi phục vụ cho quá trình mô phỏng (thông qua chương trình xử lý thống kê CT1 [1]). Các kết quả này phù hợp với máy khoan BAUER-BG-28.

Bảng 3: Kết quả xử lý thống kê thời gian thi công các công đoạn của quá trình thi công cọc khoan nhồi

STT	Tên công đoạn	Phân phối	Kỳ vọng (giây)	Độ lệch chuẩn	Hệ số biến sai	Ghi chú
1	Lắp gầu khoan D1500 mm.	Phân phối chuẩn	55,9	2,7	0,05	
2	Chỉnh tim gầu khoan trùng với tim cọc.	Phân phối chuẩn	59,1	6,2	0,1	
3	Tháo gầu khoan D1500 mm.	Phân phối chuẩn	56,1	3	0,05	
4	Chèn đất quanh Casing.		204			Tiền định hóa
5	Thời gian xoay gầu đến đỉnh hố khoan.	Phân phối chuẩn	14,6	3,6	0,25	
6	Thời gian khoan trong đất lấp.	Phân phối chuẩn	128,4	11,2	0,09	
7	Thời gian khoan trong đất sét nâu vàng, xám vàng, nâu đỏ, ghi xanh trạng thái nửa cứng.	Phân phối chuẩn	78,3	15,5	0,2	
8	Thời gian khoan trong đất sét xám vàng, nâu vàng, nâu hồng, loang xanh trạng thái nửa cứng.	Phân phối chuẩn	37,5	6,6	0,18	
9	Thời gian khoan trong đất sét nâu vàng, xám vàng trạng thái nửa cứng.	Phân phối chuẩn	50,9	8,0	0,16	
10	Thời gian khoan trong đất sét pha nâu hồng, nâu vàng, xám xanh trạng thái dẻo mềm.	Phân phối chuẩn	67,8	9,1	0,13	
11	Thời gian khoan trong đất thấu kính cát pha, xám xanh, xám ghi trạng thái dẻo.	Phân phối chuẩn	90,9	9,7	0,11	
12	Thời gian khoan trong đất cát mịn, xám nâu, xám ghi xanh trạng thái chặt vừa.	Phân phối chuẩn	99,2	9,7	0,11	
13	Thời gian khoan trong đất sỏi, cuội, sạn, xám trắng, xám ghi, xám xanh, trạng thái rất chặt.	Phân phối chuẩn	104,9	6,4	0,06	
14	Thời gian khoan trong đất sỏi, cuội, sạn xám trắng, xám vàng, xám ghi trạng thái rất chặt.	Phân phối chuẩn	115,8	9,2	0,08	
15	Thời gian xoay gầu đến vị trí đổ đất.	Phân phối chuẩn	13,4	1,9	0,14	
16	Thời gian đổ đất lấp.	Phân phối chuẩn	22,2	5,8	0,26	
17	Thời gian đổ đất sét nâu vàng, xám vàng, nâu đỏ, ghi xanh trạng thái nửa cứng.	Phân phối chuẩn	18,0	3,6	0,2	
18	Thời gian đổ đất sét xám vàng, nâu vàng, nâu hồng, loang xanh trạng thái nửa cứng.	Phân phối chuẩn	14,0	2,3	0,16	
19	Thời gian đổ đất sét nâu vàng, xám vàng trạng thái nửa cứng.	Phân phối chuẩn	14	2,8	0,2	
20	Thời gian đổ đất sét pha nâu hồng, nâu vàng, xám xanh trạng thái dẻo mềm.	Phân phối chuẩn	11,6	1,9	0,16	
21	Thời gian đổ đất thấu kính cát pha, xám xanh, xám ghi trạng thái dẻo.	Phân phối chuẩn	12,0	2,2	0,18	
22	Thời gian đổ đất cát mịn, xám nâu, xám ghi xanh trạng thái chặt vừa.	Phân phối chuẩn	13,3	2,0	0,15	
23	Thời gian đổ đất sỏi, cuội, sạn, xám trắng, xám ghi, xám xanh, trạng thái rất chặt.	Phân phối chuẩn	12,2	1,6	0,13	
24	Thời gian đổ đất sỏi, cuội, sạn xám trắng, xám vàng, xám ghi trạng thái rất chặt.	Phân phối chuẩn	13,5	2,2	0,16	
25	Thời gian đo chiều sâu hố khoan (không tính thời gian nâng, hạ thước đo).	Phân phối chuẩn	49,7	3,8	0,08	

4.1.4 Sơ đồ thuật toán

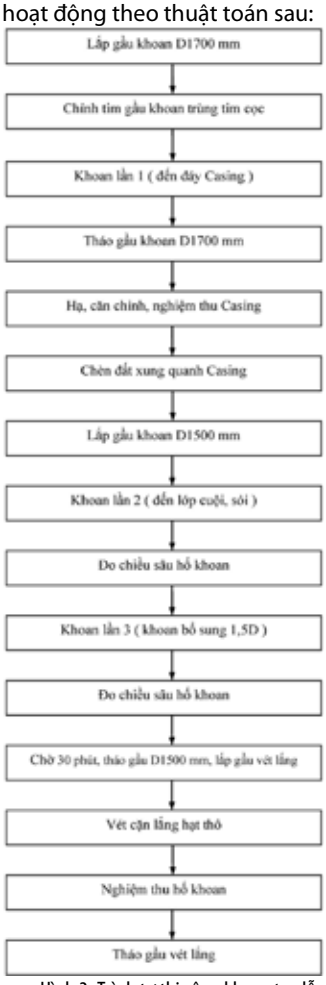
Mô phỏng theo trình tự thi công:

Bảng 4: Dự báo thời gian thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi

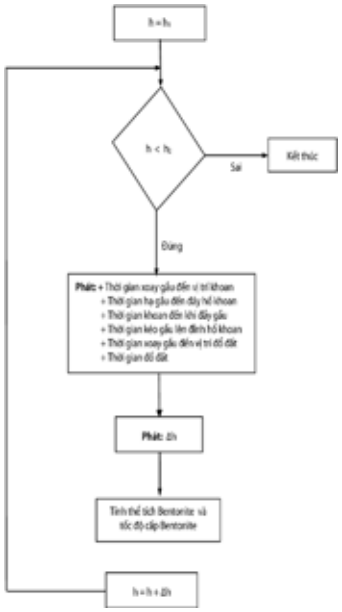
Công đoạn	Thời gian công Đoạn (phút)	Thể tích bentonitte(m^3)	Tốc độ cấp bentonitte($m^{3)}$	Độ sâu khoan được (m)	Độ sâu tổng	Tổng thời gian thi công (phút)
1	0.8705	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8705
2	0.9850	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.8555
3	2.7897	1.1067	0.3967	0.4876	0.4876	4.6452
4	3.2591	1.0650	0.3268	0.4692	0.9568	7.9044
5	2.8958	1.0193	0.3520	0.4491	1.4058	10.8001
6	2.6142	1.0452	0.3998	0.4605	1.8663	13.4143

7	2.2499	1.1300	0.5022	0.4978	2.3642	15.6642
8	2.1745	1.0521	0.4838	0.4635	2.8277	17.8387
9	2.2357	0.8997	0.4024	0.3964	3.2241	20.0744
10	2.0013	0.8699	0.4347	0.3833	3.6073	22.0757
….	…….	……	…….	……	…….	……
112	30.0000	0.0000	0.0000	0.0000	44.9266	428.7922
113	4.1000	0.0000	0.0000	0.0000	44.9266	432.8922
114	1.8607	0.0000	0.0000	0.0000	44.9266	434.7529
115	0.9321	0.0000	0.0000	0.0000	44.9266	435.6851

Trong trình tự trên ta có 3 chu trình khoan, các chu trình khoan hoạt động theo thuật toán sau:



Hình 3. Trình tự thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi



Hình 4. Thuật toán khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi

4.2 Thông số đầu ra

Thông số đầu ra là nhóm thông số về chất lượng bao gồm thời gian thi công các công đoạn, thể tích bentonitte cần sử dụng trong mỗi công đoạn, tốc độ cấp bentonitte trong mỗi công đoạn, độ sâu khoan được sau mỗi công đoạn thi công, độ sâu tổng cộng đã khoan được sau mỗi công đoạn, tổng thời gian thi công.

Bảng 5: Luật phân phối và đặc trưng số của công đoạn thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi

Công đoạn	Thông số	Luật phân phối	Kỳ vọng	Độ lệch	Hệ số biến sai
Khoan tạo lỗ	Thời gian (phút)	Phân phối chuẩn	434.2553	5.5596	0.01280

Kết quả mô phỏng cho thấy tổng số công đoạn, tổng thời gian thi công, độ sâu hố khoan khá phù hợp với thực tế. Như vậy quá trình chuẩn bị số liệu và mô phỏng là đáng tin cậy.

4.3 Dự báo chi phí thuê máy và nhân công phục vụ thi công

Đơn giá thuê máy và nhân công được lấy giá trị trung bình của 05 đơn vị chuyên cung cấp máy xây dựng trên địa bàn TP Hà Nội tại thời điểm tháng 3/2025.

Bảng 6: Đơn giá thuê máy và nhân công tại thời điểm thi công

Chi phí	Thành tiền	Chi phí	Thành tiền
Thuê máy khoan BAUER-BG28 (đồng/1 phút)	10.416	Thuê nhân công (đồng/1 phút)	833

Kết quả dự báo chi phí thuê máy và nhân công thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi cho trong bảng sau:

Bảng 7: Dự báo chi phí thuê máy khoan và nhân công

	Thuê máy khoan BAUER-BG28 (đồng)	Thuê nhân công (đồng/người)
Chi phí	4.538.096	362.926

5. KẾT LUẬN

- Qua quá trình theo dõi thi công, tác giả đã tiến hành đo đạc và xử lý thống kê các công đoạn làm thông số đầu vào cho mô phỏng quá trình thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi từ đó bước đầu giúp ta dự báo được chi phí thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi khi xem xét thời gian là yếu tố ngẫu nhiên.

- Chương trình có khả năng xây dựng các phân phối dẫn suất - phân phối tổng của một số công đoạn thành phần làm cơ sở mô phỏng các quá trình thi công khác, từ đó có thể dự báo chi phí của biện pháp thi công phức tạp hơn như chi phí thi công cọc đơn, thi công hệ cọc… sẽ được trình bày trong các bài báo tiếp theo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. *ThS Phạm Hoàng, PGS.TS Lê Kiều, PGS.TS Nguyễn Quốc Bảo & ThS Nguyễn Chí Thọ* - "Xử lý thống kê các công đoạn chủ yếu của quá trình thi công khoan tạo lỗ cọc khoan nhồi" - Tạp chí xây dựng số 12/2013.

[2]. *PGS.PTS Nguyễn Bá Kế* - Thi công cọc khoan nhồi - NXB xây dựng - 1997.

[3]. TCVN 9395 : 2012 - Cọc khoan nhồi - Thi công và nghiệm thu.

[4]. Bộ Xây dựng (2010), Thông tư 04, Hướng dẫn lập và quản lý chi phí đầu tư xây dựng công trình.

[5]. *Averill M.Law & W.David Kelton* - 2nd ed. Simulation Modeling & Analysis.

■Ngày nhận bài: 05/02/2025 ■Ngày sửa bài: 12/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Một số lưu ý trong thiết kế và lựa chọn cây xanh tạo cảnh quan tại các đô thị sông nước Cần Thơ

Some notes in designing and selecting trees to create landscape in river cities in Can Tho province

> MAI VŨ DUY
Trường Đại học Cần Thơ; E-mail: mvduy@ctu.edu.vn

TÓM TẮT

Để phát triển cảnh quan cây xanh cân đối, đồng đều, đúng và có chất lượng trên địa bàn đô thị sông nước tỉnh Cần Thơ. Bài báo nêu những quy định, yêu cầu, quy cách và các lưu ý kèm theo hình ảnh minh họa trong thiết kế cảnh quan, công viên và lựa chọn cây xanh trồng trong đô thị; giúp các chủ thể quan tâm có được một bức tranh tổng thể, chi tiết khi triển khai việc trồng cây xanh trên địa bàn trung tâm thành phố. Tuy nhiên, trong phạm vi hạn hẹp của bài viết này, nội dung mang tính khái quát và gợi ý để bạn đọc tham khảo.

Từ khóa: Cảnh quan; cây xanh; cây xanh đô thị.

ABSTRACT

To develop a balanced, uniform, correct and quality green landscape in the urban area of Can Tho province. The article outlines the regulations, requirements, specifications and notes with illustrative images in landscape design, parks and selection of green trees planted in urban areas; helping interested parties have a comprehensive and detailed picture when implementing green tree planting in the city center. However, within the limited scope of this article, the content is only general and suggestive for readers to refer to.

Keywords: Landscape; trees; urban trees.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong quy hoạch xây dựng phát triển đô thị, cây xanh là một trong những yếu tố quan trọng xây dựng cảnh quan, tạo nên nét đặc trưng riêng biệt của từng đô thị cũng như cải tạo môi trường sinh thái. Tạo môi trường sống thoải mái, trong lành, nuôi dưỡng lối sống lành mạnh; giảm thiểu hình ảnh "rừng bê tông", từ đó khuyến khích người dân đi bộ, gián tiếp giảm việc sử dụng phương tiện cơ giới trong đô thị, tăng giá trị mỹ quan đô thị.

Cây xanh giúp góp phần giảm bức xạ nhiệt, điều hoà không khí và nhiệt độ cho đô thị, cung cấp đầy đủ lượng oxy góp phần bảo vệ sức khỏe người dân trong điều kiện biến đổi khí hậu xảy ra ngày càng khốc liệt và diễn biến bất thường. Bên cạnh đó, giảm ô nhiễm, góp phần khống chế xói mòn đất và tăng tỉ lệ thẩm thấu nước mưa, tăng cường đa dạng sinh học. Cây xanh cũng góp phần thu hút khách du lịch và phát triển kinh tế xã hội.

Trên thế giới đã đưa ra nhiều quan niệm khác nhau về tạo lập môi trường sinh thái trong đô thị, tuy nhiên ở bất cứ quan điểm nào thì cây xanh đô thị cũng là một thành phần rất quan trọng để tạo nên một môi trường sống tốt và việc xây dựng hệ thống quản lý phù hợp là yếu tố then chốt. Là phương thức hiệu quả để quản lý và phát triển cây xanh đô thị. Trong đó, những lưu ý trong thiết kế và lựa chọn cây xanh tạo cảnh quan tại các đô thị sông nước Cần Thơ là cần thiết trong quản lý và phát triển cây xanh đô thị.

2. PHÂN LOẠI CÂY XANH TRONG ĐÔ THỊ

Theo mục đích sử dụng, cây xanh trong đô thị được phân thành nhiều loại:

- Cây xanh phòng hộ: (i) Trồng tại dải cây xanh cách ly, vệ sinh (giữa khu nhà ở, khu xí nghiệp công nghiệp để loại trừ/giảm bớt ảnh hưởng vệ sinh môi trường); (ii) Rừng chắn gió, chắn cát (tránh gió to và gió cát bồi lấp, tấn công đất đai đô thị); (iii) Dải cây xanh chống xói lở (dọc bờ sông, ven hồ, ven biển, trên sườn núi, sườn dốc để cải tạo và gia cố đất, chống xói lở);
- Cây xanh vườn ươm được bố trí ở vườn ươm và trại hoa;
- Cây xanh chuyên dụng ở các nơi danh lam thắng cảnh, cây xanh vườn bách thú, cây xanh vườn bách thảo.

3. NHỮNG LƯU Ý TRONG THIẾT KẾ CÂY XANH ĐÔ THỊ

3.1. Quy định chung, yêu cầu và quy cách trồng cây xanh đô thị

1) Quy định chung về cây xanh đô thị

- Các quy định về chỉ tiêu, chỉ số đất đai về cây xanh chuyên dụng là cơ sở để áp dụng trong các hoạt động quản lý đô thị và cây xanh trong đô thị.
- Cây xanh chuyên dụng phải được gắn kết chung với các loại cây xanh sử dụng công cộng và vành đai xanh ngoài đô thị (kể cả mặt nước) thành một hệ thống hoàn chỉnh, liên tục.
- Quy hoạch và trồng cây xanh chuyên dụng không được làm ảnh hưởng tới an toàn giao thông, làm hư hại công trình kiến trúc, hạ tầng, kỹ thuật đô thị, không gây nguy hiểm tới người sử dụng và khu vực xung quanh. [1]

2) Yêu cầu về hệ thống cây xanh đô thị

- Về kích thước: Cây trưởng thành có kích thước là cây gỗ lớn, trung bình, gỗ nhỏ và cây bụi.
- Về yêu cầu sinh thái: Chọn cây có tuổi thọ cao, cây ưa sáng, ưa bóng, có khả năng sinh trưởng tốt, điều kiện lập địa cao hay thấp, thoát nước tốt hay kém.

- Về màu sắc: Chọn cây chú ý phối kết màu sắc cả bốn mùa, cây lá rộng thường xanh, rụng lá, bán rụng lá, hoa lá có màu sắc tươi, đẹp.

- Về hình dáng: Có dáng đẹp, tán lá cân đối, tỉa cành cao.

- Các tiêu chuẩn khác: Cây không có mủ độc, không có cành nhánh giòn dễ gãy, ít hay không có gai, có khả năng tiết các chất thơm, cho bóng mát rộng, các chất phitoxit diệt khuẩn. Tránh trồng cây ăn quả hấp dẫn trẻ em.

- Về quy hoạch cây xanh sử dụng công cộng trong các đô thị phải đảm bảo: (i) Các quy định chung trong các đô thị (bao gồm: Cây xanh công viên, cây xanh vườn hoa, cây xanh đường phố). Trong đó, cây xanh sử dụng công cộng phải được gắn kết chung với các loại cây xanh khác; đặc biệt là các cây xanh chuyên môn, cây xanh vành đai đô thị để tạo ra hệ thống hoàn chỉnh; (ii) Các quy hoạch và trồng cây xanh công cộng không được làm ảnh hưởng tới an toàn giao thông; không được làm hư hại công trình kiến trúc, hạ tầng, kỹ thuật đô thị; không gây nguy hiểm tới người sử dụng và môi trường sống cư dân trong thành phố. [1]

3) Quy cách trồng cây xanh đô thị

- Các tuyến đường lớn có vỉa hè rộng trên 5m chỉ trồng các loại cây có độ cao tối đa khoảng 15m.

- Các tuyến đường hẹp có vỉa hè rộng từ 3 - 5m chỉ trồng các loại cây có độ cao tối đa khoảng 12m.

- Khoảng cách các cây trồng trên đường phố có thể từ 7 - 10m.

- Cây trồng phải cách trụ điện 3m, cách giao lộ 5m, cách miệng hố ga 2m…

- Các tuyến đường có lưới điện cao thế chạy dọc trên vỉa hè với diện tích hẹp, công trình ngầm chỉ được trồng cây cao không quá 4m hoặc trồng hoa…

- Kết hợp nhiều loại cây xanh khác nhau để phong phú và tô điểm cho không gian.

- Sử dụng nhiều loại cây, loại hoa có lá, hoa màu sắc phong phú theo bốn mùa.

- Thiết kế cây xanh cho đô thị thành nhiều tầng cao thấp. Sao cho cây thân gỗ, cây bụi và cỏ phù hợp với công trình kiến trúc. [1]

3.2. Những lưu ý trong thiết kế cảnh quan trung tâm đô thị

1) Thiết kế cảnh quan trục giao thông

a. Trục đường chính:

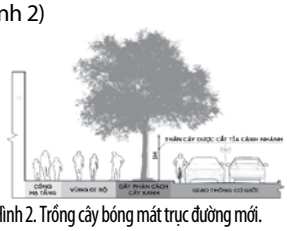
Việc lựa chọn cây bóng mát phải phù hợp với quy mô, không gian của cảnh quan hiện có. Tăng cường trồng cây bóng mát trên trục đường chính sẽ mang lại bóng mát và bầu không khí dễ chịu, mát mẻ. (Hình 1)

b. Trồng cây bóng mát khu vực đường mới:

Cần tạo một dải phân cách cây xanh (rộng 1,5 - 3m) trong khu vực đường mới với mục đích trồng cây bóng mát có thể phân làn xe riêng biệt với lối đi bộ, tạo môi trường an toàn. Phân nhánh dưới 3m từ mặt đất phải được cắt, để không làm phiền sự di chuyển của người đi bộ và phương tiện tham gia giao thông. (Hình 2)



Hình 1. Trồng cây bóng mát trục đường chính.



