TẠP CHÍ
GIAO THÔNG vận tải
ISSN 2354-0818
CƠ QUAN CỦA BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI
Tập 64 số 6/2024 (742) | tapchigiaothong.vn | e-ISSN 2615-9791

21/6 1925 2024
99 năm
BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

LÀM GÌ ĐỂ KHÔNG ĐỨT GÃY TUYẾN VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT BẮC - NAM?

TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN VĂN HƯỜNG
Điện thoại: 0913.54.55.66
Email: nguyenhuong.tcgt@gmail.com

P. TỔNG BIÊN TẬP
NGUYỄN THANH HOA
Điện thoại: 0913.308.700
Email: hoatcgtvt@gmail.com

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP
GS.TSKH. LÃ NGỌC KHUÊ; GS.TSKH. NGUYỄN NGỌC HUỆ; GS. TS. LƯƠNG CÔNG NHỚ; GS. TS. PHẠM HUY KHANG; GS. TS. NGUYỄN NGỌC LONG; GS. TS. ĐÀO VĂN ĐÔNG; GS. TS. PHẠM KỲ QUANG; PGS. TS. TỐNG TRẦN TÙNG; PGS. TS. TRẦN ĐẮC SỬ; PGS. TS. PHẠM XUÂN DƯƠNG; PGS. TS. NGUYỄN THANH CHƯƠNG; PGS. TS. HOÀNG HÀ; PGS.TS. PHẠM DUY HÒA; PGS. TS. HOÀNG TÙNG; PGS. TS. NGUYỄN VĂN HÙNG; PGS. TS. NGUYỄN HỒNG THÁI; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC; PGS. TS. NGUYỄN THỊ TUYẾT TRINH; PGS. TS. NGUYỄN HOÀNG LONG; PGS. TS. NGUYỄN THANH SANG; PGS. TS. NGUYỄN THANH SƠN; TS. NGUYỄN XUÂN SANG; TS. TRẦN DOÃN THỌ; TS. LÝ HUY TUẤN; TS. NGUYỄN NGỌC LONG; TS. PHẠM CÔNG TRỊNH; TS. TRẦN BẢO NGỌC; TS. KHUẤT VIỆT HÙNG; TS. VŨ HỒNG TRƯỜNG; TS. NGUYỄN XUÂN CƯỜNG; TS. LÊ ĐỖ MƯỜI; TS. BÙI THIÊN THU; TS. NGUYỄN VĂN BÍNH; TS. NGUYỄN VĂN THÀNH; TS. PHẠM HOÀI CHUNG; TS. NGUYỄN VĂN TƯƠI; ThS. LÂM VĂN HOÀNG; ThS. HOÀNG HỒNG GIANG.

TÒA SOẠN
106 Thái Thịnh - Đống Đa - Hà Nội

PHÒNG HÀNH CHÍNH TRỊ SỰ VÀ TRUYỀN THÔNG

Hành chính Trị sự
Điện thoại: (024) 3942.6389
Fax: (024) 3822.1153
Email: tapchigiaothong1960@gmail.com

Truyền thông
Điện thoại: (024) 3822.0392
Email: phongtruyenthong.gtvt@gmail.com

PHÒNG THƯ KÝ - BIÊN TẬP VÀ PHÓNG VIÊN THƯỜNG TRÚ

Thư ký - Biên tập
Điện thoại: (024) 3942.0744
Email: phongtkts.gtvt@gmail.com

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Trung và Tây Nguyên
16 Lý Tự Trọng, quận Hải Châu, TP. Đà Nẵng
Điện thoại: 0914.228.918

Văn phòng Phóng viên Thường trú miền Nam
17A Hồng Hà, quận Tân Bình, TP. Hồ Chí Minh
Điện thoại & Fax: (028) 3914.1489
Email: tapchigtvtmn@gmail.com

PHÒNG PHÓNG VIÊN - TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ
Điện thoại: (024) 3942.8737
Email: phongpv.gtvt@gmail.com

Giấy phép số 465/GP-BTTTT
do Bộ Thông tin và Truyền thông cấp ngày 26/09/2022

Tài khoản: Tạp chí Giao thông vận tải 118000001700
- Ngân hàng Thương mại Cổ phần Công thương Việt Nam
- Chi nhánh TP. Hà Nội

Mã số thuế: 0100104098

Chế bản tại Tạp chí GTVT; In tại Công ty CP In Khoa học công nghệ Hà Nội

Bìa 1: Làm gì để không đứt gãy tuyến vận tải đường sắt Bắc - Nam?
Trình bày bìa: Sinh Nguyễn

GIAO THÔNG
TRANSPORT MAGAZINE vận tải

Mục lục

CONTENTS • THÁNG 6 • (NĂM THỨ 65)

04 **Tạp chí GTVT lan tỏa mạnh mẽ giá trị khoa học công nghệ ngành GTVT**
Transport journal sets great value for science and technology in the transport industry
HOÀNG THẠCH

06 **Đổi mới, Tạp chí GTVT bắt nhịp đột phá phát triển toàn ngành**
Transport journal innovates to keep pace with breakthrough developments in the entire industry
VŨ THÀNH VŨ

08 **Chuyện nghề trên đường tác nghiệp**
Stories on the career path
NHÓM PV

10 **Còn nhiều hầm yếu, vị trí nguy hiểm trên đường sắt Bắc - Nam**
Existing weak tunnels and dangerous locations on the North-South railway
HUY LỘC - MINH TÙNG

12 **Liên tiếp đứt gãy hạ tầng, gián đoạn vận tải đường sắt**
Continuous infrastructure breakdowns and disruption of the rail transport
MINH TÙNG - HUY LỘC

14 **Khắc phục sự cố và những việc cần làm ngay**
Problem solutions and urgent actions
NHÓM PV

16 **Phải tập trung nguồn lực xóa "điểm nóng" miền Trung**
Focusing resources on eliminating "hot spots" in Central Vietnam
NHÓM PV

18 **Nhanh chóng giải bài toán tăng kết nối đường sắt với các phương thức vận tải khác**
Immediate solutions for increasing rail connections with other means of transport
NHÓM PV

20 **Hà Nội "mạnh tay" xử lý thanh, thiếu niên vi phạm giao thông**
Hanoi "strongly" deals with teenagers violating traffic rules
VĂN HUẾ

22 **Nghiên cứu thực nghiệm sức kháng tải trọng va chạm sử dụng của bê tông tính năng siêu cao cốt sợi thép (UHPSFC) có hàm lượng cốt sợi thép thấp**
An experimental study on the impact load resistance of ultra-high-performance fiber-reinforced concrete (UHPSFC) with low steel fiber reinforcement content
PGS. TS. HOÀNG HÀ

28 **Evaluation the effects of hybrid sand on mechanical properties of roller-compacted concrete using uncompacted void content value**
Dr. NGUYEN DUC TRONG; Dr. LAM NGOC TRA MY

32 **Phân tích ứng xử và cơ chế hư hỏng trong dầm bê tông vỏ ngao bằng thực nghiệm và mô hình trường pha**
Analysis of applications and damage mechanisms in clam-concrete beams using experiments and phase field modeling
TS. VŨ BÁ THÀNH; KS. NGUYỄN THỊ HUYỀN; ThS. NCS. MAI HOÀNG ANH
PGS. TS. TRẦN THẾ TRUYỀN; TS. HỒ XUÂN BA

36 **Technical analysis to evaluate applicability of Micro-surfacing for flexible pavement preventive maintenance in Vietnam**
PhD. student BUI VIET CUONG
Assoc Prof. PhD. NGUYEN QUANG TUAN; PhD. HOANG THI THANH NHAN
Assoc Prof. PhD. TRAN THI KIM DANG

Mục lục

CONTENTS • THÁNG 6 • (NĂM THỨ 65)

40 **Khả năng sử dụng tro bay điện rác và cát nghiền để chế tạo bê tông đầm lăn làm lớp móng mặt đường ô tô**
Possibility of using waste electric fly ash and crushed sand to make roller compacted concrete as foundation coating for car pavements
TS. VŨ NGỌC TRỤ

44 **Dự báo cường độ chịu kéo của bê tông được gia cường bởi cốt sợi bazan dựa trên các phương pháp trí tuệ nhân tạo**
Predicting the splitting tensile strength of basalt fiber-reinforced concrete based on machine learning method
TS. LÊ BÁ ANH

48 **Ứng dụng học sâu trong tái tạo dữ liệu cảm biến, phục vụ giám sát sức khỏe kết cấu**
Aplication of deep learning in reproducing sensor data for structural health monitoring
TS. NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG
NGUYỄN ĐỨC TRƯỜNG
NGUYỄN THỊ TUYẾT NGA
ThS. NCS. TRẦN QUANG MINH

52 **Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến một số tính chất của bê tông xi măng khi sử dụng phụ gia siêu dẻo MasterGlenium Sky 8718**
Effects of the content of fly ash on some properties of concrete using superplasticizer MasterGlenium Sky 8718
TS. NGUYỄN ĐỨC TRỌNG

56 **Phân tích tác dụng tăng cường của lưới cốt sợi thủy tinh trong mặt đường hỗn hợp nhằm hạn chế nứt phản ánh**
Analysis of the strengthening effect of glass fiber reinforced mesh in composite pavements to limit reflective cracking
TS. TRẦN NAM HƯNG

60 **Xây dựng mô hình CatBoost để dự báo độ ổn định Marshall cho hỗn hợp bê tông nhựa chặt**
Building a CatBoost model to predict Marshall stability for asphalt concrete
TS. MAI THỊ HẢI VÂN; KS. NGUYỄN VĂN NGỌC

64 **Nghiên cứu tính toán ổn định mái dốc nạo vét tuyến luồng Cái Mép - Thị Vải**
Research on calculating slope stability for dredging the Cái Mép - Thị Vải navigation channel
TS. NGUYỄN THỊ DIỄM CHI

68 **Cải thiện sức kháng ion clo và kéo dài tuổi thọ của công trình biển bằng bê tông tính năng cao sử dụng hàm lượng tro bay cao thay thế cốt liệu mịn**
Improving chloride ion resistance and extending the life of marine structures with high-performance concrete using high fly ash content to replace fine aggregates
TS. HỒ VĂN QUÂN
ThS. NGUYỄN HỮU TUẤN
KS. PHẠM VĂN QUYỀN
TS. VŨ MINH NGẠN

73 **Quản lý rủi ro trong xây dựng đường cao tốc tại Việt Nam**
Risk Management in Highway Construction in Vietnam
ThS. TRẦN MINH ĐỨC
PGS. TS. NGUYỄN LƯƠNG HẢI

76 **Nghiên cứu ứng dụng công nghệ radar xuyên đất dò tìm đối tượng ngầm phục vụ công tác thành lập bản đồ công trình ngầm**
Research on ground-penetrating radar applications to locate underground objects for creating maps of underground utilities
TS. TRẦN QUANG HỌC

80 **Nghiên cứu đánh giá tình hình tai nạn giao thông trên địa bàn Hà Nội giai đoạn 2018 - 2022**
Research and assessment of the situation of traffic accidents in Hanoi in the period of 2018 - 2022
TS. NGUYỄN XUÂN HIỀN; LÊ QUANG MINH
ĐÀO GIA HIẾU; NGHIÊM MẠNH HÙNG
LÊ THANH HẢI; NGUYỄN TIẾN ĐẠT
TS. HÀ VĂN MUỘN