Hình 2. Trồng cây bóng mát trục đường mới.

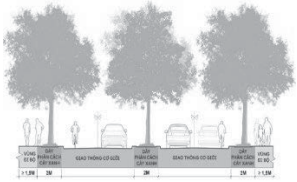
c. Trồng cây bóng mát bằng một hoặc nhiều loại cây khác nhau:

- Căn cứ theo diện tích và không gian để sử dụng một hay nhiều loại cây kết hợp nhằm đảm bảo công năng tạo bóng mát của hệ thống cây xanh với cảnh quan tổng thể.

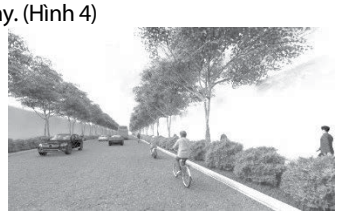
- Cây xanh được lựa chọn và trồng đúng với quy cách để đảm bảo công năng và yêu cầu của giao thông đô thị. (Hình 3)

d. Trồng cây bóng mát đan xen với cây cỡ vừa:

Đan xen bằng cách sử dụng cây cỡ trung bình để có được hiệu ứng khác biệt trực quan và để giảm tác động mệt mỏi khi lái xe. Ngoài ra, việc trồng cây như vậy có tác dụng làm tăng bóng mát cho đường phố ở nhiều quãng thời gian trong ngày. (Hình 4)



Hình 3. Trồng một hoặc nhiều loại cây bóng mát.



Hình 4. Trồng cây bóng mát đan xen.

e. Trồng cây bóng mát khu vực đường trên cao:

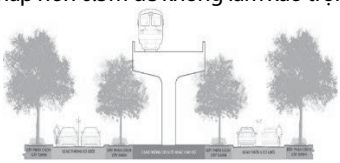
Ưu tiên trồng cây bóng mát ở mọi không gian xanh gần đường trên cao và phải đảm bảo an toàn cho người tham gia giao thông. (Hình 5)

f. Trồng cây tại các nút giao thông:

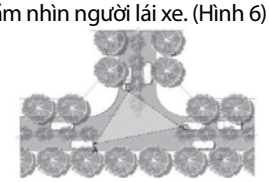
Cần tính đến việc trồng cây tại các nút giao thông đường bộ:

- Tầm nhìn của người lái xe (tầm nhìn trong khu vực A, B, C) cần rõ ràng;

- Việc trồng cây bụi là tối thiểu hoặc lớp phủ mặt đất có chiều cao thấp hơn 0.5m để không làm xáo trộn tầm nhìn người lái xe. (Hình 6)



Hình 5. Trồng cây bóng mát cạnh đường trên cao



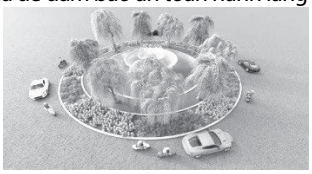
Hình 6. Trồng cây bóng mát tại nút giao thông

g. Trồng cây bóng mát khu vực vòng xoay:

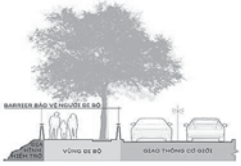
Mép ngoài của vòng xoay không trồng cây có tán lớn gây hạn chế tầm nhìn và ảnh hưởng tới việc tham gia giao thông. Cân đối theo diện tích và tổng thể cảnh quan khu vực giao thông quanh vòng xoay để lựa chọn các loại cây cho phù hợp. (Hình 7)

h. Một số vấn đề cần khắc phục:

- Đối với những con đường có địa hình xấu hoặc gần với đường sắt, nên lắp đặt barrier hoặc tạo cây hàng rào an toàn cho người đi bộ. Đồng thời nên sử dụng cây có tán mọc vừa phải, thường xuyên kiểm tra, cắt tỉa để đảm bảo an toàn hành lang đường sắt. (Hình 8)



Hình 7. Trồng cây bóng mát tại vòng xoay.



Hình 8. Trồng cây bóng mát tại vòng xoay.

- Trồng các loại cây không có chức năng che bóng như: Cau vua, Hoàng Nam ven đường và các khu vực phát triển cảnh quan khác không được khuyến khích.



Hình 9. Trồng cây bóng mát các nơi khác

2) Thiết kế cảnh quan công viên

Thiết kế công viên trong thế kỷ 21 không đơn giản là trồng thêm, tạo thêm không gian xanh, giảm "rừng bê tông", mà cần tạo ra một hệ sinh thái bền vững, nơi mà hệ động thực vật và con người cùng phát triển và có sự tương hỗ cho nhau.

Hệ sinh thái bền vững đòi hỏi phải trồng nhiều cây, và phải chọn lọc, kết hợp các loài cây, chọn khoảng cách thích hợp để tạo ra một diện mạo thảm thực vật đa tầng đẹp; có khả năng phát triển, cộng sinh, có sức đề kháng tốt.

Thiết kế cảnh quan công viên phù hợp, nếu được quy hoạch thông minh, nơi đây sẽ là một hệ sinh thái thu nhỏ, có khả năng điều hoà không khí, làm giảm hiệu ứng nhà kính; đồng thời công viên sẽ trở thành nơi tích trữ nước mưa tạm thời, nhằm giảm đáng kể nguy cơ lũ lụt do thiên tai.

Do vậy, trong thiết kế cảnh quan công viên cần lưu ý đến các công tác trồng, tỉa cây, trồng nhiều tầng và mang tính bảo tồn, đặc trưng văn hoá lịch sử vùng miền. Tạo ra một hệ thống trồng đa cấp giống như một hệ sinh thái rừng, từ đó tạo ra một chuỗi thức ăn sinh học đa dạng, và kiểu sinh thái này được gọi là công viên bền vững.

a. Trồng và tỉa thưa:

Lựa chọn loại cây và số lượng tán cây thích hợp, khoảng cách trồng hợp lý tạo một phần quan trọng của môi trường trồng cây. Đối với những công viên cũ nếu có mật độ trồng cây dày, quá rậm rạp, cần được tỉa thưa bớt.

Tỉa thưa không phải là chặt bớt cây, mà là tạo môi trường mới thoải mái hơn cho cây, giúp cây (hiện tại và cây tỉa bớt) phát triển tốt hơn, đây là cách cải thiện môi trường sinh thái bền vững rất phổ biến.

b. Hệ thống trồng nhiều tầng:

Không gian trồng nhiều tầng dưới tán cây là một phần quan trọng của môi trường trồng cây. Hệ thống trồng nhiều tầng hợp lý, giúp duy trì sự lành mạnh của đất, thông qua các loại cây bụi chịu bóng hoặc che phủ dưới các tán cây này giúp đất được bão hòa ẩm và độ ẩm, bảo vệ bộ rễ của cây;

Đồng thời, những lá rụng trở thành chất dinh dưỡng cho cây, từ đó thu hút nhiều sinh vật/chim đa dạng hơn phát triển. Một hệ thống đa dạng và tự cung tự cấp như vậy chính là hệ sinh thái bền vững. [3]

c. Thiết kế mang tính bảo tồn, đặc trưng văn hoá lịch sử vùng miền:

Xây dựng các đề án có tính khả thi để xây dựng công viên có quy mô lớn phục vụ cho cộng đồng và xã hội:

- Công viên sưu tập và bảo tồn kiểng lá hoặc các loại tre…
- Công viên mang tính văn hoá lịch sử: Lựa chọn các loại cây đặc trưng; cây ăn trái đặc trưng; kết hợp với các làng nghề tạo ra sự đa dạng và phong phú, nhằm bảo tồn, giáo dục và phát triển kinh tế.

4. LƯU Ý TRONG LỰA CHỌN CÂY XANH ĐÔ THỊ VÙNG SÔNG NƯỚC

4.1. Tiêu chuẩn lựa chọn cây xanh đô thị

- Sử dụng các loại cây chịu được gió lớn, bụi, kháng sâu bệnh, chịu ngập và chịu được mặn.
- Cây phải có dáng đẹp, thân đẹp, thẳng, không che tầm nhìn giao thông.
- Cây có rễ ăn sâu, không có rễ nổi, tránh trường hợp bị đổ khi gió bão.
- Cây xanh đảm bảo có lá xanh quanh năm, không rụng lá trơ cành; hoặc nếu rụng lá vào mùa đông cũng phải có dáng, màu đẹp.
- Cây xanh không tạo quả hoặc cho quả nhưng không gây hấp dẫn ruồi muỗi.
- Hạn chế tối đa các loại cây xanh có hoa, quả có mùi gây khó chịu hoặc có thành phần gây dị ứng, có gai sắc nhọn. [1]
- Sử dụng những loại cây được phê duyệt và phù hợp với địa lý, khí hậu từng đô thị.

4.2. Lựa chọn cây xanh đô thị

1) Lựa chọn cây bóng mát (thấp nhất 5m, cao nhất 25m) [2], [3]

TT	Tên địa phương/Tên khoa học	Thổ nhưỡng
1	Bằng lăng nước/*Lagerstroemia speciosa*	Đất tơi xốp, thoát nước tốt
2	Bún/*Crateva religiosa*	Đất ẩm, chịu ngập (cây bán ngập)
3	Cát lành/*Dendrolobium umbellatum*	Đất thoát nước tốt; chịu mặn
4	Còng (Me tây)/*Samanea saman*	Đất nhiều màu mỡ, đất ngập úng
5	Côm hoa lớn/*Elaeocarpus grandiflorus*	Chịu đất khô và dinh dưỡng thấp
6	Gáo vàng/*Nauclea orientalis*	Ven sông rạch, đầm lầy
7	Hoàng Lan/*Cananga odorata*	Đất thịt pha cát
8	Kèn hồng/*Tabebuia rosea*	Không kén đất
9	Kèn trắng/*Tabebuia rosea* Alba	Không kén đất
10	Lim xẹt/*Peltophorum pterocarpum*	Đất ẩm, đất thoát nước tốt
11	Lộc vừng/*Barringtoria acutangula*	Đất thịt pha cát
12	Me chua /*Tamarindus indica*	Đất ẩm, đất thoát nước tốt
13	Mù u/*Calophyllum inophyllum*	Đất cát, đất sét và đất bạc màu
14	Nhạc ngựa/*Swietenia macrophylla*	Đất tơi xốp, ẩm, thoát nước tốt
15	Nho biển/*Coccoloba uvifera*	Đất khô ven biển, nghèo dinh dưỡng
16	Ô môi /*Cassia grandis*	Đất nhiều mùn, thoát nước tốt
17	Phượng vĩ /*Delonix regia*	Chịu được đất nén chặt, ô nhiễm, hạn
18	Tra làm chiếu/*Hibiscus tiliaceus*	Đất sét, mùn, cát, thoát nước tốt
19	Tràm liễu đỏ/*Callistemon citrinus*	Đất chua, ẩm, thoát nước tốt

Danh sách các loài cây gợi ý trên đây thuộc loại dễ trồng, nhanh lớn ngày càng phát triển và dễ bảo trì để tạo sự đồng nhất và hiệu quả trồng. Tuy nhiên, các loài khác có thể được sử dụng tùy thuộc vào sự phù hợp thổ nhưỡng. Khoảng cách trồng phụ thuộc vào địa điểm, độ rộng của khu bảo tồn cảnh quan có sẵn và loại cây đã chọn.

2) Lựa chọn cây tạo hình, khóm, bụi, dây leo [3], [4]

TT	Tên khoa học	Tên địa phương
1	*Antidesma acidum*	Linh sam
2	*Casuarina glauca* 'Cousin It'	Phi lao rũ
3	*Bougainvillea* sp.	Hoa giấy
4	*Callistemon citrinus*	Tràm liễu
5	*Carmona microphylla*	Bùm sụm
6	*Cananga odorata* var. *fruticosa*	Công chúa lùn
7	*Codiaeum variegatum*	Cô tòng
8	*Cordyline fruticosa*	Huyết dụ
9	*Cuphea hyssopifolia*	Cẩm tú mai
10	*Duranta erecta*	Chuỗi ngọc
11	*Gardenia jasminoides*	Bạch thiên hương
12	*Ficus microcarpa*	Gừa tàu
13	*Mucuna bennettii*	Móng cọp đỏ
14	*Macfadyena unguis-cati*	Yếm vàng
15	*Murraya paniculata*	Nguyệt quới
16	*Ochna integerrima*	Mai vàng
17	*Lagerstroemia indica*	Tường vi
18	*Podocarpus macrophyllus*	Tùng la hán
19	*Petrea volubilis*	Mai xanh
20	*Pithecellobium dulce*	Me keo
21	*Streblus asper*	Duối
22	*Syzygium campanulatum*	Hồng lộc

5. KẾT LUẬN

Với những phân tích tổng quát và đánh giá trên đây, khi thiết kế cảnh quan và lựa chọn cây xanh các quận trung tâm TP Cần Thơ, cần lưu ý đảm bảo yếu tố về sinh quyển, điều hoà không khí, kết hợp với các làng nghề tạo sự đa dạng, phong phú góp phần bảo vệ môi trường, tạo môi trường sống lành mạnh, bảo tồn, giáo dục thế hệ trẻ và phát triển kinh tế - xã hội. Xứng tầm vị thế và bản sắc của TP Cần Thơ theo định hướng của Thủ tướng Chính phủ đến năm 2045 là thành phố sinh thái, văn minh, hiện đại mang đậm bản sắc sông nước vùng Đồng bằng sông Cửu Long; thuộc nhóm các thành phố phát triển châu Á.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Tiêu chuẩn Việt Nam: TCVN 8270:2009 và TCVN 9257:2012.

[2]. Pietro Puccio. 2022. Monaco Nature Encyclopedia. https://www.monaconatureencyclopedia.com.

[3]. Cifor. 2022. Energy from forests: Calophyllum inophyllum (Tamanu tree). https://www.cifor.org/feature/energy-from-forests/calophyllum-inophyllum.

[4]. Plantmark. Plant Finder: Hibiscus tiliaceus Rubra. https://www.plantmark.com.au/hibiscus-tiliaceus-rubra.

■Ngày nhận bài: 05/02/2024 ■Ngày sửa bài: 17/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 17/4/2025

Nghiên cứu giải pháp kết cấu sử dụng dầm bản rỗng đúc sẵn đặt trên hệ móng cọc ống bê tông cường độ cao đối với công trình giao thông

Study on structural solutions using the hollow-core precast concrete slabs placed on the pre-stressed high strength concrete pipe piles (PHC) foundation for Transportation Infrastructure

> TS NGUYỄN HỮU DŨNG
BM Đường bộ, Khoa Công trình, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: dungnh@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Kết cấu hệ móng cọc ống bê tông cường độ cao (PHC) liên kết lắp ghép với hệ dầm bản rỗng đúc sẵn "Hollow-core Slab" áp dụng đối với nền đường cao tốc và cầu cạn là một hệ kết cấu mới, có ưu điểm thi công nhanh, quản lý được chất lượng tại nhà máy và công xưởng khi đúc cấu kiện, thân thiện với môi trường.

Tuy nhiên hệ kết cấu này cũng tạo ra thách thức đối với Nhà thầu trong nước nếu không có chỉ dẫn kỹ thuật cụ thể và thực tiễn triển khai sẽ khó khăn đối với Nhà thầu khi thi công, cũng như quá trình nghiệm thu và bảo trì.

Do đó nội dung bài báo tập trung phân tích các ưu và nhược điểm, nêu ra các khó khăn và thách thức; cũng như các kết quả nghiên cứu đối với hệ kết cấu nêu trên.

Từ khóa: Dầm bản rỗng đúc sẵn; cọc ống bê tông cường độ cao (PHC).

ABSTRACT

The structure of the high-strength concrete (PHC) pipe pile foundation system combined with the hollow-core precast concrete slabs applied to the expressways and viaduct is a new structural system, with the advantages of fast construction, quality management at the factory and workshop when casting components, and environmental friendliness.

However, this structural system also creates challenges for domestic contractors without the specific technical specifications and prcactical implementation, it will be difficult for contractors during construction, acceptance and maintenance.

Therefore, the article focuses on analyzing the advantages and disadvantages, highlighting the difficulties and challenges, as well as presenting the research related to this structural system.

Keywords: Hollow-core Slab; Pre-stressed high strength concrete pipe piles (PHC).

1. TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT THIẾT KẾ, THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU

Tiêu chuẩn kỹ thuật thiết kế, thi công và nghiệm thu Kết cấu hệ móng cọc ống bê tông cường độ cao (PHC) và hệ cọc ống bê tông cốt thép (PRC) được liên kết lắp ghép với hệ dầm bản rỗng đúc sẵn "Hollow-core Slab" áp dụng đối với đường cao tốc và cầu cạn, hiện nay chưa được sử dụng đại trà tại Việt Nam.

Lý do: Bộ GTVT, nay là (Bộ Xây dựng) chưa ban hành Tiêu chuẩn kỹ thuật về hướng dẫn thiết kế, thi công và nghiệm thu đối với hệ kết cấu lắp ghép giữa móng cọc ống bê tông cường độ cao với dầm bản rỗng đúc sẵn "Hollow-core Slab", vì vậy khả năng được chấp thuận để áp dụng đại trà rất khó khăn.

Trung Quốc, tháng 12/2021: mới ban hành và áp dụng Tiêu chuẩn kỹ thuật trên trong công tác Thiết kế và thi công kết cấu sàn trên hệ móng cọc áp dụng cho đường ô tô. Tuy nhiên Tiêu chuẩn DB34/T4056-2021 của tỉnh An Huy - Trung Quốc, là tiêu chuẩn địa phương chưa phải tiêu chuẩn Quốc gia. Do đó nếu áp dụng vào điều kiện Việt Nam chỉ có tính tham khảo.

Để có cơ sở áp dụng đại trà hệ kết cấu lắp ghép giữa móng cọc ống bê tông cường độ cao liên kết với hệ dầm bản rỗng đúc sẵn "Hollow-core Slab" áp dụng cho công trình giao thông cầu và đường bộ, cần thiết phải biên soạn và công bố Tiêu chuẩn kỹ thuật Quốc gia hoặc Tiêu chuẩn cơ sở để có cơ sở hướng dẫn cụ thể đối với công tác Thiết kế, Thi công lắp ghép các cấu kiện, mối nối lắp ghép đối với hệ cọc và sàn bê tông cốt thép nêu trên.

2. PHẠM VI ÁP DỤNG VÀ TUỔI THỌ CỦA KẾT CẤU

Phạm vi áp dụng: Kết cấu hệ cọc ống bê tông cường độ cao được lắp ghép liên kết với dầm bản rỗng đúc sẵn có ưu điểm thi công nhanh, quản lý được chất lượng tại nhà máy và công xưởng khi đúc cấu kiện, thân thiện với môi trường.

Lợi thế của hệ dầm bản rỗng, ứng suất trước đúc sẵn trong nhà máy là việc sử dụng vật liệu hiệu quả hơn so với phương pháp bê tông đúc tại chỗ, quy trình sản xuất cho phép tiết kiệm lượng bê tông đáng kể. Đồng thời bố trí cốt thép và bê tông cường độ cao ứng suất trước cũng cho phép giảm lượng thép tiêu thụ. Dầm bản rỗng sẽ giảm đáng kể trọng lượng thành phần so với các thành phần của hệ dầm đặc.

Trong ngành Xây dựng hiện nay, các đặc tính quan trọng là hiệu quả về năng lượng và chi phí, cũng như đảm bảo công nghệ bền vững. Các thành phần bê tông ứng suất trước đáp ứng tất cả các tiêu chí và do đó đóng góp đáng kể khi mục tiêu xây dựng cần hướng đến thân thiện với môi trường trong tương lai.

Bằng công nghệ tạo hình trượt, hiện nay hệ dầm bản rỗng đúc sẵn ứng suất trước có thể được trang bị các gờ cắt ở các cạnh bên để tăng khả năng kháng chuyển vị về động đất và địa chấn.

Các nhà máy sản xuất đối với công nghệ bê tông đúc sẵn trong nhà máy sẽ cung cấp môi trường làm việc an toàn, lành mạnh trong nhiệt độ làm việc thuận lợi.

Đồng thời loại hình sản xuất cấu kiện đúc sẵn dựa trên các quy trình công nghệ được giám sát chặt chẽ. Do đó, các nguồn ô nhiễm tiềm ẩn do tiếng ồn, bụi và các chất nguy hại có thể được loại bỏ và khắc phục. Ngoài ra, việc sản xuất các sản phẩm bê tông ứng suất trước giúp tiết kiệm đáng kể lượng nhân sự cần huy động.

Tuy nhiên kết cấu này cũng có những hạn chế về phạm vi áp dụng, đặc biệt tại những khu vực yêu cầu kiến trúc cảnh quan (khi áp dụng do sàn bê tông thông thường có chiều dài nhịp L<13m; nên sẽ phát sinh nhiều cọc "tạo thành hệ rừng cọc ống" phía dưới,), ngoài ra những khu vực địa hình có chiều cao kết cấu lớn (hay chiều cao thân trụ lớn) sẽ xuất hiện bất lợi về độ mảnh của kết cấu. Do đó cần phải tính toán và điều chỉnh lại kích thước thân trụ khi gặp chiều cao lớn.

Tuổi thọ thiết kế: Nếu tham khảo tiêu chuẩn Trung Quốc (Tiêu chuẩn DB34/T4056-2021) thì kết cấu này được đánh giá có tuổi thọ thiết kế là 50 năm, do đó nếu sử dụng để thay thế cầu cạn thì không đáp ứng yêu cầu của tiêu chuẩn thiết kế cầu Việt Nam hiện nay theo TCVN 11823-2017 -Mục 3.5 "Design Life" là 100 năm.

Vì vậy hệ liên kết trên không thể thay thế cầu với tuổi thọ yêu cầu là 100 năm (theo tiêu chuẩn hiện hành của Việt Nam). Muốn đáp ứng được tiêu chuẩn Việt Nam cần phải điều chỉnh lại một số thiết kế tại các vị trí liên kết giữa cọc với thân trụ và giữa thân trụ với hệ dầm.

Bảng 1: Tuổi thọ (năm) thiết kế của kết cấu dầm bản rỗng lắp ghép "Hollowcore Slab" được liên kết với hệ móng cọc ống ly tâm áp dụng đối với đường cao tốc
(Tiêu chuẩn DB34/T4056-2021 của tỉnh An Huy – Trung Quốc)

Cấp đường	Kết cấu chính		Các bộ phận có thể thay thế
	Tấm dầm bản (bao gồm cả phần liên kết với tấm)	Cọc ống (bao gồm: liên kết với bản cọc)	Lan can, thiết bị kính thiên văn, giá đỡ, v.v.
Đường cao tốc loại 1	50	50	15
Đường cao tốc Cấp 2 đến Cấp 4	30	30	15

表1 公路桩板式结构设计使用年限（年）

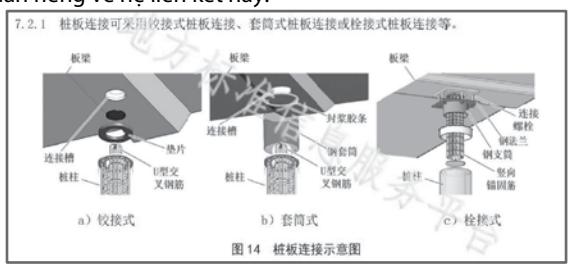
公路等级	主体结构		可更换部件
	梁板（含层板连接）	桩柱（含桩板连接）	栏杆、伸缩装置、支座等
高速公路、一级公路	50	50	15
二~四级公路	30	30	15

Hình 1. Bảng quy định về tuổi thọ của các bộ phận trong kết cấu chính và kết cấu thay thế (theo Tiêu chuẩn DB34/T4056-2021)

3. HỆ LIÊN KẾT GIỮA CỌC ỐNG VỚI DẦM BẢN RỖNG

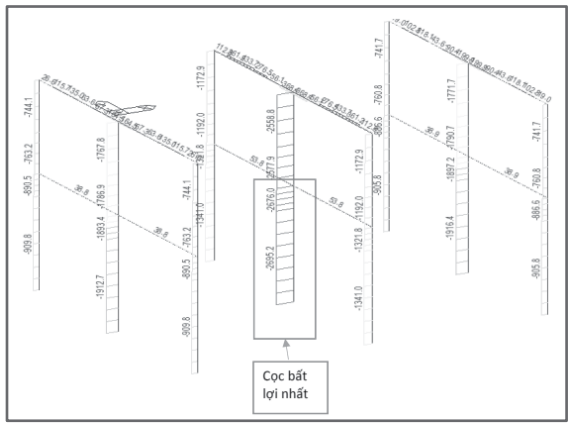
Mối nối hay liên kết: là bộ phận quan trọng trong kết cấu lắp ghép. Nhóm nghiên cứu đã xây dựng mô hình kết cấu để kiểm toán độc lập: kết quả cho thấy một số liên kết và khả năng chịu tải trọng va xô của thân trụ là không đảm bảo điều kiện chịu lực và cần phải bổ sung thêm các điều chỉnh chi tiết.

Nếu sử dụng liên kết ngàm cứng giữa thân trụ và xà mũ lắp ghép (như hình dưới) theo Tiêu chuẩn DB34/T4056-2021 của tỉnh An Huy - Trung Quốc, thì cần phải bổ sung chi tiết về chỉ dẫn hoặc tiêu chuẩn riêng về hệ liên kết này.



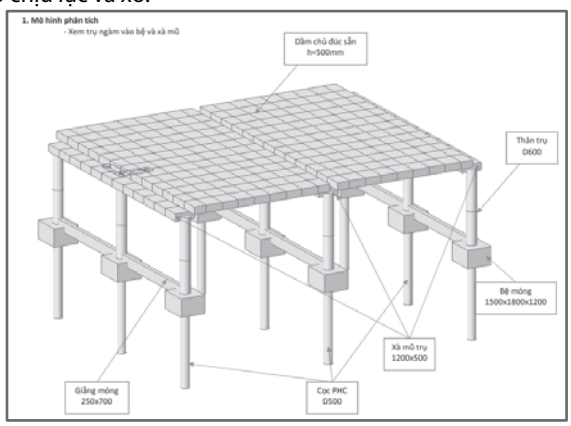
Hình 2. Bố trí liên kết ngàm cứng giữa thân trụ và xà mũ lắp ghép (theo Tiêu chuẩn DB34/T4056-2021)

Kết quả phân tích kết cấu: Đối với chiều cao trụ H<4,0m khi bố trí cọc PHC đường kính D500 đảm bảo điều kiện chịu lực và tải trọng va xô.



Hình 3. Phân tích và kiểm tra kết cấu - xét các trường hợp chiều cao trụ và đường kính cọc thay đổi

Trong trường hợp tăng chiều cao trụ trên 4,0m cần bổ sung các giải pháp tăng đường kính cọc PHC và bổ sung hệ liên kết để đảm bảo chịu lực va xô.



Hình 4. Mô hình phân tích kết cấu giữa cọc và hệ dầm

4. TRIỂN KHAI THI CÔNG

Thực tế hiện nay hệ kết cấu lắp ghép dầm cầu đã được sử dụng tại một số dự án của Việt Nam; nhưng phần lớn đều do Nhà thầu nước ngoài hướng dẫn trong công tác thi công và lắp ghép tại hiện trường mới đảm bảo chất lượng và hạn chế sự cố; Vì vậy hệ kết cấu

lắp ghép giữa ống cọc bê tông cường độ cao với hệ dầm bản rỗng nêu trên, cũng là một hệ thi công mới, thách thức đối với Nhà thầu trong nước; nếu không có chỉ dẫn kỹ thuật cụ thể và thực tiễn triển khai sẽ khó khăn cho Nhà thầu trong nước khi thi công, nghiệm thu và bảo trì.

Việc kiểm soát về chất lượng kết cấu lắp ghép đòi hỏi độ chính xác cao và yêu cầu sai số cho phép nhỏ hơn so với kết cấu đúc tại chỗ, dẫn đến khó khăn và thách thức cho Nhà thầu thi công trong nước nếu thực hiện thi công đại trà mà chưa có các hướng dẫn cụ thể.

5. THỰC TIỄN ÁP DỤNG

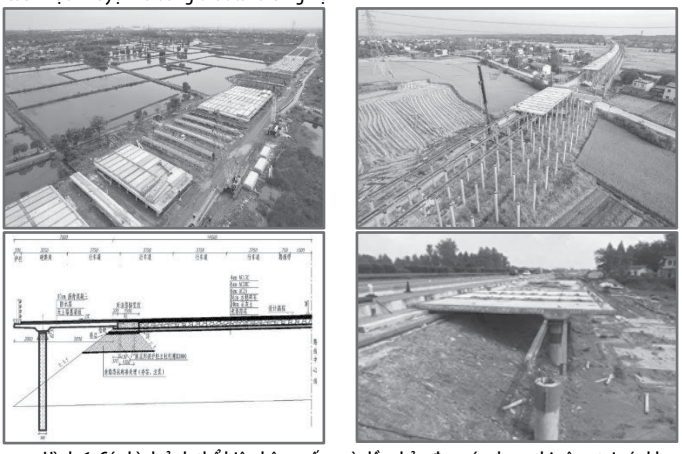
Qua phân tích cho thấy, đặc điểm của hệ cọc ống nêu trên sẽ áp dụng hiệu quả trong khu vực đất mềm yếu và tại các khu vực khan hiếm vật liệu cát, đất đắp nền đường. Đồng thời hệ kết cấu sẽ phát huy được độ ổn định, khi bố trí chiều cao trụ thấp (để hạn chế độ mảnh của thân trụ) và đáp ứng việc thi công nhanh, thân thiện với môi trường.

Do đó tại Việt Nam: đoạn cầu cạn theo công nghệ nêu trên đã được thi công và thử nghiệm vào tháng 6/2024 tại khu phi thuế quan Xuân Cầu - Lạch Huyện, TP Hải Phòng.

Đoạn cầu cạn thử nghiệm này được xây dựng trên khu vực nền đất yếu tại cảng Lạch Huyện với chiều dài tầng 1 là 550m và tầng 2 dài 100m, bề rộng mặt cầu cạn là 10,5m.



Hình 5. Cầu cạn được Tập đoàn Hòa Bình Group xây dựng tại khu phi thuế quan Xuân Cầu - Lạch Huyện và đang chất tải thử nghiệm



Hình 6. Các hình ảnh thể hiện hệ cọc ống và dầm bản được áp dụng thi công tại các khu vực nền đường đất yếu và các đoạn nền đường cao tốc cần mở rộng tại một số nước trong khu vực

6. ƯU ĐIỂM KHI SỬ DỤNG CÔNG NGHỆ DẦM BẢN RỖNG TRÊN HỆ MÓNG CỌC ỐNG

- **Tăng tốc tiến độ thi công**: Do sử dụng cấu kiện đúc sẵn, giảm thiểu thời gian thi công tại hiện trường.
- **Kiểm soát chất lượng các cấu kiện**: Bê tông cường độ cao giúp tăng tuổi thọ công trình, chịu được tải trọng lớn và điều kiện môi trường khắc nghiệt.
- **Tiết kiệm chi phí**: Giảm khối lượng vật liệu so với kết cấu dầm đặc truyền thống, đồng thời giảm chi phí bảo trì trong dài hạn.
- **Thích ứng với điều kiện địa chất đất mềm yếu**: Hệ móng cọc ống bê tông cường độ cao giúp tăng khả năng chịu lực trên nền đất mềm yếu, thích hợp cho các khu vực ven sông và đầm lầy.

7. KẾT LUẬN

Kết cấu hệ móng cọc ống bê tông cường độ cao được liên kết lắp ghép với hệ dầm bản rỗng đúc sẵn "Hollow-core Slab" có thể áp dụng trong một số điều kiện cụ thể trên các tuyến đường quốc lộ và cao tốc tại Việt Nam; Tuy nhiên đây là hệ kết cấu mới, về tính thực tiễn và để đảm bảo chất lượng trong quá trình thi công cần có thời gian để đánh giá và thử nghiệm. Mặt khác, tiêu chuẩn kỹ thuật về Thiết kế - Thi công và Nghiệm thu hiện nay chưa được ban hành, vì vậy sẽ khó khăn cho Nhà thầu trong nước khi áp dụng và triển khai đại trà.

Tóm lại, đây là hệ kết cấu mới, Trung Quốc tháng 12/2021 mới ban hành tiêu chuẩn địa phương (chưa phải tiêu chuẩn Quốc gia), nên khi áp dụng vào điều kiện cụ thể sẽ cần thời gian cho việc lập đề xuất, trình duyệt, biên soạn Tiêu chuẩn Thiết kế - Thi công và Nghiệm thu để đưa vào áp dụng đại trà tại Việt Nam.

Đồng thời để triển khai áp dụng thực tiễn tại Việt Nam, cần tiếp tục nghiên cứu và xem xét điều chỉnh một số thiết kế tại các vị trí liên kết giữa cọc với thân trụ và giữa thân trụ với hệ dầm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. DB34/T 4056-2021: Tiêu chuẩn kỹ thuật thiết kế và thi công kết cấu sàn trên móng cọc đường ô tô; Tiêu chuẩn địa phương tỉnh An Huy, Trung Quốc; Cục quản lý và Giám sát thị trường tỉnh An Huy ban hành ngày 28/12/2021.

[2]. TCVN 11823-2017: Tiêu chuẩn Quốc gia - Thiết kế cầu đường bộ; Bộ Khoa học và công nghệ ban hành ngày 29/12/2017.

[3]. Muhamad Fauzi Darmawan, Angga Fajar Setiawan, Iman Satyarno, Ali Awaludin (Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia in 2024): Nonlinear Simulations to evaluate the code-based response modification factor for seismic design of slab-on-pile structure. Article in ASEAN Engineering Journal in February of 2024.

[4]. Jin Xu and Lin Ma (School of Civil Engineering and Transportation, Hebei University of Technology, Tianjin, China): Study on Bearing Capacity of Prestressed Pipe Pile Foundation Under Horizontal Load; Research Article in November 2017; The Open Construction and Building Technology Journal, 2017, 11, 301-312.

■Ngày nhận bài: 03/02/2025 ■Ngày sửa bài: 20/02/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 10/03/2025

Using Deepsoil V7.0 software to perform the seismic response analysis

Sử dụng phần mềm Deepsoil V7.0 để phân tích phản ứng địa chấn

> DO TRONG NGHIA
Faculty of Civil Engineering, Mien Tay Construction University; Email: dotrongnghia@mtu.edu.vn

ABSTRACT

A comprehensive collection of 422 powerful ground motion recordings was created by the earthquake in Chi-Chi, Taiwan. In this study, we use the DEEPSOIL V7.0 software to show some of the results of our analysis. The results indicate the modified record with PGA = 0.2g shows a higher intensity of ground motion compared to the original PGA = 0.18g. In addition, the spectral acceleration peaks suggest maximum seismic demand at 0.2-1 sec periods, while the fourier phase angle variations indicate wave propagation complexities that may require additional site-specific studies. These findings play an important role for seismic hazard assessment, earthquake-resistant structural design, and geotechnical engineering applications.

Keywords: Earthquake; record; ground motion; acceleration; seismic.

TÓM TẮT

Một tập hợp các dữ liệu chuyển động mặt đất được ghi lại gồm 422 trận đã được tạo ra bởi trận động đất ở Chi-Chi, Đài Loan. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng phần mềm DEEPSOIL V7.0 để hiển thị một số kết quả phân tích từ các chuyển động mặt đất được ghi lại bên trên. Các kết quả chỉ ra rằng chuyển động mặt đất sự tăng tốc tối đa với PGA = 0,2g cho thấy cường độ chuyển động mặt đất cao hơn so với PGA ban đầu = 0,18g. Ngoài ra, các đỉnh gia tốc phổ cho thấy nhu cầu địa chấn tối đa ở các chu kỳ 0,2 - 1 giây, trong khi các biến thể góc pha Fourier cho thấy sự phức tạp trong quá trình truyền sóng có thể yêu cầu các nghiên cứu cụ thể tại địa điểm bổ sung. Những phát hiện này đóng vai trò quan trọng đối với đánh giá nguy cơ động đất, thiết kế kết cấu chống động đất và các ứng dụng kỹ thuật địa kỹ thuật.

Từ khóa: Động đất; ghi chép; chuyển động mặt đất; gia tốc; địa chấn.

1. INTRODUCTION

On Tuesday, September 21, 1999, at 01:47:12.6 TST, the Chi-Chi earthquake occurred (hence the "921"). The epicenter was located in Nantou County, close to the village of Jiji (Chi-Chi), 9.2 km (5.7 mi) southwest of Sun Moon Lake, at 23.77° N latitude and 120.98° E longitude [1]. The focal depth was 8.0 km (5.0 mi), and the tremor's magnitudes were 7.7 on the moment magnitude scale and 7.3 on the Richter scale. In the month after the mainshock, 12,911 aftershocks were reported by the Central Weather Bureau. The projected total energy released is 2.1 × 1017 J, which is almost equivalent to the Tsar Bomba's yield. The earthquake struck in an uncommon position for Taiwan, which often experiences earthquakes off its eastern coast, with such quakes causing little damage. On September 25, one of the aftershocks registered 6.3 on the Richter scale and collapsed previously fragile buildings, killing three more people.

The earthquake caused 2,415 deaths, 29 missing, 11,305 severely wounded, 51,711 buildings completely demolished, 53,768 buildings severely damaged, and a total of NT$300 billion (US$10 billion) in damage [1]. Damage to power stations and transmission stations, as well as the automatic shutdown of Taiwan's three nuclear power facilities, resulted in power outages across the island. Power was restored two days later. Taipower, the national electricity supplier, reported that 59% of the country's power has been restored a day after the earthquake. 102 key bridges were severely damaged, with many needing to be demolished. The Central Cross-Island Highway, which was at the time the only significant comprehensive road across central Taiwan's mountains, was severely damaged. Due to subsequent storm damage and the exorbitant cost of reconstruction, the roadway remained partially blocked in 2018. (Figure 1)

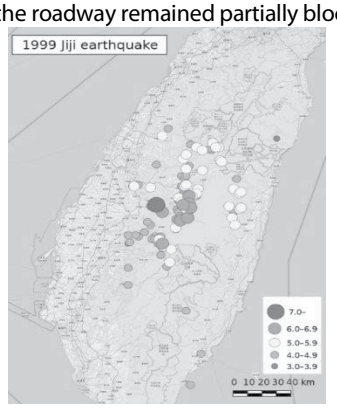


Figure 1. Magnitude map of 1999 Chi-Chi earthquake [1]

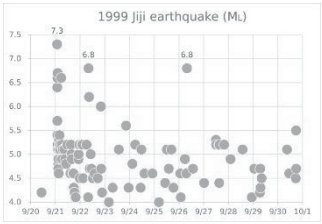


Figure 2. Aftershock of Chi-Chi earthquake [1]

During the main earthquake and its aftershocks, there were 132 landslides in all, some of which resulted in fatalities when houses were crushed by falling rocks. 125 of the 870 schools that experienced damage were badly damaged, forcing many to close for months or, in some cases, permanently. (Figure 2)

Therefore, this study used DEEPSOIL V7.0 to assess ground motion amplification, nonlinear soil effects, and the impact of site conditions on spectral acceleration in Chi-Chi earthquake. These findings are crucial for seismic hazard assessment, earthquake-resistant structural design, and geotechnical engineering applications.

2. METHODOLOGY

2.1. Overview of DEEPSOIL software

DEEPSOIL is a one-dimensional site response analysis program capable of performing:

a) 1-D nonlinear time domain analyses with and without pore water pressure generation,

b) 1-D equivalent linear frequency domain analyses with convolution and deconvolution,

and c) 1-D linear time and frequency domain analyses [2].

DEEPSOIL was created by Prof. Youssef M.A. Hashash in collaboration with several graduate and undergraduate students from the University of Illinois at Urbana-Champaign, including Duhee Park, Chi-Chin Tsai, Camilo Phillips, David R. Groholski, Daniel Turner, Michael Musgrove, Byungmin Kim, Joseph Harmon, Okan Ilhan, and Guangchao Xing. This handbook was created in partnership with these students, Maria Kontari, and Hua Shao.