84 **Nghiên cứu sử dụng cốt thanh GFRP thay thế cốt thép truyền thống trong kết cấu dầm bê tông cốt thép**
A study on using GFRP reinforces to replace traditional steel reinforces in reinforced concrete beam structures
TS. NGUYỄN ANH TUẤN; ThS. ĐÀO QUANG HUY
ThS. PHẠM NGỌC TRƯỜNG

88 **Ước lượng khoảng cách đến các phương tiện xe ô tô hoặc tàu thuyền đang di chuyển**
Estimating the distance to moving automobiles or marine vehicles
TS. HỒ THỊ HƯƠNG THƠM; ThS. NGUYỄN KIM ANH

92 **Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển bền vững thích nghi tích hợp kỹ thuật học tham số nhỏ nhất cho vây giảm lắc ngang tàu thủy**
Adaptive robust controller via minimum parameter learning for ship anti-roll fin stabilizer
PGS. TS. NGUYỄN VĂN SƯỚNG
ThS. LÊ TUẤN SƠN

95 **Ứng dụng kỹ thuật Ashby lựa chọn vật liệu độ bền cao, khối lượng nhẹ trong thiết kế bánh răng trụ**
Research on the Ashby method to select high-strength, light-weight materials in cylindrical gear design
TS. VŨ VIẾT QUYỀN; ThS. ĐOÀN XUÂN TRƯỢNG

99 **Nghiên cứu ứng dụng thiết bị đo sâu tự hành phục vụ việc thanh thải bãi cạn trên tuyến luồng đường thủy**
Research on the application of the unmanned echo - sounder for serving the clearance of sandbar in the waterways
TS. NGUYỄN XUÂN THỊNH

103 **Nghiên cứu tối ưu hàm liên thuộc ngõ ra bộ điều khiển tốc độ động cơ điện với thuật toán tiến hóa vi sai**
Research on optimization of the membership function of an electric motor speed controller output with differential evolution algorithm
TS. ĐOÀN VĂN ĐỔNG; TS. LÊ XUÂN HỒNG

107 **Đánh giá hiệu năng giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (SOTDMA) trong hệ thống VDES**
Performance evaluation of self-organizing time division multiple access (SOTDMA) protocol in VDES system
TS. PHẠM VIỆT HƯNG
ThS. NGUYỄN PHƯƠNG LÂM

Phát huy truyền thống đi trước mở đường, tiếp tục đổi mới, quyết liệt cải cách vì sự hài lòng hơn của người dân và doanh nghiệp

111 **Nghiên cứu đề xuất lộ trình phát triển chuỗi cung cấp hydrogen cho cảng biển Hải Phòng**
Research on proposing a plan to develop a hydrogen supply chain for Hải Phòng seaport
PGS. TS. PHAN VĂN HƯNG; ThS. PHẠM TẤT TIỆP
ThS. NCS. NGÔ NHƯ TẠI

114 **Cân bằng động của hệ dụng cụ và ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt khi phay tốc độ cao**
Dynamic balance of tool system and effect on surface roughness when high-speed milling
TS. NGUYỄN TIẾN DŨNG

116 **Phân tích tải trọng động kết cấu thép cầu trục trong quá trình làm việc**
Analyzing dynamic load on steel structures of the overhead crane during working process
ThS. VŨ VĂN TẬP; ThS. NGUYỄN THỊ XUÂN HƯƠNG

119 **Khảo sát ảnh hưởng của thời điểm phun nhiên liệu đến quá trình cháy của động cơ cháy bằng nén hỗn hợp hình thành trước một phần với nhiên liệu xăng**
Effects of injection timing on the combustion process of gasoline premixed partially combustion ignition engines
ThS. TRẦN TUẤN ANH

123 **Nghiên cứu xây dựng chương trình kiểm tra chéo vị trí tàu trên ECDIS nâng cao an toàn khi hàng hải ven bờ**
Research on developing a program for position cross-checking on ECDS to enhance the safety during coastal navigation
PGS. TS. NGUYỄN THÁI DƯƠNG; ThS. NGUYỄN ĐÌNH HẢI

127 **Ứng dụng machine learning trong nhận diện và phân loại quả cam sành**
Application of machine learning in identification and classification of king oranges
ThS. NGUYỄN ĐÌNH KHIÊM
PGS. TS. HOÀNG MẠNH CƯỜNG

131 **Nghiên cứu áp dụng logic mờ để đánh giá nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu**
A study on applying fuzzy logic to assess collision risk between ship and bridge
TS. LƯƠNG TÚ NAM; TS. NGUYỄN XUÂN LONG

135 **Một số vấn đề về quản lý trật tự xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị thuộc thẩm quyền cấp quận**
Some issues regarding the management of urban housing construction under district-level authority
PGS. TS. BÙI NGỌC TOÀN; TS. NGUYỄN THỊ HẬU
TS. HUỲNH THỊ YẾN THẢO; KS. HUỲNH THỊ LỆ HIỀN

138 **Tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực cục bộ trên bánh lái tàu thủy trong một chu kỳ**
Calculating and simulating the size of the local cavitation airbags on the ship rudder during one cycle
TS. CỔ TẤN ANH VŨ

141 **Đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến chỉ tiêu kinh tế và môi trường động cơ diesel**
Evaluation on the effect of ethanol-diesel blend on economic indicators and environment of diesel engine
ThS. TRẦN ÁNH VIÊN

145 **Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình hàn đến tổ chức của mối hàn thép không gỉ**
Influence of welding process on microstructure of stainless steel welding zone
PGS. TS. NGUYỄN DƯƠNG NAM
TS. BÙI THỊ NGỌC MAI; TS. HOÀNG ANH TUẤN

148 **Nghiên cứu tính toán phân tích tĩnh học của cánh tay robot 8 bậc tự do trong các điều kiện tải trọng thay đổi**
Research and calculation of static analysis of eight-degree-of-freedom robot arm under varying load conditions
KS. ĐỖ VĂN TỈNH

152 **Nghiên cứu chuyển vị tường Buttress kết hợp tường Barrette trong thi công hầm**
Research on displacement of the Buttress wall combined with the Barrette wall in tunnel construction
TS. NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG

156 **Nghiên cứu điều khiển vector cho động cơ bước hai pha ứng dụng trong hệ thống trợ lực lái của xe điện**
Research on vector control method for two-phase stepper motors applied in power steering systems in electric vehicles
TS. ĐẶNG HỒNG HẢI; ThS. CAO ĐỨC THANH

160 **Nghiên cứu tàu mặt nước tự vận hành và đánh giá những thách thức đối với đào tạo và huấn luyện thuyền viên**
A study on maritime autonomous surface ships and assessment of challenges for seafarer education and training
TS. NGUYỄN VĂN TRƯỜNG; ĐỖ DUY MẠNH
NGUYỄN TRUNG THƯƠNG

163 **Nghiên cứu tính toán lực cản tàu ngầm ở các chế độ khai thác khác nhau bằng phương pháp CFD**
Prediction of submarine resistance at different operating regime by CFD method
KS. HÀ MẠNH CƯỜNG; TS. LÊ MINH THỤ
PGS. TS. TRẦN NGỌC TÚ

167 **Adaptive backstepping control for surface ship with saturating actuators using radial basis function neural network**
D.Sc. PHAM VAN TRIEU

171 **Ảnh hưởng của độ rộng xung đến trường phân bố nhiệt trên điện cực khi gia công trên máy tia lửa điện**
Effects of pulse width on the electrode heat distribution field in EDM machining Top of Form
TS. NGUYỄN TIẾN DŨNG

174 **Dầm I cánh rộng - Giải pháp hợp lý cho vượt nhịp trên 40 m ở Việt Nam**
Wide wing I-beams: an effective solution for spans over 40 meters in Vietnam
PGS. TS. NGÔ VĂN MINH

TỪ TRANG 177 ĐẾN 194 LÀ CÁC BÀI VIẾT CỦA CÁC CHUYÊN MỤC:

Văn bản - Chính sách, Quốc tế, Môi trường, Thế giới xe, Chuyên đề.

Tạp chí GTVT lan tỏa mạnh những giá trị khoa học công nghệ ngành GTVT

HOÀNG THẠCH

Tạp chí GTVT luôn khẳng định vị trí là một ấn phẩm khoa học uy tín, chất lượng của ngành GTVT, được các nhà khoa học, nhà quản lý và bạn đọc đánh giá cao. Những công trình được đăng tải đã lan tỏa các giá trị khoa học công nghệ (KHCN) từ trong giai đoạn nghiên cứu cho đến khi áp dụng thực tế sản xuất. Nhân Kỷ niệm 99 năm ngày Báo chí Cách mạng Việt Nam (21/6/1925 - 21/6/2024), Tạp chí GTVT trân trọng giới thiệu những cảm nghĩ, ý kiến của các nhà khoa học, nhà quản lý trong lĩnh vực GTVT để thấy được những đóng góp, sự lan tỏa của Tạp chí GTVT đối với lĩnh vực KHCN của ngành GTVT.

PGS. TS. Tống Trần Tùng: "Bệ đỡ" cho các công trình khoa học

PGS. TS. Tống Trần Tùng, Phó Tổ trưởng Tổ Cố vấn của Bộ trưởng Bộ GTVT

Từ những số ra đầu tiên vào năm 60 của thế kỷ trước, với tên gọi Tập san Kỹ thuật Giao thông, sau đổi tên là Tạp chí Kinh tế - Kỹ thuật GTVT, cho đến nay, Tạp chí GTVT luôn được coi là tài liệu quý đối với đội ngũ cán bộ nghiên cứu, giảng dạy, kỹ sư, công nhân kỹ thuật... trong ngành GTVT và là một kênh thông tin có độ tin cậy cao để lãnh đạo các cấp trong Ngành "tiếp nhận được các thông tin bổ ích, kịp thời có những điều chỉnh chính sách, giải pháp quản lý nhằm khắc phục hạn chế, thúc đẩy Ngành phát triển" như nguyên Bộ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Văn Thể đã từng đánh giá.

Có thể khẳng định rằng, Tạp chí GTVT đã trở thành nơi lan tỏa giá trị KHCN từ trong giai đoạn nghiên cứu cho đến khi được triển khai áp dụng thực tế sản xuất của Ngành ở mọi lĩnh vực.

Có một điều khá đặc biệt mà ít người chú ý đến là trước khi Việt Nam chính thức được UNESCO chấp nhận là quốc gia thành viên của mạng lưới ISSN quốc tế vào ngày 11/3/2015 thì Tạp chí Kinh tế - Kỹ thuật GTVT (tiền thân của Tạp chí GTVT) đã được cấp mã số chuẩn quốc tế (ISSN - International Standard Serial Number) ISSN 0866-7012 từ năm 1988.

Hiện nay, Tạp chí GTVT là một trong những tạp chí khoa học Việt Nam được cấp mã số chuẩn quốc tế đầy đủ cho cả 2 ấn phẩm, đó là ISSN 2354-0818 cho tạp chí in và e-ISSN 2615-9791 cho tạp chí điện tử.