2.2. Version DEEPSOIL V7.0 software

DEEPSOIL's executable version was originally built as a MATLAB program (about 1998-1999) and later redeveloped as a C-based executable (approximately 1999) to boost computing performance. Soon after, a graphic user interface was implemented. Many improvements have been made since then. Listed below are some important milestones: DEEPSOIL v1.0; DEEPSOIL v2.0-2.6; DEEPSOIL v3.0-3.7; DEEPSOIL v3.5; DEEPSOIL v4.0; DEEPSOIL v5.0; DEEPSOIL v6.0; DEEPSOIL v7.0.

DEEPSOIL v7.0 was used in this study since it is the most recent version of DEEPSOIL and overhauls the program process while also adding new features. The major changes in version 7.0 include:

- Automatically subdivision of the input soil profile to accomplish adequate discretization using the maximum target propagation frequency.
- The ability to randomize layer thickness, shear wave velocity, and dynamic curves for soil profiles.
- The output is in relational database format, allowing the user to obtain big data sets effectively.
- Overhauled user interface.
- Multiple user language selection.
- Simultaneous view/plot of multiple motions.

2.3. Program Organization

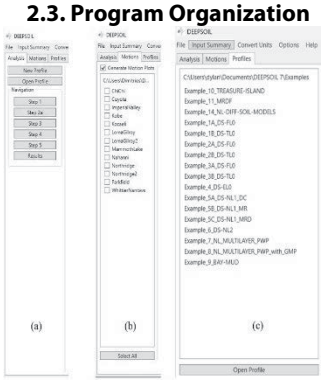


Figure 3. DEEPSOIL Main window and Key tabs as (a) Analysis tab, (b) motions tab, and (c) Profiles tab [2]

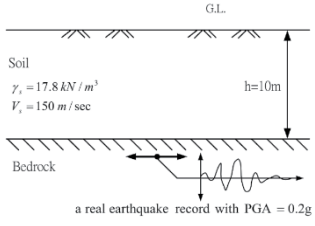


Figure 4. Parameters of soil at Peak Ground Acceleration (PGA) = 0.2g [3]

The DEEPSOIL graphical user interface is made up of multiple steps that assist the user through the site response analysis process, as represented in the Navigation box in Figure 3, which is displayed to the user when DEEPSOIL starts.

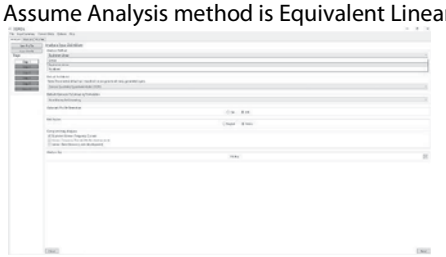
The DEEPSOIL program requires familiarity with seismic site response analysis theory and methodologies, as well as geotechnical earthquake engineering. It is recommended that the user consult relevant literature and obtain competent expertise in creating input for the analysis and interpretation of outcomes. (Figure 3)

3. APPLYING DEEPSOIL V7.0 SOFTWARE TO PERFORM THE SEISMIC RESPONSE ANALYSIS

Use the equivalent linear program SHAKE to perform the Seismic Response Analysis. (Figure 4)

Using DEEPSOIL V7.0 to input and calculate:

- *Step 1:* Assume Analysis method is Equivalent Linear



- *Step 2:* Input data in Deepsoil software:

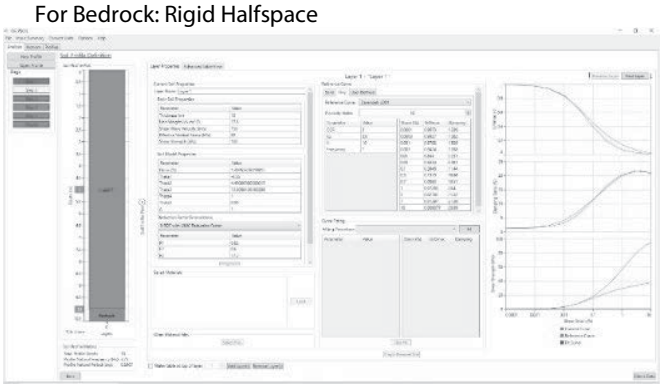
We assume Layer 1 is Clay because its shear velocity is 150 m/s.

Shear strength = 100 kPa.

OCR = 2, Plasticity Index PI = 30, $\Phi' = 25°$.

K_o (the ratio of horizontal effective stress σh' to vertical effective stress σv' under no lateral strain conditions): $Ko = \sigma_h'/\sigma_v' = K_{o,NC}.OCR^{(\sin\Phi')}$ (for overconsolidated soils).

For Bedrock: Rigid Halfspace

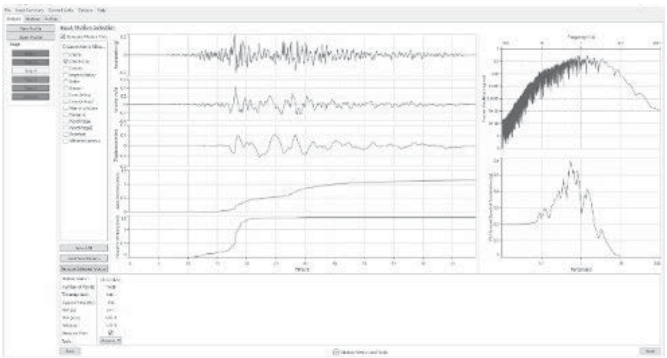


- *Step 3:* We can obtain some date from input motion

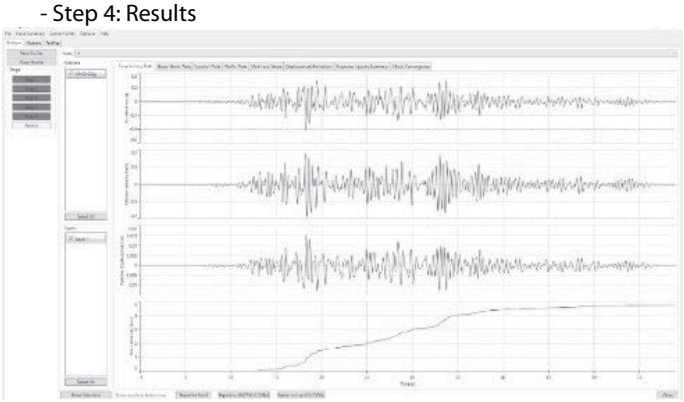
PGA: 0.2 g

PGV: 0.43 m/s

PGD: 0.11 m



- Step 4: Results



3.1. Assessment of the modified motion of Chi Chi earthquake with the PGA from 0.18g to 0.2g (Figure 5)

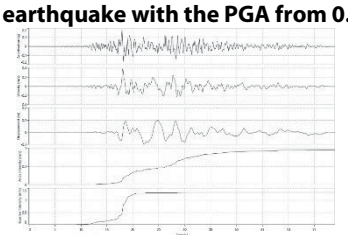


Figure 5. The real acceleration record from Central Weather Bureau at Chi Chi earthquake (PGA = 0.18 g)

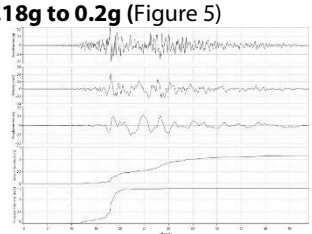


Figure 6. The real acceleration record from Central Weather Bureau at Chi Chi earthquake was modified PGA = 0.2 g

The given PGA (0.18 g) is rather moderate, indicating that this measurement was not made in the most severe shaking zone of the Chi-Chi earthquake (Fig. 5). It may be useful to compare this to other records from various stations to provide further perspective. The strong motion phase appears around 10-30 seconds, followed by a decay phase. This is typical of strong earthquakes. The velocity and displacement signals reflect the expected integration behavior of acceleration. **(**Figure 6)

The acceleration amplitude in Fig. 6 is slightly higher compared to the previous one, reflecting the increase in PGA from 0.18g to 0.2g. The waveform features are unchanged, however the overall magnitude of oscillations has increased slightly. Because velocity is an integral of acceleration, velocity numbers have increased slightly. The displacement plot follows a similar trend, with slightly greater peaks than the preceding image. This is predicted given the higher PGA. The adjusted record with PGA = 0.2g exhibits a greater intensity of ground motion than the original PGA = 0.18g.

3.2. The amplitude spectrum and the phase spectrum of the record

The plot below is the graph to indicate the amplitude spectrum and the phase spectrum of the record:

- In Fig. 7, the Fourier Amplitude demonstrates that at low frequencies (or long periods), the amplitude is extremely small, nearly nonexistent. As the frequency rises, the amplitude rises steadily until around 1 Hz, when it begins to plateau with slight oscillations. After a peak in the middle frequency range, there is a visible decline at high frequencies (>10 Hz).

This plot likely represents the response of a system or signal in the frequency domain. The low-frequency range corresponds to low energy content in the signal, while mid-range frequencies carry most of the energy (peak region). The high-frequency roll-off suggests that the system attenuates high-frequency components.

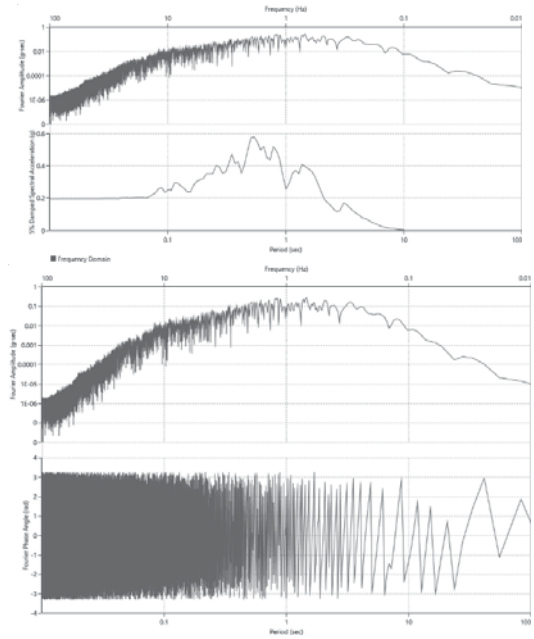


Figure 7. The amplitude spectrum and the phase spectrum of the record

- For Fourier Phase Angle in Fig. 7 discovers that at low frequencies, the phase angle appears uniformly distributed across the full range (-π to +π radians), potentially indicating noise or a random phase relationship. At higher frequencies, the phase angle shows periodic spikes, possibly due to a resonant phenomenon or signal artifacts.

The phase spectrum depicts the timing or delay of signal components relative to a reference. The highly oscillatory nature implies the presence of noise or abrupt signal changes. Large phase jumps may indicate changes in signal properties or phase wrapping (as in Fourier transformations).

4. CONCLUSIONS

Analysis of the Seismic Response with DEEPSOIL V7.0 software demonstrates that:

- Increasing the PGA from 0.18g to 0.2g increases ground motion intensity, as well as all derived metrics. This change would have a significant impact on earthquake engineering, namely structure design and risk assessment. Further spectral and structural response analysis could provide deeper insights into the impact of this change.

- The spectral and frequency analyses confirm that this earthquake record is rich in high-frequency content, which is particularly dangerous for short-period structures. The peak spectral response at 0.2–1 sec suggests that low-rise and mid-rise buildings will face the most severe shaking. The variation in phase angles indicates possible site effects that need further investigation.

These insights are crucial for seismic design, site-specific hazard assessments, and earthquake-resistant engineering strategies.

REFERENCES

[1]. Wikipedia. '1999 Jiji earthquake' [Online]. View at: < https://en.wikipedia.org/wiki/1999_Jiji_earthquake> [Access 2024/10/20]

[2]. Youssef M. A. H. DEEPSOIL V7.0 software - Nonlinear and Equivalent Linear Seismic Site Response of One-Dimensional Soil Columns. University of Illinois at Urbana-Champaign (2024).

[3]. Steven L. K. Geotechnical Earthquake Engineering. Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey (1996).

■Ngày nhận bài: 18/3/2025 ■Ngày sửa bài: 11/4/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 21/4/2025

Giải pháp khắc phục ảnh hưởng của ứng suất dư và biến dạng ban đầu trong kết cấu thép

Solutions to mitigate the effects of residual stress and initial deformation in steel structures

> THS CAO THỊ MAI HƯƠNG
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: huongketcau@utc.edu.vn

TÓM TẮT

Sức kháng ổn định phi tuyến của các cấu kiện dầm, cột thép nói chung thường bị ảnh hưởng bởi các thông số cường độ chính: Độ mảnh, liên kết ở hai đầu, ứng suất dư và độ cong ban đầu. Ảnh hưởng của ứng suất dư tới sức kháng của dầm thép được đánh giá là lớn. Các ảnh hưởng của cong vênh bản bụng, bản cánh thường được xem xét kết hợp với ứng suất dư trong phân tích ổn định phi tuyến. Tuy nhiên, dạng phá hoại của dầm thép cánh rộng tương đối phức tạp và phụ thuộc vào chiều dài nhịp, phân loại độ chắc của bản bụng, bản cánh.

Từ khóa: Ổn định, độ mảnh, dầm thép cánh rộng.

ABSTRACT

The nonlinear stability resistance of steel beams and columns is generally affected by the main strength parameters: Slenderness, end connections, residual stress and initial curvature. The influence of residual stress on the resistance of steel beams is considered to be large. The effects of web and flange warping are often considered in combination with residual stress in nonlinear stability analysis. However, the failure mode of wide-flange steel beams is relatively complex and depends on the span length and strength classification of webs and flanges.

Keywords: Stability, slenderness, wide-flange steel beam.

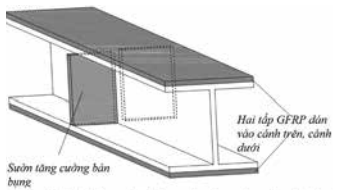
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thép là một vật liệu vô cùng phổ biến trong lĩnh vực xây dựng. Thép có ưu điểm chịu lực cao, có thể chế tạo thành nhiều hình dạng mong muốn dưới dạng cốt hoặc tấm. Đối với các cấu kiện kết cấu thép được tổ hợp bằng cán hoặc hàn, trong cấu kiện luôn có ít nhiều sự tồn tại của ứng suất dư. Ứng suất tồn tại trong các bộ phận kết cấu mà không do tác động của bất kỳ ngoại lực nào được gọi là ứng suất dư [1]. Điều quan trọng là nhận biết sự có mặt của nó vì ứng suất dư ảnh hưởng đến cường độ của các cấu kiện chịu lực.

Các ảnh hưởng của cong vênh bản bụng, bản cánh thường được xem xét kết hợp với ứng suất dư trong phân tích ổn định phi tuyến. Các kết cấu dầm thép thành mỏng được áp dụng rộng rãi cho các kết cấu thực tế như kết cấu cầu, kết cấu nhà và kết cấu cảng vì chúng mỏng, nhẹ và có cường độ chịu cắt và uốn cao. Tuy nhiên, dạng phá hoại của dầm thép cánh rộng tương đối phức tạp và phụ thuộc vào chiều dài nhịp, phân loại độ chắc của bản bụng, bản cánh.

2. MÔ HÌNH HÓA VÀ CÁC DẠNG PHÁ HOẠI CỦA CÁC GIẢI PHÁP

Để làm giảm sự mất ổn định cục bộ của bản cánh và bản bụng, đề tài hiện tại nghiên cứu đề xuất 3 giải pháp gia cường và chúng được đặt tên là Giải pháp 1, Giải pháp 2 và Giải pháp 3. Trong Giải pháp 1, chỉ có một sườn tăng cường được đặt ở giữa nhịp. Trong Giải pháp 2, chỉ có hai tấm GFRP dày 9,5 mm được dán vào các cánh trên và dưới của dầm thép thông qua các lớp kết dính dày 1 mm. Các đặc trưng vật liệu của tấm GFRP và lớp kết dính tương tự như vật liệu đã được sử dụng trong các nghiên cứu gần đây. Tấm GFRP có một mô-đun đàn hồi dọc trục 17,0 GPa, một hệ số poát-xông 0,3 và một cường độ chịu kéo 209 MPa. Vật liệu kết dính là Tyfo S với một mô-đun đàn hồi 3.180 MPa, một hệ số poát-xông 0,295 và một cường độ chịu kéo là 75,0 MPa. Mô hình được thực hiện trong phần mềm ABAQUS. Trong Giải pháp 3, cả sườn tăng cường giữa nhịp và hai tấm GFRP dày 9,5 m được gia cường vào dầm (Hình 1). Các sức kháng mô-men của các giải pháp gia cường được điều tra số và được so sánh với các sức kháng của dầm không được gia cường. Các ưu, nhược điểm của mỗi giải pháp gia cường được thảo luận và phân tích chi tiết.



Hình 1. Gia cường dầm thép bằng cách sử dụng sườn tăng cường giữa nhịp cho bản bụng và hai tấm GFRP trên hai cánh

3. PHÂN TÍCH ĐÁNH GIÁ CHI TIẾT TÁC DỤNG CỦA GIẢI PHÁP SỬ DỤNG SƯỜN TĂNG CƯỜNG BẢN BỤNG

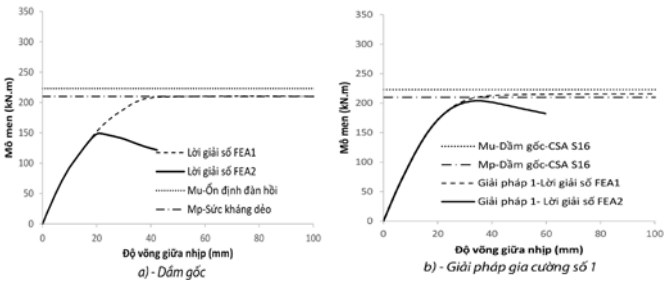
Đối với các sức kháng mô-men phi tuyến, hai loại phân tích khác nhau được thực hiện và được đặt tên là "*Lời giải số FEA1*" và "*Lời giải số FEA2*". Trong loại phân tích "*Lời giải số FEA1*", phi tuyến vật liệu được xem xét nhưng các ảnh hưởng của ứng suất dư và biến dạng ban đầu không được xem xét. Trong loại phân tích thứ hai "*Lời giải*

số FEA2", các ảnh hưởng của phi tuyến vật liệu, ứng suất dư và biến dạng ban đầu được xem xét.

Khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và các ứng suất không được xem xét (trong lời giải số FEA1), các sức kháng mô-men ổn định đàn hồi và sức kháng mô-men của hệ tăng theo thứ tự: Dầm gốc, dầm gia cường theo Giải pháp 1. Sức kháng mô-men của dầm gốc và dầm gia cường theo Giải pháp 1 gần như là một hằng số và xấp xỉ bằng các sức kháng mô-men mặt cắt chảy dẻo hoàn toàn. Khi so với các sức kháng mô-men của dầm gốc, các sức kháng mô-men của các giải pháp gia cường 1 cao hơn tương ứng là 1,9% (cho nhịp L=4,0 m). Trên Hình 2a, ta quan sát thấy dạng phá hoại của dầm gốc khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư không được xem xét chủ yếu dựa trên hiện tượng mất ổn định cục bộ của bản cánh. Do vậy, sườn tăng cường bản bụng ở giữa nhịp trong giải pháp gia cường 1 không làm tăng đáng kể sức kháng này của dầm khi so sánh với sức kháng lý thuyết của dầm (CSA S16). Lưu ý rằng, trường hợp này, các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và các ứng suất không được xem xét.

Khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và các ứng suất được xem xét (trong lời giải số FEA2), ta lại quan sát thấy một bức tranh khác biệt. Bằng cách so sánh Hình 2a với Hình 2b, ta thấy rằng các sức kháng mô-men của giải pháp gia cường số 1 (các giải pháp có sử dụng sườn tăng cường bản bụng ở giữa dầm) là cao hơn nhiều so với các sức kháng của dầm gốc. Dạng phá hoại của các Giải pháp 1 không bị kiểm soát bởi ổn định bản bụng. Cụ thể, dạng phá hoại của Giải pháp 1 là sát với một dạng phá hoại mặt cắt chảy dẻo hoàn toàn. Do vậy, việc bổ sung sườn tăng cường bản bụng trong Giải pháp 1 là có hiệu quả cao trong việc tăng sức kháng mô-men của hệ. Khi so sánh với sức kháng mô-men của dầm gốc, sức kháng mô-men của các Giải pháp 1 cao hơn tương ứng là 36,7%.

Nếu ta so sánh các sức kháng mô-men trong giải pháp gia cường 1 cả khi xét và khi không xét đến các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư với mô-men mặt cắt chảy dẻo hoàn toàn của dầm gốc, ta có thể thấy rằng các sức kháng mô-men của Giải pháp 1 chỉ tiệm cận dưới đến giá trị mô-men dẻo. Điều này chỉ ra rằng, việc gia cường sườn tăng cường bản bụng chỉ giúp khôi phục sức kháng của dầm về gần với giá trị sức kháng lý thuyết của dầm, chứ không làm tăng được đáng kể sức kháng này.



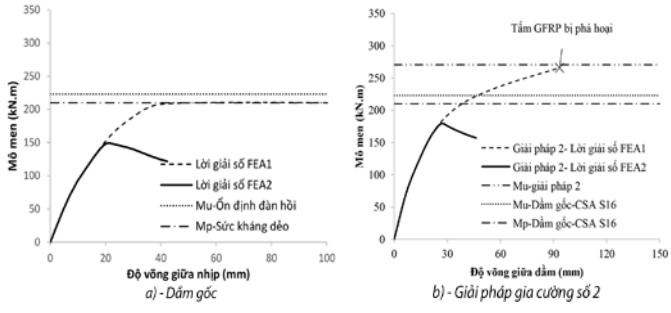
Hình 2. Mối quan hệ sức kháng mô-men phi tuyến và độ võng giữa nhịp của a) - Dầm gốc và b) - Giải pháp gia cường số 1

4. PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ CHI TIẾT TÁC DỤNG CỦA GIẢI PHÁP SỬ DỤNG TẤM DÁN GIA CƯỜNG BẢN CÁNH

Các Hình 3a và 3b trình bày mối quan hệ giữa sức kháng mô-men phi tuyến và độ võng giữa nhịp của dầm gốc và các dầm gia cường theo Giải pháp 2 khi chiều dài nhịp dầm là L=4,0 m. Các kết quả, trong đó các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư không được xem xét, được thực hiện trong lời giải số FEA1. Còn các kết quả, trong đó các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư có được xem xét, được thực hiện trong lời giải số FEA2. Các mô-men dẻo của mặt cắt chảy hoàn toàn M_p và mô-men ổn định đàn hồi M_u của dầm gốc xác định theo Tiêu chuẩn CSA S16 [15]. Sức kháng mô-men ổn định tổng thể đàn hồi M_u của các dầm gia cường trong giải pháp gia cường 2 cũng được trình bày trong Hình 3b.

Khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và các ứng suất không được xem xét (trong lời giải số FEA1), các sức kháng mô-men ổn định đàn hồi và sức kháng mô-men của hệ tăng theo thứ tự: Dầm gốc, dầm gia cường theo Giải pháp 2. Các sức kháng mô-men của các Giải pháp 2 dựa trên dạng phá hoại GFRP. Lúc này, mặt cắt thép chưa chảy dẻo hoàn toàn. Khi so với các sức kháng mô-men của dầm gốc, các sức kháng mô-men của các giải pháp gia cường 2 cao hơn là 25,9%. Ta quan sát thấy dạng phá hoại của dầm gốc khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư không được xem xét chủ yếu dựa trên hiện tượng mất ổn định cục bộ của bản cánh. Các dầm gia cường với hai tấm GFRP dán vào các cánh dầm trong các giải pháp gia cường 2 có các sức kháng mô-men cao vì chúng có thể làm suy giảm sự mất ổn định của bản cánh. Điều này chỉ ra rằng, các lời giải gia cường bằng cách sử dụng các tấm GFRP là có hiệu quả.

Khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và các ứng suất được xem xét (trong lời giải số FEA2), ta lại quan sát thấy một bức tranh khác biệt. Ta thấy rằng, các sức kháng mô-men của các giải pháp gia cường số 1 (các giải pháp có sử dụng sườn tăng cường bản bụng ở giữa dầm) là cao hơn so với các sức kháng của dầm gốc và của giải pháp gia cường số 2. Dạng phá hoại của dầm gốc và của Giải pháp số 2 là dựa trên sự mất ổn định cục bộ bản bụng. Trái lại, dạng phá hoại của Giải pháp 1 không bị kiểm soát bởi ổn định bản bụng. Cụ thể, dạng phá hoại của Giải pháp 1 là sát với một dạng phá hoại mặt cắt chảy dẻo hoàn toàn. Mặc dù vậy, ta cũng quan sát thấy rằng giải pháp gia cường 2 cũng ít nhiều làm tăng sức kháng mô-men của hệ.



Hình 3. Mối quan hệ sức kháng mô-men phi tuyến và độ võng giữa nhịp của a) - Dầm gốc và b) - Giải pháp gia cường số 2

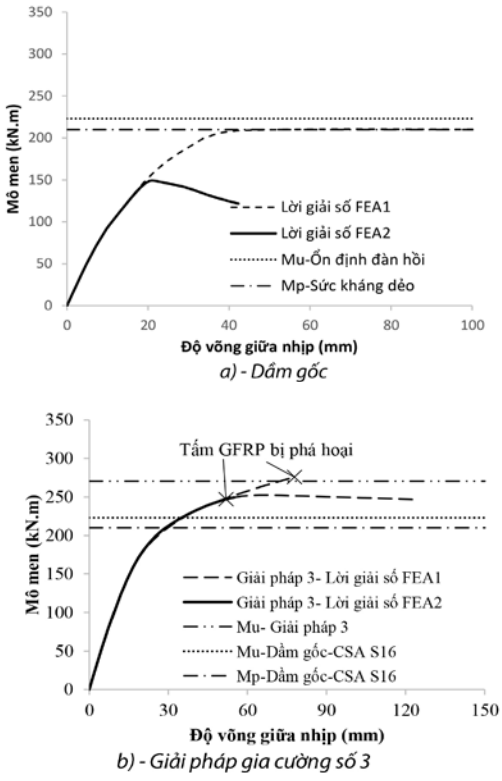
5. PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ CHI TIẾT TÁC DỤNG CỦA GIẢI PHÁP SỬ DỤNG SƯỜN TĂNG CƯỜNG BẢN BỤNG VÀ TẤM DÁN BẢN CÁNH

Các Hình 4a, 4b trình bày mối quan hệ giữa sức kháng mô-men phi tuyến và độ võng giữa nhịp của dầm gốc và các dầm gia cường theo Giải pháp 3 khi chiều dài nhịp dầm là L=4,0 m. Các kết quả, trong đó các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư không được xem xét, được thực hiện trong lời giải số FEA1. Còn các kết quả, trong đó các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư có được xem xét, được thực hiện trong lời giải số FEA2. Các mô-men dẻo của mặt cắt chảy hoàn toàn M_p và mô-men ổn định

đàn hồi M_u của dầm gốc xác định theo Tiêu chuẩn CSA S16 [15]. Sức kháng mô-men ổn định tổng thể đàn hồi M_u của các dầm gia cường trong giải pháp gia cường 3 cũng được trình bày trong Hình 3.4b.

Khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và các ứng suất không được xem xét (trong lời giải số FEA1), các sức kháng mô-men ổn định đàn hồi và sức kháng mô-men của hệ tăng theo thứ tự: Dầm gốc, dầm gia cường theo Giải pháp 3. Sức kháng mô-men của các Giải pháp 3 dựa trên dạng phá hoại GFRP. Lúc này, mặt cắt thép chưa chảy dẻo hoàn toàn. Khi so với các sức kháng mô-men của dầm gốc, sức kháng mô-men của các giải pháp gia cường 3 cao hơn tương ứng là 28,2%. Ta quan sát thấy dạng phá hoại của dầm gốc khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư không được xem xét chủ yếu dựa trên hiện tượng mất ổn định cục bộ của bản cánh. Do vậy, dầm gia cường với hai tấm GFRP dán vào các cánh dầm và sườn tăng cường vào bản bụng trong giải pháp gia cường 3 có các sức kháng mô-men cao nhất vì chúng có thể làm suy giảm sự mất ổn định cục bộ của cả bản cánh và bản bụng.

Khi các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và các ứng suất được xem xét (trong lời giải số FEA2), ta lại quan sát thấy một bức tranh khác biệt. Ta thấy rằng, các sức kháng mô-men của các giải pháp gia cường 3 (các giải pháp có sử dụng sườn tăng cường bản bụng ở giữa dầm) là cao hơn nhiều so với các sức kháng của dầm gốc và của các giải pháp gia cường số 1 và 2. Dạng phá hoại của Giải pháp 3 không bị kiểm soát bởi sự mất ổn định cục bộ của bản cánh hoặc bản bụng. Dạng phá hoại của các Giải pháp 3 là dựa trên dạng phá hoại kéo của tấm GFRP. Khi so sánh với sức kháng mô-men của dầm gốc, sức kháng mô-men của các Giải pháp 3 cao hơn là 67,2%, cho thấy Giải pháp 3 là giải pháp hiệu quả nhất trong ba giải pháp đề xuất.



Hình 4. Mối quan hệ sức kháng mô-men phi tuyến và độ võng giữa nhịp của a) - Dầm gốc và b) - Giải pháp gia cường số 3

Nếu ta so sánh các sức kháng mô-men trong các giải pháp gia cường 1 và 3 cả khi xét và khi không xét đến các ảnh hưởng của biến dạng ban đầu và ứng suất dư với mô-men mặt cắt chảy dẻo hoàn toàn của dầm gốc, ta có thể thấy rằng các sức kháng mô-men của Giải pháp 3 cao hơn nhiều, trong khi của Giải pháp 1 chỉ tiệm cận dưới đến giá trị mô-men dẻo. Điều này này chỉ ra rằng, việc gia cường tấm dán GFRP đã làm tăng sức kháng mô-men của hệ. Tuy nhiên, việc áp dụng các tấm GFRP nên được kết hợp với việc bổ sung các sườn tăng cường bản bụng để tránh trường hợp mất ổn định bản bụng như đã quan sát được trong giải pháp gia cường số 2.

6. CÁC KẾT LUẬN KIẾN NGHỊ

- Bài báo hiện tại đề xuất 3 giải pháp để giảm ảnh hưởng của các sự mất ổn định cục bộ bản cánh và bản bụng của dầm thép dưới ảnh hưởng của ứng suất dư và biến dạng ban đầu: Giải pháp 1 là sử dụng sườn tăng cường bản bụng ở giữa nhịp. Giải pháp 2 là tăng cường bản cánh bằng hai tấm GFRP và Giải pháp 3 là tổng hợp của Giải pháp 1 và Giải pháp 2. Kết quả phân tích cho thấy, tất cả các giải pháp gia cường 1, 2, 3 đều làm tăng sức kháng mô-men của dầm thép chịu ảnh hưởng của biến dạng dư và ứng suất ban đầu. Giải pháp 3 có hiệu quả cao nhất.

- Tìm hiểu thêm các giải pháp khắc phục ảnh hưởng của ứng suất dư và biến dạng ban đầu, các tấm gia cường cánh có thể là tấm thép, tấm FRP hoặc vật liệu nào đó tương đương với chiều dày hợp lý. Sườn tăng cường được bố trí nhiều hơn (theo các quy định tiêu chuẩn) để phân tích hiệu quả các giải pháp trong việc khắc phục ảnh hưởng của ứng suất dư và biến dạng ban đầu tới sức kháng của cấu kiện kết cấu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Giao thông vận tải trong Đề tài mã số T2021-CT-038.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Đào Văn Dinh và Đào Sỹ Đán (2018), Giáo trình Kết cấu thép, NXB. Đại học Giao thông vận tải.

[2]. Dibley, J. E. (1969), Lateral torsional buckling of I-sections in grade 55 steel, Proceedings of the Institution of Civil Engineers, 43, 499-627.

[3]. Mupeta, H., John, G., Hirani, A. (2015), Resistance of members to flexural buckling according to Eurocode 3, focus on imperfections, Master's thesis in mechanical engineering, Linnaeus University.

[4]. Kabir. M. I. và Bhowmick, A. K. (2016), Lateral torsional buckling of welded wide flange beams, Proceedings of the annual stability conference, Structural Stability research council, Orlando, Florida, April 12th.

[5]. Kubo, M., và Fukomoto, Y. (1988), Lateral Torsional buckling of thin walled I beams, Journal of Structural Engineering, 114, 841-855.

[6]. Nishino, F., Tall, L. and Okumura, T. (1968), Residual stress and torsional buckling strength of H and cruciform columns, Transaction of JSCE, 160, 75-87.

[7]. Galambos,T .V. (1963), Inelastic lateral buckling of beams, Proc. ASCE, vol.89 (ST5), 63-20.

[8]. Baker, K.A. và Kennedy, D., J. (1984), Resistance factors for laterally unsupported steel beams and biaxially loaded steel beam columns, Canadian Journal of Civil Engineering, 11, 1008-1019.

[9]. Ziemian, R.D. (2010), Guide to stability design criteria fô metal structures, 6th Edition, nhà xuất bản John Wiley & Sons.

[10]. Abebe, D. Y., Jang, J., Choi, J. and Part, J.U. (2015), Study on inelastic buckling and residual strength of H-section steel column member, International Journal of Steel Structures 15, 465-374.

■Ngày nhận bài: 24/02/2025 ■Ngày sửa bài: 20/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 08/4/2025

Áp dụng phương thức xây dựng khô trong thiết kế kiến trúc bền vững tại Việt Nam

Applying dry construction method in sustainable architectural design in Vietnam

> TS.KTS NGUYỄN VIỆT HUY
Khoa Kiến trúc và Quy hoạch, Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

TÓM TẮT

Việt Nam đang trong quá trình đô thị hóa nhanh chóng, đặc biệt tại Hà Nội, nơi nhu cầu về công trình kiến trúc bền vững ngày càng tăng. Tuy nhiên, phương pháp xây dựng truyền thống thường gây ra nhiều hệ lụy như ô nhiễm, lãng phí tài nguyên và tác động tiêu cực đến môi trường. Phương thức xây dựng khô, với đặc điểm thi công nhanh, tiết kiệm năng lượng và giảm phát thải, đã trở thành xu hướng quan trọng trong kiến trúc hiện đại. Tuy nhiên, tại Việt Nam, việc áp dụng phương thức này vẫn còn hạn chế do nhận thức, chính sách và công nghệ chưa đồng bộ. Do đó, nghiên cứu này sẽ phân tích tác động của phương thức xây dựng khô đến tư duy thiết kế kiến trúc nhằm thúc đẩy phát triển bền vững tại Hà Nội.

Từ khóa: Xây dựng khô; thiết kế bền vững; vật liệu bền vững; tái sử dụng.

ABSTRACT

Vietnam is undergoing rapid urbanization, especially in Hanoi, where the demand for sustainable architecture is increasing. However, traditional construction methods often cause many consequences such as pollution, waste of resources and negative impacts on the environment. The dry construction method, with its characteristics of fast construction, energy saving and emission reduction, has become an important trend in modern architecture. However, in Vietnam, the application of this method is still limited due to a lack of awareness, policies and technology. Therefore, this study will analyze the impact of the dry construction method on architectural design thinking to promote sustainable development in Hanoi.

Keywords: Dry Construction; sustainable design; sustainable materials; reuse.

1. DẪN NHẬP

Theo nghiên cứu mới nhất từ EPA - Cục Bảo vệ môi trường Hoa Kỳ, ngành Xây dựng đóng góp tới 23% ô nhiễm không khí, 50% thay đổi khí hậu, 40% ô nhiễm nước uống và 50% chất thải chôn lấp. Đối mặt với những thách thức về biến đổi môi trường và những ảnh hưởng đến hệ sinh thái hiện tại, cấp thiết cần phải tìm ra những giải pháp thiết thực và hữu hiệu.

Trong bối cảnh với những đòi hỏi cấp thiết của xã hội, cần phải tìm ra phương pháp xây dựng các loại công trình mới, sử dụng các cấu trúc nhẹ hơn, ít tốn kém hơn và bền vững hơn. Trong bối cảnh chuyển đổi sinh thái bao gồm chuyển đổi năng lượng, cái gọi là xây dựng "khô" dường như là một giải pháp lý tưởng.

Tại Việt Nam cũng như trên thế giới hiện nay, phương thức xây dựng "ướt" truyền thống vẫn được sử dụng rộng rãi và phổ biến. Đại đa số các công trình xây dựng dựa trên việc sử dụng bê tông và xi măng, gạch, các tấm sàn bê tông, dầm bê tông cốt thép đổ tại chỗ … tiêu tốn rất nhiều chi phí cho việc sản xuất và vận chuyển vật liệu. Những vật liệu xây dựng thường phải sử dụng rất nhiều nước trong các giai đoạn sản xuất đòi hỏi nhiều máy móc xây dựng cỡ lớn, và đặc biệt một đội ngũ công nhân khổng lồ trên công trường.

Công nghệ xây khô với kết cấu thép lắp ráp là phương pháp sử dụng các cấu kiện thép chịu lực cho các công trình xây dựng và các cấu kiện bao che lắp ráp mà không dùng chất kết dính như vữa, xi măng và đặc biệt không sử dụng nước. Tất cả các cấu kiện đều được sản xuất công nghiệp với độ chính xác cao và chất lượng đồng đều. Vì vậy, phương pháp xây dựng khô với cấu kiện thép lắp ráp cùng các ưu thế về công nghiệp hóa và hiện đại hóa dây chuyền xây dựng sẽ có cơ hội trở thành hướng đi tiên phong trong ngành công nghiệp này.

2. NỘI DUNG KHOA HỌC - CƠ SỞ KHOA HỌC ÁP DỤNG PHƯƠNG THỨC XÂY DỰNG KHÔ TẠI VIỆT NAM

2.1. Cơ sở pháp lý

Ở Việt Nam, có một số tiêu chuẩn đề cập đến việc sử dụng thép trong xây dựng. Trước hết, tiêu chuẩn xây dựng TCXDVN: 170:2007 (Kết cấu thép - gia công, lắp ráp và nghiệm thu - yêu cầu kỹ thuật) liệt kê các quy định về mọi khía cạnh sử dụng thép trong xây dựng, cụ thể là lắp ráp, cường độ kết cấu, vận chuyển, kiểm tra, v.v. Tiếp theo, tiêu chuẩn xây dựng TCVN: 8789:2011 (Sơn bảo vệ kết cấu thép - yêu cầu kỹ thuật và phương pháp thử) nêu rõ tiêu chuẩn áp dụng về việc sử dụng sơn trên thép.

Định hướng chính của Chính phủ về phát triển vật liệu xây dựng trong tương lai cũng tập trung vào vật liệu xây dựng thông minh, vật liệu xây dựng lắp ghép và tiết kiệm năng lượng. Tiêu biểu nhất là Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các công trình xây dựng sử dụng năng lượng hiệu quả và tái sử dụng vật liệu xây dựng (QCVN 09:2017/BXD. Quyết định 527/QĐ-BXD) yêu cầu ngành Xây dựng phải cải cách, phát triển các biện pháp thi công thay thế bê tông cốt thép, hạn chế tối đa việc khai thác vật liệu tự nhiên. Cụ thể hơn, mục tiêu của văn bản này rất rõ ràng: phát triển và ứng dụng các công nghệ xây dựng phục vụ phát triển bền vững nhằm ứng phó với biến đổi khí hậu.

2.2. Cơ sở lý thuyết

2.2.1. Mục tiêu của phát triển bền vững

Để đảm bảo được tính bền vững, kiến trúc cũng cần phải đáp ứng được các tiêu chí về địa điểm, về sử dụng tài nguyên năng lượng, chất lượng môi trường công trình, kiến trúc có bản sắc và có tính xã hội nhân văn bền vững. Những điều này chính là sự thích ứng bản địa và kiến trúc thích ứng bản địa là kiến trúc bền vững.

Từ đó, có thể thấy rằng phát triển bền vững là yêu cầu tất yếu trong xu hướng phát triển của thời đại mới.



Hình 1. Các yếu tố của phát triển bền vững trong thế kỷ 21 bao gồm 3 yếu tố chính: Kinh tế, xã hội và môi trường.