Mã số chuẩn quốc tế ISSN chính là "Giấy thông hành" của xuất bản phẩm trên mạng thông tin toàn cầu. Đó là yêu cầu bắt buộc để xuất bản phẩm có thể gia nhập hệ thống dữ liệu quốc tế định kỳ. Có như vậy, các xuất bản phẩm trong nước mới có thể quảng bá, giao lưu thông tin, giới thiệu những thành tựu nghiên cứu ra thế giới.

Trên mỗi chặng đường lịch sử, mỗi lĩnh vực nghiên cứu, triển khai công nghệ mới, vật liệu mới, kết cấu mới, phương thức vận tải mới… luôn có sự đồng hành của Tạp chí GTVT với vai trò là nguồn lưu trữ, là phương tiện phổ biến, là tài liệu tham khảo, "bệ đỡ" cho các công trình khoa học được công bố, là dấu ấn ghi công, động viên các thế hệ để những giá trị, thành tựu KHCN được lan tỏa trong toàn Ngành.

PGS. TS. Hoàng Hà:

Đưa khoa học công nghệ vào thực tiễn

PGS. TS. Hoàng Hà
Nguyên Vụ trưởng
Vụ Khoa học và Công nghệ
(Bộ GTVT)

KHCN đang phát triển với tốc độ rất nhanh trong hầu hết các lĩnh vực, được thể hiện bằng những thành quả bứt phá về thành tựu như: Phương tiện giao thông siêu cao tốc cùng với tính năng an toàn, cầu có khẩu độ vượt nhịp kỷ lục, hầm giao thông xuyên đáy đại dương, tuyến đường bộ cao tốc băng qua những vùng địa hình mà mới trước đây vài chục năm làm đường đi bộ còn khó khăn...

Đối với những người làm công tác KHCN đều hiểu rất rõ: Mọi tiến bộ KHCN, dù là một bước tiến rất nhỏ đều phải trải qua nhiều quy trình và muôn vàn khó khăn, thông qua kiểm nghiệm thực tế, công bố rộng rãi, tham khảo ý kiến của nhiều nhà khoa học có trình độ chuyên sâu, chuyên gia kinh nghiệm và các cơ quan quản lý để có thể rà soát, bổ sung, chỉnh sửa, hoàn thiện.

Nhiều khi đề tài nghiên cứu chỉ ở trong góc độ hội đồng được nghe, nhưng khi được đăng tải trên tạp chí khoa học, nhất là Tạp chí GTVT - tạp chí có bề dày truyền thống và uy tín cao thì những công nghệ mới, công trình khoa học mới được giới khoa học, doanh nghiệp, xã hội tiếp cận một cách dễ dàng và giá trị thực của sản phẩm khoa học đó mới được khẳng định và định vị rõ ràng hơn. Có thể nói, Tạp chí GTVT đã đóng góp và cống hiến thầm lặng cho sự nghiệp khoa học nói chung và lĩnh vực KHCN GTVT nói riêng.

Thông qua Tạp chí, các kết quả nghiên cứu KHCN đã được thông tin rộng rãi, cùng trao đổi, đánh giá, góp ý, không ít những ý kiến phản biện, "mổ xẻ" với mục tiêu làm rõ các vấn đề còn tồn tại, vướng mắc để đạt tới sự chính xác và hiệu quả cao nhất. Như vậy có thể thấy rằng, bên cạnh các phòng thí nghiệm, các hội thảo khoa học, viện nghiên cứu, trường đại học..., Tạp chí GTVT chính là các "hội thảo" mở, là bước không thể thiếu giúp cho các ý tưởng sáng tạo, tiến bộ KHCN được đánh giá chính xác, khách quan, làm cơ sở cho việc hoàn thiện, đưa vào ứng dụng và lan tỏa, nhân rộng vào thực tế, mang lại hiệu quả cao, phục vụ đắc lực công tác quản lý, sản xuất, bảo vệ môi trường của ngành GTVT.

Nếu vật liệu thép được tôi luyện trong lò cao thì các tạp chí khoa học chuyên ngành chính là "lò cao" của các công trình KHCN. Hàng năm, Tạp chí GTVT đều thường xuyên đăng tải, công bố khoảng hơn 350 bài báo, công trình nghiên cứu trong các lĩnh vực hoạt động của ngành GTVT.

Tạp chí GTVT đã khẳng định vị trí là một ấn phẩm khoa học uy tín, chất lượng của ngành GTVT, được các nhà khoa học, nhà quản lý và bạn đọc đánh giá cao về tính nghiêm túc, hàn lâm, thể hiện qua các bài nghiên cứu, phản biện và công bố các công trình khoa học. Với những cố gắng, nỗ lực trong hoạt động, bám sát tôn chỉ mục đích, phản ánh sâu rộng về KHCN, Tạp chí GTVT không chỉ trở thành một ấn phẩm KHCN uy tín hàng đầu của ngành GTVT mà còn có sức ảnh hưởng, lan tỏa tới nhiều ngành, lĩnh vực khác. Điều này được chứng minh bằng việc Tạp chí tiếp tục được Hội đồng Giáo sư ngành GTVT phê duyệt 1.0 điểm công trình khoa học.

PGS. TS. Nguyễn Thanh Sơn:

Cần liên kết xuất bản với các tạp chí khoa học có uy tín trong khu vực và trên thế giới

Trải qua 65 năm xây dựng và phát triển, Tạp chí GTVT luôn giữ vững tôn chỉ, mục đích và các giá trị cốt lõi, góp phần lan tỏa giá trị KHCN ngành GTVT, là cầu nối giữa lý luận và thực tiễn, sân chơi của nhà khoa học, nhà quản lý.

PGS. TS.
Nguyễn Thanh Sơn
Phó Hiệu trưởng
Trường Đại học
Hàng hải Việt Nam

Tạp chí là diễn đàn hữu ích và địa chỉ tin cậy cho các nhà khoa học, chuyên gia trong nước, quốc tế trao đổi và công bố các kết quả nghiên cứu về các lĩnh vực KHCN, nhất là trong lĩnh vực GTVT như: Xây dựng cầu, đường bộ, đường sắt, đường thủy, bến cảng, sân bay, kết cấu, vật liệu, nền móng công trình; tổ chức và quản lý GTVT; điều khiển trong GTVT; bảo đảm hàng hải, đường thủy; khai thác vận tải đường sắt, đường bộ, đường thủy, đường biển, hàng không; máy xây dựng - xếp dỡ, kỹ thuật phương tiện vận tải ô tô, đầu máy, toa xe, tàu thủy; bảo vệ công trình GTVT...

Tạp chí GTVT thuộc danh mục tạp chí quốc gia uy tín được Hội đồng Giáo sư Nhà nước tính điểm, đặc biệt được Hội đồng Giáo sư ngành GTVT tính tối đa 1.0 điểm từ năm 2020. Với việc xuất bản định kỳ 1 tháng/số, trong đó trung bình có khoảng 10 bài viết về các vấn đề thời sự của ngành GTVT (chiếm tỷ lệ 20%) và 30 - 40 bài báo khoa học (chiếm tỷ lệ 80%), Tạp chí đã truyền tải nhiều bài báo chất lượng, chuyên sâu, chuyên ngành, góp sức đưa tiếng nói thực tế đa chiều về các vấn đề của ngành GTVT.

Để nâng cao chất lượng, trên tạp chí điện tử cần xây dựng, bổ sung thêm các trang điện tử quản lý đăng bài báo khoa học và quy trình phản biện, chấp thuận đăng bài của tạp chí. Đồng thời, Tạp chí nghiên cứu xây dựng xuất bản số đặc san bằng tiếng Anh, từ đó tiến tới liên kết xuất bản với các tạp chí khoa học có uy tín trong khu vực và trên thế giới, nhằm từng bước nâng cao chất lượng Tạp chí GTVT.

Ngoài ra, Tạp chí nghiên cứu lựa chọn các bài báo xuất sắc để đăng Chuyên san riêng vào dịp đặc biệt/kỷ niệm trong năm. Điều này sẽ tạo động lực cho các tác giả đầu tư nâng cao chất lượng bài viết đăng trên tạp chí, góp phần nâng điểm uy tín khoa học của Tạp chí đối với bạn đọc trong và ngoài nước, đặc biệt là các chuyên gia, nhà khoa học ❑

Đổi mới, Tạp chí GTVT bắt nhịp đột phá phát triển toàn ngành

Thứ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Danh Huy phát biểu chỉ đạo tại Hội nghị triển khai nhiệm vụ năm 2024 của Tạp chí GTVT đánh giá Tạp chí đã phát huy tốt lợi thế, cạnh tranh mạnh mẽ trong môi trường truyền thông ngày càng khắc nghiệt

VŨ THÀNH VŨ

Ngay từ khi bước vào thập kỷ đột phá phát triển của ngành GTVT đến nay, Tạp chí GTVT đã định hình và hiện thực hóa quyết tâm thành hành động đổi mới mạnh mẽ, góp sức vào sự "bứt tốc" của toàn Ngành.

KIẾN TẠO NỀN TẢNG

Là cơ quan báo chí ra đời sớm nhất của Bộ GTVT, Tạp chí GTVT xuất bản số đầu tiên vào tháng 1/1960. Trong 64 năm trưởng thành và phát triển, Tạp chí GTVT được Đảng, Nhà nước, Bộ GTVT tặng thưởng nhiều danh hiệu cao quý, trong đó có 1 Huân chương Lao động hạng Ba, 1 Huân chương Lao động hạng Nhì và được Hội đồng Giáo sư Nhà nước cho điểm khoa học tối đa (1.0 điểm).

Trong nhịp đột phá phát triển của ngành GTVT thời gian gần đây, Tạp chí GTVT vạch rõ kế hoạch từng tuần, từng tháng để liên tục bám sát các định hướng của Ngành. Với việc tăng hơn gấp đôi đội ngũ phóng viên, Tạp chí GTVT ngày càng đi sâu vào từng vấn đề ngóc ngách, bám sát từng hơi thở của ngành GTVT.

Trên ấn phẩm tạp chí điện tử, mỗi tuần, mỗi tháng đều có những tuyến bài thời sự chuyên ngành, chuyên sâu. Trên ấn phẩm tạp chí in hàng tháng, mỗi số tập trung làm sáng rõ một tiêu điểm chủ đề "nóng" của ngành GTVT, gồm một tập hợp các bài viết phân tích chuyên sâu được thực hiện công phu, dưới góc nhìn đa chiều, làm tận cùng vấn đề. Những tuyến bài này được triển khai dưới góc nhìn khoa học nhưng vẫn đảm bảo tính thời sự đã khái quát, nêu bật những vấn đề tồn tại, vướng mắc của Ngành, đồng thời trở thành diễn đàn quy tụ trí tuệ khoa học giải quyết những vấn đề khó của Ngành và đất nước. Điển hình như các tuyến bài: *Nhà thầu cao tốc cam kết bảo hành 10 năm hay chiêu trò "làm màu"?; "Dở khóc, dở cười" với học lái xe theo DAT; Cơ sở đào tạo lái xe "đứng ngồi không yên" vì cabin tập lái; "Đánh thức" cảng biển Việt Nam; Nhiều bất cập trong quản lý đường ngang qua đường sắt; Sắp có "thuốc trị" xe hợp đồng trá hình tuyến cố định; Bất cập hoạt động du thuyền ở Việt Nam; Bất cập đơn giá, định mức trong xây dựng công trình giao thông...*

Các tuyến bài dài kỳ này đã giúp Tạp chí GTVT mỗi năm đều tích lũy vào bộ sưu tập số lượng lớn giải thưởng báo chí về ATGT và ngành GTVT. Chỉ xét riêng trong năm qua, Tạp chí GTVT đã đoạt 6 giải thưởng Báo chí viết về ATGT năm 2023 do Ủy ban ATGT Quốc gia phát động, 1 giải thưởng Báo chí viết về ngành GTVT lần thứ IV.