2.2.2. Nghiên cứu lý thuyết về phương thức xây dựng khô trong kiến trúc bền vững

a. Quá trình sản xuất

Thép được sản xuất từ quặng sắt và than cốc (gang) - quặng sắt, giống như than đá, rất dồi dào trên trái đất - hoặc từ kim loại phế liệu và điện (điện). Ngày nay, từ 40% đến 50% sản lượng thép toàn cầu được làm từ kim loại phế liệu tái chế. Tỷ lệ thép được sản xuất từ thép tái chế ngày càng tăng. Vì vậy, lượng thép hiện đang cố định trong các tòa nhà hoặc đồ vật trong tương lai sẽ trở thành nguồn nguyên liệu thô.

Quá trình sản xuất thép tạo ra rất ít chất thải hoặc chất gây ô nhiễm cho môi trường và lượng nước tiêu thụ phần lớn được tái chế. Các sản phẩm phụ từ quá trình sản xuất thép được tái sử dụng. Ngoài ra, thép dễ dàng kết hợp với các vật liệu khác. Điều này giúp bạn dễ dàng lựa chọn dựa trên tiêu chí môi trường nhưng vẫn có thể thoải mái thiết kế. Ví dụ, có thể kết hợp khung kim loại với lớp ốp gỗ hoặc mặt tiền bằng kính.

b. Quá trình thi công xây dựng

Việc sử dụng thép giúp giảm thiểu sự gián đoạn trong quá trình xây dựng. Các bộ phận bằng thép tương đối nhẹ nên dễ dàng vận chuyển. Về mặt cấu trúc, điều này giúp tiết kiệm vật liệu và giảm kích thước móng, không cần phải đào đất tạo ra đất thải và phải luân chuyển. Điều này cũng hạn chế việc sử dụng các loại máy móc như máy trộn bê tông tại công trường xây dựng vì chúng gây ra giao thông và bụi bẩn. Kết cấu thép hoặc lớp phủ chủ yếu được sản xuất tại các xưởng hoặc nhà máy, trong môi trường được kiểm soát, nơi có điều kiện làm việc và an toàn tốt hơn. Xu hướng hiện nay là tăng tỷ lệ sản xuất ngoài công trường, chỉ dành riêng khâu lắp ráp các bộ phận đúc sẵn. Ngoài ra, kết cấu thép có thể được giao đúng lúc để lắp ráp theo nguyên tắc "kịp thời", do đó hạn chế nhu cầu lưu trữ tại chỗ, điều này đặc biệt có giá trị ở các khu vực thành thị. Kết cấu thép là việc lắp đặt khô, một phần hoặc toàn bộ, các sản phẩm hoàn thiện, không gây tiếng ồn hoặc bụi bẩn gây ô nhiễm và làm phiền khu dân cư. Vì thép không tạo ra bất kỳ chất thải nào nên không cần xử lý rác thải và tốc độ lắp ráp giúp giảm thiểu thời gian thực hiện công việc.

c. Quá trình khai thác, sử dụng

Trong vòng đời của một tòa nhà, chúng ta phân biệt, một mặt, năng lượng tích hợp bao gồm tất cả năng lượng cần thiết cho việc khai thác, sản xuất và vận chuyển sản phẩm cũng như xây dựng. Mặt khác, năng lượng vận hành của tòa nhà trong suốt vòng đời của nó bao gồm chiếu sáng, sưởi ấm, thông gió, vận hành, bảo trì, sửa chữa. Đối với một tòa nhà văn phòng thông thường, năng lượng tiêu thụ trong suốt vòng đời của tòa nhà có thể lớn hơn gấp mười lần so với năng lượng tích hợp. Do đó, điều cần thiết là phải tập trung nhiều hơn vào việc tiết kiệm năng lượng hơn là năng lượng tích hợp. Ví dụ, bằng cách ưu tiên thiết kế năng lượng tốt cho tòa nhà, cách nhiệt (cả lạnh và nóng), chiếu sáng và thông gió tự nhiên, dễ bảo trì và khả năng cải tiến theo thời gian.

Kết cấu thép tạo ra những khoảng mở lớn để ánh sáng có thể đi vào và có khả năng tận dụng năng lượng mặt trời. Rất có lợi cho sự cân bằng năng lượng, các giải pháp cách nhiệt bên ngoài dễ dàng áp dụng. Với khung thép cột và dầm, không có tường chịu lực, các kiến trúc sư có thể tự do tối đa trong việc thiết kế bố cục nội thất mới, thậm chí là cải tạo mặt tiền. Các tòa nhà hiện có có thể dễ dàng được mở rộng hoặc cải tạo và nâng cấp theo tiêu chuẩn sử dụng mới hoặc thậm chí thay đổi mục đích sử dụng.

d. Quá trình tái chế

"Tuổi thọ hữu ích" của bất kỳ tòa nhà hay công trình nào đều không phải là vô hạn. Những tòa nhà không thể cải tạo được phải có khả năng tháo dỡ hoặc phá dỡ, nếu không muốn nói là chuyển đổi. Việc tháo rời này có thể được lên kế hoạch ngay từ giai đoạn thiết kế, tương tự như những gì đang được thực hiện trong ngành công nghiệp ô tô hiện nay. Mục tiêu là có thể dễ dàng tách các thành phần và phân loại vật liệu để tái sử dụng hoặc tái chế. Thép rất dễ tháo dỡ, không gây quá nhiều tiếng ồn, bụi và mảnh vụn, đồng thời có thể tái sử dụng các yếu tố tự nhiên. Ngoài ra, nó còn dễ dàng được phân loại nhờ tính chất từ tính của nó và có thể được tái chế 100% vô tận mà không làm mất đi bất kỳ tính chất nào.

2.3. Cơ sở thực tiễn

2.3.1. Lịch sử phát triển xây dựng khô tại Việt Nam

a. Những cách tiếp cận ban đầu

Trong nhiều thế kỷ, gỗ đã trở thành một yếu tố thiết yếu trong kiến trúc và văn hóa Việt Nam, cũng như nền kinh tế nông nghiệp. Khí hậu nhiệt đới, địa hình đồi núi, bờ biển dài và diện tích rừng rộng lớn đều là những đặc điểm địa lý khiến gỗ trở thành vật liệu được lựa chọn. Các loại gỗ được xử lý theo bí quyết và kinh nghiệm bản địa, phù hợp với bản chất của chúng, tương đối bền, có khả năng chống ẩm hoặc sâu bệnh nhất định. Những thiết kế mà các kiến trúc bằng gỗ này có thể tạo ra - mái cong, không gian mở rộng lớn, thiết kế chạm khắc tinh xảo tạo ra những nét đặc trưng và sự lai tạo giữa các nền văn hóa khác nhau của Việt Nam đã xuất hiện qua nhiều thế kỷ.

Tre cũng đã có lịch sử sử dụng lâu đời trong kiến trúc Việt Nam, có niên đại từ nhiều thế kỷ trước Công nguyên. Tre từ lâu đã có nhiều ở các vùng nhiệt đới và chủ yếu được sử dụng để xây nhà, cầu, nhưng cũng được dùng trong đền chùa và nhiều công trình khác do tính sẵn có và tính chất cơ học của nó.

Tầm quan trọng của gỗ trong việc xây dựng và lịch sử kiến trúc Việt Nam vẫn còn rõ ràng trong các công trình mang tính di sản và được truyền lại cho tới ngày nay. Trong số đó, nhiều ngôi chùa và các tòa nhà hành chính hoặc nhà cộng đồng khác đều là dấu vết của di sản kiến trúc này. Mặc dù nhiều công trình trong số này đã biến mất sau chiến tranh và những thay đổi chính trị trong suốt chiều dài lịch sử đất nước, tầm quan trọng của việc sử dụng gỗ trong xây dựng vẫn có thể được đánh giá qua một số ví dụ đáng chú ý như chùa Keo ở tỉnh Thái Bình, đình Bảng ở Bắc Ninh hay đình Mông Phụ ở Hà Nội.

b. Thời kỳ phong kiến

Cho đến thế kỷ 17, Hà Nội, hay đúng hơn là Thăng Long vào thời điểm đó, chủ yếu bao gồm những ngôi nhà thấp làm bằng tranh, gỗ và tre. Những vật liệu này khiến thành phố cực kỳ dễ xảy ra hỏa hoạn và cháy lan rất nhanh. Nhiều vụ hỏa hoạn đã tàn phá thành phố và thành quách, đáng chú ý nhất là vụ hỏa hoạn vào mùa xuân năm 1278 đã được ghi chép lại trong cuốn "Đại Việt sử ký toàn thư".

Theo thời gian, tre bắt đầu biến mất do các đám cháy tàn phá, nhưng cũng nhờ vào các hoạt động giao lưu văn hóa thông qua hoạt động thương mại, xuất hiện những ngôi nhà kiên cố hơn bằng những

vật liệu bền chắc hơn đã góp phần làm phong phú hơn trong cảnh quan đô thị. Tre vẫn được sử dụng cho đến khi người Pháp bắt đầu lên kế hoạch tăng mật độ và vệ sinh thành phố vào năm 1884. Từ thế kỷ 17 đến năm 1884, thành phố trở nên giàu có nhờ vị thế là một thị trấn chợ. Tre đang dần biến mất khỏi môi trường sống và chủ yếu được sử dụng cho các công trình phụ trợ như xưởng thủ công hoặc cửa hàng dọc theo các con phố. Chúng được làm bằng gỗ, tre, rơm và bùn và được gọi là "paillotes".

c. Thời kỳ kháng chiến

Vào đầu thế kỷ 20, công nghệ xây dựng sử dụng khung kết cấu thép lắp ghép đã được người Pháp đưa vào Việt Nam. Vào thời điểm này, Tháp Eiffel đã được hoàn thành sau hơn 30 năm và ngành Xây dựng của Pháp đang phát triển mạnh mẽ với các kết cấu thép cùng ưu điểm là vận chuyển nhỏ gọn và dễ thi công. Do đó, thép được chọn làm vật liệu xây dựng cho các tòa nhà của Pháp ở Việt Nam nhằm chứng minh quyền lực của chính quyền thực dân.

Công trình nổi tiếng nhất được hoàn thành ở Việt Nam trong thập niên đầu tiên của thế kỷ 20 là Nhà hát Lớn Hà Nội, có kết cấu hoàn toàn bằng thép. Vào thời điểm xây dựng, đây là tòa nhà sang trọng nhất Đông Dương. Toàn bộ trần nhà, ban công và cầu thang đều được làm bằng dầm thép kết hợp với đinh và dầm thép định hình cùng gạch cuộn để tạo thành mặt sàn. Phương pháp xây dựng bằng khung thép lắp ghép và tường gạch được ưa chuộng trong xây dựng các công trình công cộng quy mô lớn. Các loại hình tòa nhà rất đa dạng, từ các tòa nhà sang trọng đến các nhà máy công nghiệp cho đến cơ sở hạ tầng giao thông. Ngoài ra còn có cầu Long Biên, được làm bằng thép lắp ghép hoàn chỉnh, kế thừa những tiến bộ kỹ thuật của thời kỳ này: cầu dài 1682 m, có 19 nhịp, 1 đường ray xe lửa và hai lối đi bên cạnh cho xe cơ giới. Các công trình thép quan trọng khác trong thời kỳ này bao gồm Nhà máy xe lửa Gia Lâm, Nhà máy rượu Hải Dương và Nhà ga sân bay Gia Lâm và Bệnh viện Bạch Mai.

Sau khi Đảng Cộng sản lên nắm quyền vào năm 1954, miền Bắc Việt Nam bắt đầu xây dựng cơ sở cho công nghiệp hóa. Bao gồm chủ yếu là các nhà máy công nghiệp nặng, chúng đòi hỏi một số lượng lớn khung lắp ráp. Tuy nhiên, vào thời điểm đó, thép là vật liệu hiếm vì phải nhập khẩu từ các nước xã hội chủ nghĩa khác, chủ yếu là Liên Xô. Con đường để có được thép từ Nga hoặc Đông Âu rất dài. Do đó, thép chỉ được sử dụng cho các nhà máy có kích thước lớn, cột cao, nhịp rộng như Khu liên hợp gang thép Thái Nguyên. Trong những trường hợp khác, chỉ có bê tông cốt thép được sử dụng vì nó có thể được sản xuất tại địa phương, từ cát phù sa của Sông Hồng. Cũng trong những năm 1960, trong cuộc chiến tranh thống nhất đất nước, các đơn vị sản xuất ở miền Bắc thường xuyên bị đánh bom. Thép không phải là vật liệu được ưa chuộng vì kết cấu kim loại khó sửa chữa tại chỗ.

d. Sau đổi mới

Từ những năm 1990 đến nay, cùng với sự phát triển nhanh chóng của nền kinh tế và xây dựng, nhu cầu về thép đã tăng lên đáng kể. Hầu như tất cả các nhà máy đều được xây dựng hoàn toàn bằng thép. Mái nhà bê tông cốt thép nặng nề được thay thế bằng mái tôn nhẹ đặt trên các thanh xà gồ có thành mỏng.

Được du nhập vào Việt Nam từ đầu thế kỷ 20, người Việt Nam chủ yếu sử dụng khung thép để lắp ráp trong các công trình công nghiệp hoặc cộng đồng; hiếm khi xảy ra ở khu dân cư. Việc xây dựng thường có định dạng thô sơ, tập trung vào chức năng sản xuất và ít chú trọng đến tính thẩm mỹ.

Trong khi thép là vật liệu đắt tiền, bê tông cốt thép ra đời từ những vật liệu sẵn có như đá vôi, đất sét, cát, v.v., dễ dàng tìm thấy trong các nguồn tài nguyên thiên nhiên tại địa phương mà không cần kỹ thuật sản xuất cao. Do đó, xây dựng bê tông đã trở thành phương pháp phù hợp và được ứng dụng rộng rãi trong nhiều loại hình xây dựng, từ nhà ở, thương mại đến công trình công cộng và thương mại.

Vì vậy, các phương pháp xây dựng khô, đặc biệt là kiến trúc gỗ truyền thống, đã gặp phải một số thách thức. Kết cấu gỗ truyền thống và khả năng không thể xây dựng các tòa nhà cao tầng cùng nhiều lý do khác đã dẫn đến sự biến mất của nó.

2.3.2. Khó khăn hiện tại cho phương pháp xây dựng khô tại Việt Nam

a. Nguồn lực sẵn có và chi phí

Trước hết, có một vấn đề về chi phí vật liệu chủ yếu được nhắc đến trong phương pháp xây dựng khô. Cần phải thừa nhận rằng hiện nay Việt Nam không thể sản xuất được những sản phẩm này với số lượng cần thiết và thường phải nhập khẩu, điều này thực tế khiến chúng trở nên đắt đỏ hơn và hướng các nhà đầu tư đến các giải pháp xây dựng khác. Lấy thép làm ví dụ, đây là một vật liệu đắt tiền; cả mỏ khoáng sản và ngành công nghiệp chế biến đều thiếu.

Về gỗ, chúng ta đang thiếu nguồn tài nguyên có thể khai thác. Các khu bảo tồn rừng chịu ảnh hưởng lớn từ nhiều cuộc chiến tranh đã diễn ra. Phần lớn các khu rừng đều được bảo vệ theo quy chế bảo tồn hoặc đơn giản là quá non để khai thác. Văn hóa xây dựng bằng gỗ cũng đã bị mất đi, ngay cả ở các làng dân tộc thiểu số nơi mà nó vẫn là dấu ấn kiến trúc và văn hóa mạnh mẽ.

Hình ảnh gắn liền với loại hình xây dựng này không còn phù hợp với khát vọng về sự tiện nghi và hiện đại mà người dân Việt Nam ưa chuộng trong cuộc sống hàng ngày; bao gồm cả những người ở vùng nông thôn. Trên thực tế, phần lớn gỗ được sản xuất tại Việt Nam hiện nay đều được sử dụng trong lĩnh vực đồ nội thất. Hãy cùng xem xét số liệu về xuất khẩu gỗ. Năm 2019, đạt 11,3 tỷ đô la, trong đó có hơn 10,5 tỷ đô la cho đồ nội thất bằng gỗ.

b. Công nghệ xây dựng

Việc sử dụng các sản phẩm phẳng tạo nên các thành phần của lớp vỏ tòa nhà như mặt tiền và mái nhà, phải trải qua quá trình phát triển mất nhiều năm. Ngành công nghiệp khung kim loại cung cấp vật liệu về kết cấu nhưng chưa cung cấp cho tất cả các bộ phận của tòa nhà. Về vấn đề này, ngành bê tông cốt thép có khả năng thực hiện được điều đó.

Điều kiện để ngành này phát triển hiệu quả và toàn diện là tất cả các bên liên quan đều hiểu được phạm vi của nó, không chỉ cung cấp vật liệu mà là cung cấp các bộ phận liên kết chặt chẽ để tạo nên một công trình hoàn chỉnh.

Bên cạnh đó, như đã đề cập, việc xây dựng bê tông không đòi hỏi lao động được đào tạo. Thật khó để xem xét sử dụng lực lượng lao động nếu không được đào tạo trước về sản xuất các sản phẩm thuộc ngành Xây dựng khô vì nó đòi hỏi lao động có trình độ.

c. Các quan niệm xã hội

Kết cấu bê tông với khả năng tạo hình dễ dàng đối với các chi tiết kiến trúc, đặc biệt là các chi tiết gờ phào chỉ đã tạo nên một ấn tượng và trở thành một quan niệm in sâu trong tư duy và thẩm mỹ kiến trúc của một bộ phận không nhỏ. Các kết cấu thép với khả năng tạo hình khổ lớn, chưa được đánh giá cao về mặt thẩm mỹ trong tư duy thiết kế hiện nay của đại đa số người Việt.

2.3.3. Phân tích các công trình thực tế

a. Tòa thị chính Gauchy-en-Vermandois

Tại thị trấn Gauchy, Pháp, thị trưởng muốn xây dựng một tòa thị chính. Tầm quan trọng của dự án này là chứng minh tầm quan trọng về mặt chính trị của công trình, đồng thời tận dụng tối đa lợi thế của địa điểm: một tầm nhìn đặc biệt hướng về vương cung thánh đường Saint-Quentin. Nhưng đồng thời cũng phải cung cấp một công trình hiện đại, có khả năng mở rộng, chuyển đổi, thích ứng vì nhiều hoạt động diễn ra ở nơi này bao gồm các hoạt động chính trị, xã hội, hành chính... Thay vì đề xuất xây dựng một tòa thị chính theo phong cách cũ bằng bê tông và đá phiến, dự án này đề xuất xây dựng một tòa thị chính hiện đại bằng thép và kính, chứng minh rằng tòa nhà như vậy có thể thích ứng với các xu hướng kiến trúc mới.

Đặc biệt, sàn của tầng chính hoàn toàn tự do, vì sàn của tầng trên được treo vào khung mái, giúp truyền tải trọng ra các trụ bên ngoài tòa nhà. Trong một cấu trúc được tối ưu hóa cao thông qua việc sử dụng tất cả các nguồn lực của vật liệu thép.

Tác phẩm này không chỉ mang về cho Gauchy giải thưởng "L'Empreinte" năm 1992, được trao cho bốn thành tựu kiến trúc đẹp nhất của Pháp; Nó cũng phù hợp với cảnh quan địa phương như một biểu tượng cho tinh thần đổi mới đã đặc trưng cho thị trấn này kể từ những năm 1970.



Hình 2. Tòa thị chính Gauchy-en-Vermandois (Dubosc et Landowski architectes)



Hình 3. Trường Cao đẳng André Maurois (Dubosc et Landowski architectes)

b. Trường Cao đẳng André Maurois ở Limoges

Trường Cao đẳng André Maurois ở Limoges được xây dựng cách đây vài thập kỷ như một phần của chương trình lớn của Chính phủ Pháp nhằm cung cấp cơ sở vật chất trường học một cách nhanh chóng và tiết kiệm trên khắp khu vực. Nó được làm bằng kết cấu thép và các tấm nhẹ. Những tòa nhà này được xây dựng trong thời gian ngắn với chi phí thấp. Điểm đặc biệt của các hệ thống xây dựng này là chúng có thể sửa đổi, chuyển đổi và mở rộng quy mô. Đây là những tòa nhà có khả năng phát triển liên tục. Theo thời gian, các tòa nhà được bảo tồn và cải thiện chúng để đáp ứng các yêu cầu của thời đại: âm học, nhiệt, an toàn mà không phá hủy chúng.