HỘI TỤ TRÍ TUỆ KHOA HỌC, LAN TỎA THƯƠNG HIỆU

Vui mừng trước những kết quả, dấu ấn mà Tạp chí GTVT đạt được những năm qua, đến thăm và chúc mừng Tạp chí GTVT nhân kỷ niệm 98 năm ngày Báo chí Cách mạng Việt Nam (21/6/2023), Thứ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Xuân Sang cho rằng đây thật sự là điều mà lãnh đạo Bộ GTVT mong muốn, kỳ vọng. "Tôi khẳng định rằng, Ban Cán sự Đảng, lãnh đạo Bộ GTVT dành rất nhiều sự quan tâm đối với Tạp chí GTVT. Phóng viên của Tạp chí GTVT đã dày công, đi sâu phân tích, nói lên những vấn đề tồn tại, vướng mắc của ngành GTVT, từ đó góp sức hiệu quả cho quá trình tháo gỡ những khó khăn, giải quyết những thách thức để ngành GTVT hoàn thành nhiệm vụ", Thứ trưởng Nguyễn Xuân Sang chia sẻ.

Thứ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Xuân Sang chúc mừng Tạp chí GTVT nhân kỷ niệm 98 năm Báo chí Cách mạng Việt Nam (21/6/2023) vui mừng trước những kết quả, dấu ấn mà Tạp chí GTVT đạt được trong những năm qua

Sân chơi kết nối người lao động ngành GTVT

Dù luôn phải "gồng" mình vượt khó song Tạp chí GTVT vẫn được lãnh đạo Bộ GTVT đánh giá rất cao trong việc tích cực tham gia các hoạt động xã hội, nhất là lan tỏa, góp sức cho sự lớn mạnh phong trào thể thao ngành GTVT, mà hai mùa Giải bóng đá Cup Tạp chí GTVT năm 2022, 2023 là minh chứng sống động nhất.

Năm 2022, Giải bóng đá Cup Tạp chí GTVT lần đầu tiên được tổ chức quy tụ 9 đội bóng mạnh đến từ các cơ quan, đơn vị, doanh nghiệp trong lĩnh vực GTVT. Với việc tổ chức bài bản, chuyên nghiệp, tạo sân chơi gắn kết, tăng cường rèn luyện sức khỏe cho người lao động ngành GTVT, giải nhanh chóng nhận được sự cổ vũ, khích lệ rất lớn.

Năm tiếp theo, quy mô giải đấu được nâng lên từ 9 lên 16 đội bóng, tạo sự lan tỏa mạnh mẽ trong toàn Ngành. Ông Phạm Hoài Phương, Chủ tịch Công đoàn GTVT Việt Nam khẳng định: "Hai giải bóng đá này đã thể hiện rõ nỗ lực rất đáng khích lệ của Tạp chí GTVT trong việc xây dựng các phong trào chăm lo cho đời sống người lao động ngành GTVT".

Còn theo Thứ trưởng Bộ GTVT Nguyễn Danh Huy, hòa chung vào những thành tích đột phá ấn tượng của toàn ngành GTVT trong những năm gần đây, Tạp chí GTVT đã phát huy tốt lợi thế, cạnh tranh mạnh mẽ trong môi trường truyền thông ngày càng khắc nghiệt. Minh chứng cụ thể là Tạp chí GTVT đạt điểm khoa học tối đa (1.0) mà rất ít tạp chí của các bộ, ngành đạt được. "Mạnh là phải mạnh từ từng phóng viên, biên tập viên. Phải nâng cao trình độ, năng lực của từng cá nhân, tập thể... Tôi hoàn toàn tin tưởng Tạp chí GTVT sẽ phát triển hơn nữa", Thứ trưởng Nguyễn Danh Huy bày tỏ.

Xét về sức lan tỏa của Tạp chí GTVT thì Cuộc thi viết "Ứng dụng khoa học công nghệ, ý tưởng trong công tác bảo đảm trật tự ATGT" do Tạp chí GTVT phát động được lãnh đạo Bộ GTVT đánh giá rất cao và coi là một trong những "điểm sáng".

Trong 3 năm phát động (2020 - 2022), cuộc thi viết đã tiếp nhận được hàng trăm tác phẩm chất lượng cao của các tác giả trong và ngoài nước. Trong đó, rất nhiều tác phẩm phát hiện và hiến kế các ý tưởng, sáng kiến, ứng dụng các thành tựu khoa học công nghệ, giải pháp hữu hiệu trong công tác bảo đảm trật tự ATGT, góp phần đẩy lùi TNGT và ùn tắc giao thông.

Nhiều bài viết đi sâu phân tích và đề ra giải pháp mang tính ứng dụng cao, có thể áp dụng ngay vào thực tiễn ở Việt Nam, như: *"ATGT trong quy hoạch và thiết kế TOD: Giải pháp cho phát triển đô thị"* (Trường Đại học GTVT); *"Đề xuất ứng dụng học máy dự báo TNGT tại Việt Nam"* (Trường Đại học Công nghệ Nagaoka, Nhật Bản); *"Phân tích SWOT về chuyển đổi số nhằm nâng cao ATGT hàng hải Việt Nam"* (Trường Đại học Hàng hải Việt Nam)...