Nhìn chung, trong bối cảnh thị trường xây dựng hiện nay phải thích ứng với những thách thức về môi trường, chúng ta phải luôn ủng hộ việc khôi phục các tòa nhà cũ thay vì phá hủy chúng. Và kỹ thuật xây dựng khô là hoàn toàn phù hợp cho mục đích phục hồi.

c. Trạm thu phí Đèo Cả và Trung tâm quản lý trạm thu phí - Việt Nam

Trong phạm vi ngân sách, dự án đã áp dụng các nghiên cứu khoa học kỹ thuật tiên tiến để tăng giá trị chung của dự án. Thiết kế hướng đến kiến trúc xanh, hài hòa với môi trường tự nhiên và tiết kiệm năng lượng. Dự án đáp ứng các yêu cầu về công năng, kỹ thuật, thẩm mỹ và phòng cháy chữa cháy. Hệ thống kết cấu đảm bảo hoạt động tốt, chống lại các tác động bên ngoài và có tuổi thọ phù hợp với chất lượng xây dựng. Dễ dàng xây dựng và lắp đặt, hiệu quả chi phí cao. Các vật liệu được sử dụng trong các tòa nhà hiện đại mang lại sự thoải mái và vệ sinh cho các tòa nhà mà không làm chúng trở nên lạc hậu theo thời gian.



Hình 4. Trạm thu phí Đèo Cả và Trung tâm điều hành (ADA Việt Nam)

d. Nhà Đoàn Viên - Việt Nam

Ý tưởng chủ đạo xuyên suốt của dự án là làm mới những giá trị xưa cũ, tìm lại truyền thống. Vật liệu và các chi tiết kiến trúc cũng được khai thác theo khía cạnh đó. Kết cấu cột thép mang hơi thở thời đại, phù hợp với điều kiện xây dựng cũng như tính bền vững được mô phỏng theo kết cấu tre truyền thống. Ưu điểm thi công đơn giản tiết kiệm thời gian phù hợp với điều kiện cải tạo của dự án.



Hình 5. Nhà Đoàn Viên (ADA Việt Nam)

3. KẾT LUẬN

Có lẽ trong bối cảnh chúng ta cần quay trở lại nguồn gốc kiến trúc để tìm ra giải pháp xây dựng bền vững hơn, thì xây dựng khô sử dụng thép làm vật liệu kết cấu chỉ đơn giản là sự cải tiến của kiến trúc "khô" truyền thống. Kiến trúc khô truyền thống đã chứng minh được những thành công nhất định trong việc sử dụng gỗ và tre. Đó là kiến trúc thân thuộc với người Việt, thân thiện với môi trường bản địa và văn hóa bản địa. Kiến trúc khô sử dụng gỗ và tre vẫn còn nguyên giá trị cho đến khi gặp phải những bất cập về khả năng xây dựng cao tầng cũng như khả năng chống chịu với hỏa hoạn.

Ngày nay với sự tiến bộ của khoa học về vật liệu, thép đang trở thành một vật liệu tiên phong, khơi gợi lại những giá trị của kiến trúc khô truyền thống, như một sự cải tiến mới. Tuy nhiên với những phân tích ở trên, vật liệu thép và xây dựng khô thời đại mới gặp phải những thách thức không nhỏ.

Qua việc phân tích những cơ sở từ lý thuyết đến thực tiễn tại Việt Nam và các công trình mà chúng tôi đã thực hiện cho đến phân tích các yếu tố về phát triển bền vững, chúng tôi sơ bộ đề xuất các hành động trong 3 chủ đề theo 3 trụ cột của phát triển bền vững (kinh tế, môi trường và xã hội) để thúc đẩy sự phát triển của giải pháp xây dựng khô trong thiết kế kiến trúc tại Việt Nam:

Về kinh tế

- Thúc đẩy phân tích chi tiết về chi phí nhằm thông báo cho chủ dự án các thông tin đáng tin cậy về tổng chi phí. (phân tích vòng đời để đánh giá tác động của vật liệu từ khi khai thác đến khi xử lý cuối vòng đời).
- Khuyến khích sự hợp tác giữa các bên trong ngành Xây dựng để thúc đẩy sự kết nối giữa các vật liệu xây dựng khô tạo chuỗi cung ứng đầy đủ các sản phẩm cho 1 công trình xây dựng.
- Tạo ra môi trường chuẩn hóa sản phẩm và môi trường làm việc đối với phương pháp xây dựng khô.

Về môi trường

- Hoàn thiện hệ thống thu thập và sử dụng dữ liệu về môi trường và sức khỏe.
- Làm nổi bật thêm các vấn đề liên quan đến năng lượng và tuổi thọ của tòa nhà.
- Phát triển khía cạnh vật liệu, quy trình và hệ thống của lắp ráp thép trong xây dựng theo quan điểm môi trường: thúc đẩy công tác nghiên cứu tích hợp yếu tố môi trường, các giải pháp thu hồi và tái chế vật liệu.

Về Xã hội

- Phổ biến thông tin khách quan tới các bên liên quan trong ngành Xây dựng về các quy định tác động đến các công trình sử dụng thép.
- Phát triển kỹ năng thi công kết cấu thép, phát triển đào tạo kiến trúc, đào tạo kỹ thuật, kinh tế về xây dựng công trình sử dụng kết cấu thép.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Dubosc, Éric, Phương pháp xây dựng nhỏ: logic địa điểm, logic triển khai, Paris: Carré, 1997.
[2]. Della Fontana, Jacopo, Dubosc & Landowski: kiến trúc môi trường, Milan: Arca (L '), 1998
[3]. Filliat G., Thực hành về đất và nền, Monitor, Paris, 1981.
[4]. Fruitet, L., Khóa học xây dựng kim loại dành cho sinh viên kiến trúc sư, Dunod / UPAI, Paris, 1983.
[5]. Gibberd, V., Architectura nel mondo, forme e strutture di tutti i tempi e tutti i paesi, Istituto Geografico De Agostini, S.p.A., Novara, 1989.
[6]. Hanses, Katrin, O'donovan, J. Roderick, Kết cấu thép, Basel: Birkhäuser Verlag, 2015.
[7]. Hart, F., Henn, W., Sontag, H., Kết cấu thép, tòa nhà hai tầng, ấn bản lần 1, Dominique Vincent et Cie, 1974. Ấn bản lần 2, Sepfi, Paris, 1986.
[8]. Hoyet, Nadia, Vật liệu và kiến trúc bền vững: sản xuất và chuyển đổi, đặc tính vật lý và kiến trúc, phương pháp tiếp cận môi trường, Malakoff: Dunod, 2017.
[9]. Kottas, Dimitris, Kiến trúc và xây dựng: kim loại, Barcelona: Linksbooks, 2012.
[10]. Letertre, F., Renaud, H., Công nghệ xây dựng kết cấu: nề và hoàn thiện, Foucher, Paris, 1978.
[11]. Maillard, Carol, Mặt tiền & mái nhà : hiệu suất, kiến trúc, thép, Paris: Eyrolles, 2015.
[12]. Noverraz, M., Công nghệ xây dựng, 2 tập, ấn bản lần 4, Eyrolles, Paris, 1992.
[13]. Phúc âm, P., Leuthäuser, G., kiến trúc thế kỷ 20, Benedickt Taschen Verlag GmbH & Co.KG, Cologne, 1991.
[14]. Saint-Mihiel, Claudio Claudi, Đổi mới công nghệ và kiến trúc: Logiche và phương pháp luận dell'atelier Dubosc & Landowski, Lecce, Edizioni del Grifo, 1999.
[15]. Stockhammer, Daniel, Tiếp tục bằng thép: kiến trúc trên cao, Zurich: Park Books, 2017.

■Ngày nhận bài: 21/02/2025 ■Ngày sửa bài: 13/3/2025 ■Ngày chấp nhận đăng: 09/4/2025

Investigation of the Correlation between stiffness and Natural oscillation frequency in Multi-Storey reinforced concrete structures

Khảo sát mối liên hệ giữa độ cứng và tần số dao động riêng trong kết cấu nhà nhiều tầng bê tông cốt thép

> NGUYEN QUANG TUAN*, BUI TRUONG GIANG, TRAN THI PHUONG LAN
Bộ môn Xây dựng, Khoa Công nghệ và Kỹ thuật, trường Đại học Hải Phòng
*Email: tuan769@dhhp.edu.vn

ABSTRACT

The control and understanding of the natural vibration behavior of multi-story reinforced concrete (RC) buildings play a fundamental role in ensuring structural safety and performance, particularly in response to dynamic lateral loads such as wind and seismic actions. These loads can induce resonant vibrations that may compromise the structural integrity or serviceability of buildings if not properly accounted for during the design phase. Natural vibration characteristics-specifically the fundamental vibration frequency-are influenced by a variety of factors, including the total height of the structure, geometric configuration of the floor plan and elevation, the nature and layout of load-bearing elements, material stiffness, and the integrity of structural connections. In this study, the author conducts a comprehensive analysis of the natural vibration frequencies of multi-story RC buildings, with a particular focus on how these frequencies correlate with the overall stiffness of different structural systems. Emphasis is placed on the behavior of structures utilizing a combined frame-wall load-bearing system-a commonly adopted solution in high-rise construction due to its balance of flexibility and rigidity. By examining variations in stiffness and their corresponding impact on the fundamental vibration period, the paper offers insights into the design implications for engineers aiming to optimize structural performance under dynamic loading conditions. The research highlights the importance of accounting for stiffness in early design decisions and provides a comparative evaluation of various structural configurations, thereby contributing to more resilient and efficient design strategies for multi-story reinforced concrete buildings.

Keywords: Natural vibration frequency; Multi-Story Building structures; structural system stiffness; Frame-Wall structural System.

TÓM TẮT

Kiểm soát dao động riêng của các công trình nhà bê tông cốt thép (BTCT) nhiều tầng có ý nghĩa quan trọng trong việc đảm bảo tính ổn định và hiệu quả làm việc của kết cấu, đặc biệt khi công trình phải chịu các tác động ngang có tính chất động như gió và động đất. Các yếu tố này cần phải được tính đến tính hợp lý trong giai đoạn thiết kế, không để hiện tượng cộng hưởng có thể xảy ra, làm suy giảm khả năng chịu lực hoặc ảnh hưởng đến độ bền công trình. Trong thực tế, các thông số dao động riêng, đặc biệt là tần số dao động cơ bản, bị chi phối bởi nhiều yếu tố như chiều cao tổng thể, hình dạng mặt bằng và mặt đứng, cách bố trí hệ chịu lực, độ cứng vật liệu, cũng như chất lượng liên kết giữa các bộ phận cấu kiện. Nghiên cứu này tập trung phân tích toàn diện mối quan hệ giữa tần số dao động cơ bản và độ cứng tổng thể của kết cấu trong các công trình BTCT nhiều tầng. Tác giả xem xét dao động của hệ kết cấu khung-tường chịu lực, giải pháp thường được áp dụng trong nhà cao tầng nhờ khả năng phối hợp linh hoạt giữa độ cứng và tính mềm dẻo. Thông qua đánh giá ảnh hưởng của sự thay đổi độ cứng đến chu kỳ dao động cơ bản, nghiên cứu mang lại những gợi ý thiết kế hữu ích cho việc nâng cao hiệu quả làm việc của kết cấu dưới tác động động học. Đồng thời, kết quả phân tích cũng cho thấy tầm quan trọng của việc lựa chọn cấu hình kết cấu phù hợp ngay từ giai đoạn thiết kế sơ bộ, góp phần phát triển các chiến lược thiết kế tối ưu và bền vững cho công trình BTCT nhiều tầng.

Từ khóa: Tần số dao động riêng; kết cấu nhà nhiều tầng; ddộ cứng hệ kết cấu; hệ kết cấu khung-tường.

1. INTRODUCTION

Natural oscillations of multi-storey buildings have two important mechanical characteristics: oscillation period (or frequency) and oscillation mode [1, 2]. A structure with n degrees of freedom has n natural oscillation frequencies, we have one main mode, so the system has n main modes of oscillation [3]. If the natural oscillation frequency of the system can be determined, we can determine the mode of oscillation and calculate the structure to avoid resonance, as well as easily determine the impact of external forces through load analysis according to the main mode of oscillation [4-6]. Consider a single-degree-of-freedom system: a simple weightless beam carrying a concentrated mass m is subjected to a dynamic load P(t), the single-degree-of-freedom system is the vertical displacement y(t) of mass m, show in Figure 1. In case of n forces: the system will be n degrees of freedom (Figure 2).

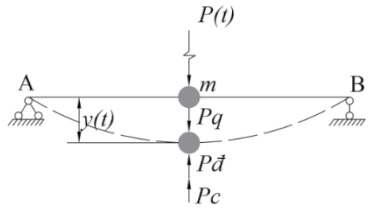


Figure 1. Oscillation of a single degree of freedom system

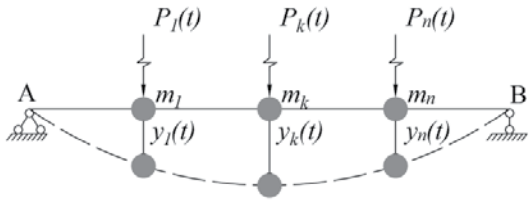


Figure 2. Oscillation of n-degree-of-freedom system

For high-rise buildings, the simple assumption is that a conson bar has n points where the mass m is concentrated at the floor levels. The multi-storey building calculation model is illustrated in Figure 3 below:

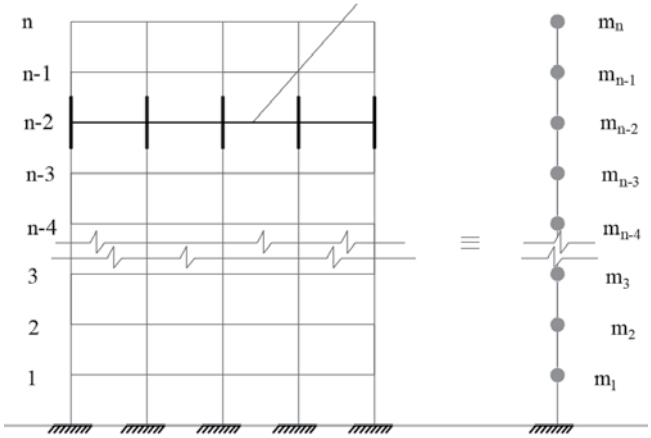


Figure 3. Calculation model of multi-storey building (n floors) corresponding to n degrees of freedom system [1, 3, 4, 6]

Solving a system of n balanced equations will give n positive and distinct real solutions representing the natural oscillation frequencies (oscillation frequencies per second). Arrange these frequencies in order from smallest to largest. is called the natural frequency vector. and is called the fundamental frequency and period of oscillation, calculated according to:

Oscillation frequency (number of oscillations per second) [7]:

$$f_i = \frac{\omega_i}{2\pi} \quad (1)$$

Oscillation period (time required to complete one complete oscillation) [7]:

$$T_i = \frac{2\pi}{\omega_i} \quad (2)$$

2. DETERMINING THE FREQUENCY OF VIBRATIONS IN MULTI-STORY BUILDINGS

2.1. The computational model is a simple consonant bar[8]:

The calculation model is a conson bar with one end attached to the foundation and with the assumption that the weight is evenly distributed along the height of the structure [8] as shown in Figure 4 below.

Then we can determine the first form of self-oscillation cycle according to the following formula:

$$T_j = \left(\frac{2\pi H^2}{1.875^2}\right)\sqrt{\frac{m}{B_j}} \quad (3)$$

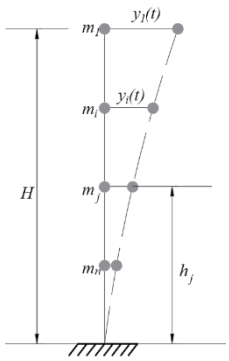


Figure 4. Simple conson model calculating the oscillation period [8]

In there:

m- mass per unit height can be taken in the range of 3 to 5 kN/m;

B_j - stiffness of the house B_x , B_y when bending along the X and Y axes;

H - calculated height.

Substitute the calculated height $H_0 = 1.1.H$ we get (4):

$$T_j = 2.17 H_0^2 \sqrt{\frac{m}{B_j}} \quad (4)$$

First form oscillation frequency:

$$\lambda_j = \frac{1}{T_j} \quad (5)$$

Frequency of oscillation:

$$\omega_j = \frac{2\pi}{T_j} \quad (6)$$

2.2. Approximate calculation of the basic oscillation period of the house [9, 10]:

a) Calculate approximately according to the height of the building

For multi-storey buildings with height not greater than 40m:

$$T_1 = C_t H^{\frac{3}{4}} \quad (7)$$

In there:

$C_t = 0.085$ for moment-resistant space steel frames;

$C_t = 0.075$ for moment-resistant space reinforced concrete frames and eccentrically braced steel frames;

$C_t = 0.05$ for other structural systems;

H is the building height, in m, from the foundation surface or the top of the rigid part.

For structures with concrete or masonry shear walls, the value of C_t in expression (7) can be:

$$C_t = \frac{0.075}{\sqrt{A_c}} \quad (8)$$

In there:

A_c total effective area of shear walls in the first storey of the building, in m^2.

$$A_c = \sum \left[A_i \times \left(0.2 + \left(\frac{l_{wi}}{H} \right) \right)^2 \right] \quad (9)$$

Here:

A_i effective cross-sectional area of shear wall i in the considered direction in the first storey of the building, in m^2 ;

l_{wi} length of shear wall at first storey parallel to the acting forces, in m, provided that: l_{wi} /H does not exceed 0.9.

b) Approximate calculation by number of floors:

When accepting a certain error, it is possible to determine the oscillation period T(s) depending on the number of floors of the building according to the following expression [11, 12]:

$$T(s) = \frac{1}{10} n \quad (10)$$

Where n is the number of floors of the building.

3. SURVEY OF VIBRATIONS OF MULTI-STOREY REINFORCED CONCRETE BUILDINGS

3.1. Set up the survey problem to survey the vibration of multi-storey buildings:

Investigate the natural vibration of multi-storey buildings by using Etab software to simulate different models corresponding to different load-bearing systems including: frame system; combined frame and mid-wall system; combined frame and corner wall system; combined frame, mid-wall and corner wall system. The data of the survey problems include the cross-sectional dimensions of the pre-selected column section according to the load-transfer area, the beam section selected according to the span size, the pre-selected wall section according to the floor height and load-transfer area, the floor thickness selected according to the largest floor cell size, and the calculation of the system stiffness conversion according to the geometric moment of inertia of the section with the elastic modulus E of the reinforced concrete material as a constant. The structural plans are illustrated from Figure 5 to Figure 8 below, corresponding to the input data tables for 30-storey, 20-storey and 10-storey buildings in Tables 1, 2 and 3.

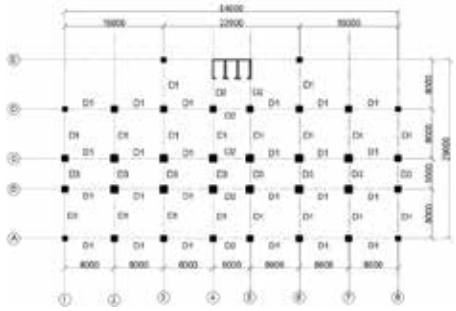


Figure 5. Plan of frame structure system

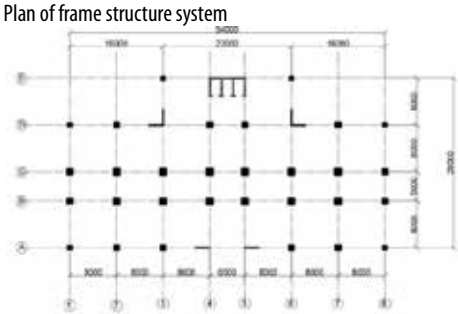


Figure 6. Plan of the combined frame and middle wall structure system

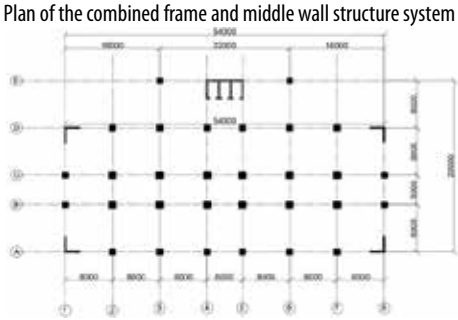


Figure 7. Plan of combined frame and corner wall structure system

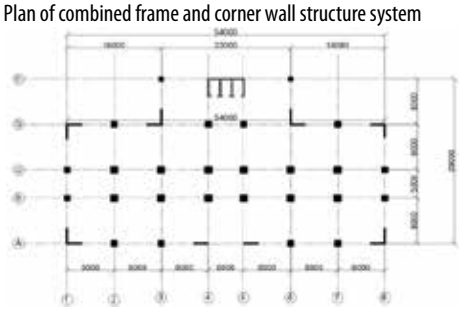


Figure 8. Plan of the combined frame, middle wall and corner wall structure system

Table 1. Input data for Case 1 - 30-storey building

Components	Column			Beam			Wall	Floor thickness	Floor height
Floor	Between	Record	Corner	D1	D2	D3	(mm)	(mm)	(m)
T1-T5	130x130	110x110	90x90	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6
T6-T10	120x120	100x100	90x90	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6
T11-T15	110x110	90x90	80x80	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6
T16-T20	100x100	80x80	80x80	80x35	70x30	60x25	250	120	3.6
T21-T25	90x90	70x70	70x70	80x35	70x30	60x25	250	120	3.6
T26-T30	80x80	60x60	60x60	80x35	70x30	60x25	250	120	3.6

Table 2. Input data for Case 2 - 20-storey building

Components	Column			Beam			Wall	Floor thickness	Floor height
Floor	Between	Record	Corner	D1	D2	D3	(mm)	(mm)	(m)
T1-T5	100x100	80x80	65x65	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6
T6-T10	95x95	75x75	60x60	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6
T11-T15	90x90	70x70	55x55	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6
T16-T20	85x85	65x65	50x50	80x35	70x30	60x25	250	120	3.6

Table 3. Input data for Case 3 - 10-storey building

Components	Column			Beam			Wall (mm)	Floor thickness (mm)	Floor height (m)
Floor	Between	Record	Corner	D1	D2	D3			
T1-T5	100x100	80x80	65x65	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6
T6-T10	95x95	75x75	60x60	80x35	70x30	60x25	300	120	3.6

The results of the frequency and stiffness relationship calculations are shown in Table 4 below for problems 1, 2 and 3 of different load-bearing structural systems.

Table 4. Correlation of frequency and stiffness of problem 1 with load-bearing structural systems

Load-bearing structure system	Case 1 – 30 floors		Case 2 – 20 floors		Case 3 – 10 floors	
	Frequency	Hardness	Frequency	Hardness	Frequency	Hardness
Frame system	0.34021	8354.57	0.51646	6000.91	0.93867	3787.46
Frame system, middle wall	0.34836	8686.78	0.53467	6355.70	1.08321	4188.94
Frame system, corner wall	0.36232	10360.32	0.56187	8776.88	1.18607	6584.76
Frame system, middle wall, corner	0.36955	10680.00	0.57684	9117.39	1.23155	6960.31

Figure 9-11 shows the correlation graph between stiffness and natural frequency of the structure for Case of 1, 2 and 3.

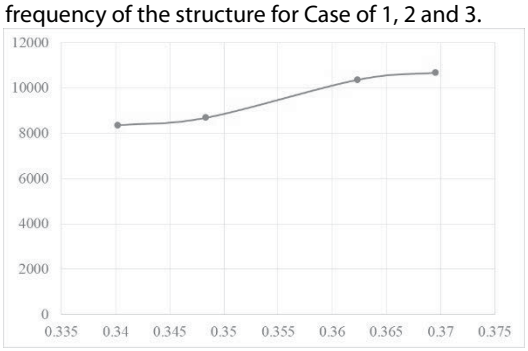


Figure 9. Frequency and stiffness correlation in Case 1 - 30-storey building

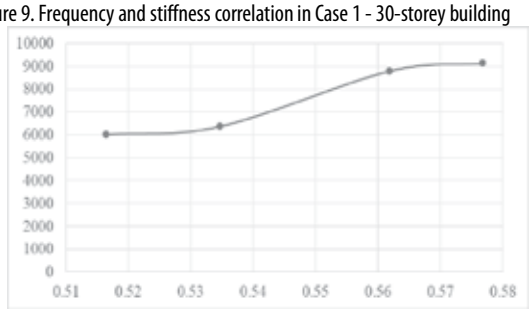


Figure 10. Frequency and stiffness correlation in Case 2 - 20-storey building

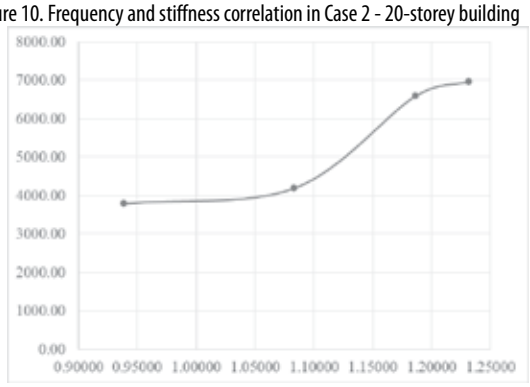


Figure 11. Frequency and stiffness correlation in Case 3 - 10-storey building

3.2. Analysis of results:

Through the chart in Figure 9-11 above, it can be seen that: The stiffness of the structural system is proportional to the oscillation frequency of the structure. When the stiffness increases, the frequency also increases, but the increase is not uniform, depending on the number of floors. Specifically: For a 10-storey building, when the load-bearing structural system is changed from a frame system to a frame system combined with a load-bearing middle wall and corner wall, the stiffness of the structure increases by 83.8%, the corresponding frequency increases by 31.23%; Similar results were obtained for a 20-storey building, the stiffness increased by 51.9%, the frequency increased by 11.7%, and for a 30-storey building, the results obtained for the frequency variation increased by 8.6%, corresponding to a 27.8% increase in stiffness of the structure.

The law of stiffness variation and oscillation frequency is also consistent with the research results shown in the research results of Java et al. (2015) [13]. The paper analyzes from the energy perspective that when a system has high stiffness, it will store more elastic energy in an oscillation cycle, leading to faster recovery after deformation, which increases the oscillation frequency. The results obtained in this analysis also show that as the number of floors of the building increases, the stiffness increases but the oscillation frequency increases slowly, which shows that the structural stiffness of multi-storey buildings is only suitable for buildings from 10 to 20 floors. Therefore, for buildings with greater height and number of floors, it is necessary to choose a structural solution with greater stiffness. This result is also shown in the study of Senel and M. Palanci (2023) [14], explaining from the dynamic perspective that when the stiffness is higher, it means that the restoring force is greater when the horizontal displacement is applied, pushing the system back to the equilibrium position faster, thereby reducing the cycle and increasing the oscillation frequency.

Chang Yan et al. (2024) [15] when studying the influence of stiffness and frequency dependence on the vibration response of plate structures also concluded that it is necessary to choose other load-bearing structural solutions with appropriate stiffness for high-rise buildings when taking into account the out-of-plane stiffness of floors and vertical walls, the rigid core wall structural system, the box structural system or the mixed load-bearing system is appropriate. Table 5 summarizes the calculation results according to approximate formulas and calculation results from the Etab model , and finds that: The results of calculating the oscillation frequency using finite elements have differences compared to the experimental formula, however, when the number of floors is different, the errors are also different, these errors are larger when the number of floors is higher, and vary depending on the load-bearing structural system of the corresponding building. This result is consistent with the findings in the study on oscillation frequency according to the structural dynamics model of Zhu et al. (2023) [16]. The study shows that in the calculation models, the stiff wall plays an important role in increasing the horizontal stiffness of the building, thereby reducing the basic oscillation cycle.

Table 5. Frequency comparison table of Multi-storey Buildings calculated by calculation formula

Story	Structural system	Frequency						
		Etabs	CT 4	Δ *f* (%)	CT 7	Δ *f* (%)	CT 10	Δ *f* (%)
30	Frame system	0.340	0.257	**24.39**	0.398	**16.98**	0.333	**02**
	Frame system, corner wall	0.348	0.261	**25.14**	0.398	**14.25**	0.333	**4.31**
	Frame system, corner wall	0.362	0.290	**20.02**	0.398	**9.85**	0.333	**8.00**
	Frame, corner wall and corner wall system	0.370	0.293	**20.74**	0.398	**7.69**	0.333	**9.80**
20	Frame system	0.516	0.483	**6.52**	0.539	**4.45**	0.500	**3.19**
	Frame system, corner wall	0.535	0.495	**7.50**	0.539	**0.89**	0.500	**6.49**
	Frame system, corner wall	0.562	0.599	**6.60**	0.539	**3.99**	0.500	**11.01**
	Frame, corner wall and corner wall system	0.577	0.608	**5.48**	0.539	**6.48**	0.500	**13.32**
10	Frame system	0.939	1.105	**17.69**	0.907	**3.35**	1,000	**6.53**
	Frame system, corner wall	1,083	1,179	**8.86**	0.907	**16.25**	1,000	**7.68**
	Frame system, corner wall	1,186	1,844	**55.45**	0.907	**23.51**	1,000	**15.69**
	Frame, corner wall and corner wall system	1,232	1,885	**53.09**	0.907	**26.34**	1,000	**18.80**

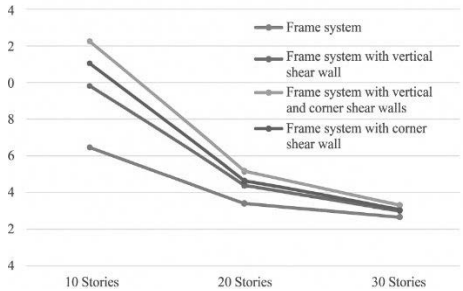


Figure 12. Correlation chart between number of floors and natural oscillation frequency

Figure 12 shows the correlation between the number of floors and frequency for different types of structures. The results show that the relationship between frequency and number of floors does not depend on the stiffness of the system, but only on the structural system. When the number of floors increases, the oscillation frequency of the structure also decreases, specifically: When the number of floors increases from 10 to 20 floors, the frequency decreases by approximately 2 times; When the number of floors increases from 20 to 30 floors, the frequency decreases by approximately 1.54 times. The slope of the variation lines in the graph also shows that when the number of floors increases, the frequency variation rate will slow down (in the case of increasing the number of floors from 30 to 40 floors, the variation line in the graph goes horizontal). This result is explained in the study of SM Noor et al. (2019) [17] showing that the oscillation period affects the torsional displacement characteristics in reinforced concrete high-rise buildings. This result is analyzed based on the eccentricity of strength and stiffness as the main parameters of the structural system, the torsional displacement with high number of floors will govern the basic oscillation cycle. When the area of the rigid wall is arranged to increase, the eccentricity between the center of mass and the center of stiffness will decrease, reducing the impact of torsional displacement. Research by Stefano (2020) [18] also shows that increasing the area of the rigid wall helps control the horizontal displacement of the structure, thereby reducing the risk of instability and structural damage. This result is consistent with Figure 12.

4. CONCLUSIONS

In this study, the authors have built a model to investigate the vibration frequency of a multi-storey reinforced concrete building with 10, 20 and 30 floors, in order to evaluate the influence of the stiffness of the structural system and the height of the building on the vibration frequency. The analysis results show that the vibration frequency of the building is proportional to the stiffness of the structural system. However, as the number of floors increases, the impact of stiffness on the vibration frequency gradually decreases. For buildings with a large number of floors, the frame structure system is no longer effective, requiring the selection of load-bearing structural solutions with greater stiffness. In addition, the empirical formulas for calculating vibration frequency are only suitable for buildings under 10 floors, the error is acceptable compared to the calculation.

Extending the study on the factors affecting the fundamental period of vibration in reinforced concrete buildings above 40 floors, it is necessary to evaluate the change of torsional displacement anomalies in high-rise buildings with greater height, where the effects of high-order vibration and interactions between floors become more obvious. Then the influence of axial stiffness of columns and stiff walls on torsional vibration, especially in the case of buildings subjected to earthquake loads and large horizontal wind loads, needs to be considered.

REFERENCES

[1] Le Thanh Huan (2009). Reinforced concrete high-rise building structure, Construction Publishing House, Hanoi.

[2] Nguyen Le Ninh (2007). Earthquakes and earthquake resistant design of structures, Construction Publishing House, Hanoi

[3] Ngo The Phong (2006). Reinforced concrete structures (House structures), Science and Technology Publishing House, Hanoi.

[4] Khanzi (1985). Calculation and design of reinforced concrete frames for multi-storey buildings, Construction Publishing House, Hanoi.

[5] Nguyen Dinh Cong (2009). Calculation of reinforced concrete column cross section, Construction Publishing House, Hanoi.

[6] Vo Ba Tam (2012). Reinforced Concrete High-rise Buildings, Ho Chi Minh National University Publishing House.

[7] TCVN 9386: 2012 Earthquake resistant design of structures - Design standards

[8] TCVN 5574: 2018 Monolithic concrete and reinforced concrete structures - Design standards.

[9] ACI 318 Committee, Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2008.

[10] Bryan Stafford Smith. Alex Coull. Tall Buillding Structures: Analysis and Design. John Wiley & Son. New York.

[11] Wolfgang Schueller. High – Rise Buillding Structures. New York, London.

[12] Bungale S. Taranath. Reinforced Concrete Design of Tall Buillding. Taylor & Franci Group. New York, London, 2010.

[13] Javanmardi, A., Rouzbeh, A., Masine, Z., and Ahmad, A. (2015). "Correlation of Stiffness and Natural Frequency of Precast Frame System". Applied Mechanics and Materials. Vol 735, pp. 141-144.

[14] S. M. Senel and M. Palanci, "Structural Aspects and Seismic Performance of 1-Story Precast Buildings in Turkey," J. Perform. Constr. Facil., Vol. 27, No. 4, pp. 437–449, Aug. 2023.

[15] Chang Yan, Wen-Jie Fan, Da-Miao Wang and Wen-Zhang Zhang, "Research on the Impact of Non-Uniform and Frequency-Dependent Normal Contact Stiffness on the Vibrational Response of Plate Structures" Applied Sciences., Vol. 14, No. 7, pp. 1-17, April 2024.

[16] Zhu, S.Y.; Cai, C.B.; Luo, Z.; Liao, Z.Q. "A frequency and amplitude dependent model of rail pads for the dynamic analysis of train-track interaction". Sci. China-Technol. Sci. 2015, Vol 58, pp. 191–201.

[17] S.M Noor, N.S Md Halim, A. Ibrahim, T.A Majid and S.H. Hassan. "Fundamental period of vibrations influencing characteristics of torsional irregularity in reinforced concrete buildings". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, Vol. 244 (2019), pp. 12-21.

[18] Stefano, M. a. P., B. (2020). "Predicting torsion-induced lateral displacements for pushover analysis: Influence of torsional system characteristics". Earthq Eng Struct Dyn, Vol (39), 1369-1394.

CÔNG TY CỔ PHẦN
ĐẦU TƯ VÀ TƯ VẤN XÂY DỰNG ADCOM

Adcom Consultants

Cam kết đem tới cho khách hàng dịch vụ tốt nhất, chúng tôi liên tục đầu tư, theo sát các công nghệ tiên tiến trên thế giới và không ngừng nâng cao năng lực chuyên môn cho cán bộ kỹ thuật. Sự hài lòng của khách hàng chính là đích hướng tới của chúng tôi.

ADCOM Consultants là nhà thầu chuyên nghiệp hàng đầu về thí nghiệm kiểm định nền móng và quan trắc công trình, đã mạnh dạn nghiên nghiên cứu, thiết kế, chế tạo thiết bị (với thương hiệu ABOX – được bảo hộ) và thực hiện thí nghiệm thành công nhiều cọc khoan nhồi bằng Phương pháp tự cân bằng (O Cell), giúp giảm tiến độ thí nghiệm cọc tại các dự án, tìm ra những giá trị tối ưu hơn nữa về sức chịu tải của đất nền mà phương pháp truyền thống không thể tiếp cận, đồng thời giúp giảm thiểu tác động đến môi trường và chi phí xây dựng công trình.



Thí nghiệm cọc khoan nhồi bằng phương pháp tự cân bằng O-CELL cho 01 cọc D1500, tải trọng thí nghiệm 16091.7kN/cọc (Cầu Cửa Lục 1, TP Hạ Long, Quảng Ninh)

GIỚI THIỆU MỘT SỐ ỨNG DỤNG KỸ THUẬT CÔNG NGHỆ CAO

1. **Thí nghiệm nén tĩnh cọc** - Cho tất cả các loại cọc
2. **Thí nghiệm siêu âm cổ cột, vách** - Cho tất cả các loại cọc
3. **Thí nghiệm cọc bằng tải trọng tĩnh nằm ngang** - Cho tất cả các loại cọc
4. **Thí nghiệm cọc bằng tải trọng tĩnh nhổ dọc trục** - Cho tất cả các loai cọc
5. **Thí nghiệm đo ứng suất thân cọc** - Cho tất cả các loại cọc
6. **Thí nghiệm tự cân bằng (thí nghiệm Osterberg)** - Cho cọc khoan nhồi/cọc barette
7. **Thí nghiệm siêu âm cọc (SONIC)** - Cho cọc khoan nhồi/cọc barette/tường trong đất
8. **Thí nghiệm biến dạng nhỏ (PIT)** - Cho cọc đóng/cọc khoan nhồi/cấu kiện bê tông
9. **Thí nghiệm biến dạng lớn (PDA)** - Cho cọc đóng/cọc khoan nhồi
10. **Khoan lấy lõi thân hoặc mũi cọc** - Cho cọc khoan nhồi/cọc barette/tường trong đất
11. **Kiểm tra hố khoan bằng Siêu âm (KODEN)** - Cho hố khoan dùng dung dịch
12. **Thí nghiệm xác định modun biến dạng**
13. **Quan trắc dịch chuyển nền đất công trình (Inclinometer)** - Kiểm tra ảnh hưởng của công trình/hố đào
14. **Quan trắc lún nền đất (Extensometer) -** Xử lí nền đất/hố đào/công trình
15. **Quan trắc áp lực nước lỗ rỗng (Piezometer)** - Kiểm tra ảnh hưởng thi công công trình/hố đào
16. **Quan trắc ứng suất, biến dạng kết cấu (Strain gage)** - Thí nghiệm cọc/kết cấu CT/thanh chống hố đào/neo đất
17. **Quan trắc vết nứt kết cấu (Crack meter)**
18. **Quan trắc lún công trình**
19. **Siêu âm kiểm tra kết cấu công trình**
20. **Quan trắc nghiêng công trình (Tiltmeter)**
21. **Kiểm tra chất lượng mối hàn bằng siêu âm (UT)**
22. **Kiểm tra chất lượng mối hàn bằng phương pháp thẩm thấu (PT)**
23. **Kiểm tra chất lượng mối hàn bằng bột từ (MT)**



Thí nghiệm nén tĩnh 26 cọc khoan nhồi kết hợp đo biến dạng, ứng suất thân cọc (VINCITY GRAND PARK - Phường Long Bình và Long Thạnh Mỹ, Quận 9, TP Hồ Chí Minh).



Kiểm tra hố khoan cọc nhồi bằng máy siêu âm KODEN



Thí nghiệm khoan cọc nhồi bằng phương pháp tự cân bằng

Trụ sở chính: Tầng 4, Tòa nhà Bình Vượng, số 200 Quang Trung, phường Quang Trung, Quận Hà Đông, Hà Nội.
Văn phòng giao dịch: Số 10/1A, đường 31 khu phố 5,phường Bình Trưng Tây, Quận 2, TP. Hồ Chí Minh.
Hotline: 096 283 88 00 Tel: (024) 2215 8813 – 2215 8835 Email: contact@adcomconsult.vn

VICEM HÀ TIÊN

XI MĂNG NỔI TIẾNG TỪ NĂM 1964 VICEM HÀ TIÊN

NHIỀU THẾ HỆ TIN DÙNG XI MĂNG VICEM HÀ TIÊN



VICEM HÀ TIÊN

XI MĂNG NỔI TIẾNG TỪ NĂM 1964 VICEM HÀ TIÊN

XÍ NGHIỆP TT&DV XI MĂNG VICEM HÀ TIÊN

Địa chỉ: lầu 3, 9-19 Hồ Tùng Mậu, P. Nguyễn Thái Bình, Q. 1, TP HCM

Điện thoại: 1800 6069