Phát biểu tại Hội nghị Hội đồng biên tập Tạp chí GTVT năm 2023, GS. TSKH. Lã Ngọc Khuê, nguyên Thứ trưởng Bộ GTVT đã nhấn mạnh, Tạp chí GTVT là tiếng nói "trầm" nhưng "chắc" và "sắc"; là tiếng nói quan trọng và có sức mạnh. Còn theo GS. TS. Phạm Huy Khang, Chủ tịch Hội đồng Giáo sư ngành GTVT, Tạp chí GTVT có nền tảng vững chắc, cơ bản đạt được tất cả các tiêu chí đánh giá của Hội đồng Giáo sư Nhà nước. Các lĩnh vực chuyên sâu của ngành GTVT đều được đề cập trong Tạp chí GTVT.

Nói về đường dài phía trước, PGS. TS. Tống Trần Tùng, Phó Tổ trưởng Tổ Cố vấn Bộ trưởng Bộ GTVT nhìn nhận, vấn đề đầu tư công hiện chưa được quan tâm đúng mức, trong khi chủ trương về khoa học kỹ thuật lại rất được ưu ái. Do đó, đối với các vấn đề "nóng" của Ngành, Tạp chí GTVT cần tổ chức các diễn đàn, hội nghị, hội thảo, tọa đàm để làm sáng tỏ vấn đề; phấn đấu trở thành nguồn tư liệu quan trọng, là cơ sở để xây dựng chính sách, tiêu chuẩn kỹ thuật số thúc đẩy phát triển ngành GTVT phát triển.

Còn theo TS. Khuất Việt Hùng, Viện trưởng Viện Chiến lược và Phát triển GTVT, Tạp chí GTVT là "mặt tiền" khoa học công nghệ của ngành GTVT. Vì vậy, Tạp chí GTVT cần phấn đấu để thành diễn đàn sinh hoạt về học thuật khoa học công nghệ ngang tầm khu vực, là tài liệu quý, đóng góp vào sự phát triển của ngành GTVT ❑

Chuyện nghề trên đường tác nghiệp

Nghề báo là nghề vất vả, nhưng làm báo ngành GTVT càng gian khó hơn. Vì để có những tác phẩm báo chí dù là chuyên sâu, dài kỳ hay chỉ là một bản tin ngắn, PV Tạp chí GTVT luôn phải lăn lộn đến những công trình, hiện trường thường là xa xôi bởi sức hấp dẫn và nguồn cảm hứng nghề "Đi trước mở đường". Bên cạnh đó, cũng có không ít câu chuyện thú vị dở khóc, dở cười nâng bước hành trình tác nghiệp.

Nhà báo Minh Thành:

Chuyện "gánh cả thế giới" ở hải đăng Hạ Mai

Nhân viên trạm đèn Hạ Mai gánh dầu trên quãng đường gần 1 km, dốc hơn 30 độ, qua 345 bậc thang

Hôm đó, đặt chân lên đảo Hạ Mai (xã đảo Ngọc Vừng, huyện Vân Đồn, tỉnh Quảng Ninh) trời đã tối hẳn. Trên đảo không điện lưới, không dân. Từ chân núi, sát mặt biển, chúng tôi cùng một số cán bộ Xí nghiệp Bảo đảm An toàn hàng hải Đông Bắc Bộ cuốc bộ lên trạm đèn.

Quãng đường dài gần 1 km với độ dốc hơn 30 độ, xuyên qua cánh rừng nguyên sinh là 345 bậc thang. Nhu yếu phẩm tiếp tế đều phải tập kết ở chân núi, sau đó chia nhỏ rồi mới được mang vác, gánh gồng lên trạm. Tất cả đều cõng bằng sức người...

Cạnh mép nước chừng chục mét, chúng tôi thấy có một nhà kho, nơi anh em tập kết nhu yếu phẩm và đặc biệt là những can, thùng dầu diesel để chạy máy phát điện trên trạm, phục vụ quản lý, vận hành đèn và đời sống anh em. Ở đó có sự hiện diện của một đồ vật rất đặc biệt - chiếc đòn gánh. Để đưa lương thực, thực phẩm, dầu diesel từ chân núi, vượt qua 345 bậc thang, dốc, chiếc đòn gánh là vật bất ly thân của anh em trạm đèn Hạ Mai.

Những can dầu 20 lít được anh em căn chỉnh làm sao chỉ sang chiết vào đó chừng 10 lít mỗi bên, sau đó mới gánh lên trạm. Lương thực, thực phẩm cũng thế, 10 kg như là một cái mốc định sẵn, cho vừa sức người, vừa quãng đường dài và dốc.

Trời chuyển về đêm, con đường nhỏ với hàng trăm bậc thang dẫn sâu hun hút, xuyên qua khu rừng tĩnh lặng, chỉ còn nghe tiếng bước chân, côn trùng. Đặt chân lên đảo rét là thế mà dọc đường tôi và mấy anh em Xí nghiệp chốc chốc lại phải dừng lại nghỉ, chân mỏi nhừ, đầu gối như muốn khuỵu xuống. Mồ hôi bắt đầu toát ra, những lớp áo khoác lần lượt phải cởi bỏ.

Cũng may, trên người chúng tôi khi đó chỉ có chiếc ba lô nhỏ, vài tập tài liệu. Còn với anh em trạm hải đăng Hạ Mai, hàng ngày họ phải vác hoặc gánh cả chục kg dầu, lương thực, thực phẩm vượt qua 345 bậc thang dốc...

"Đều phải dùng sức người nhà báo ạ", anh Nguyễn Hồng Tuyên, Trạm trưởng Trạm đèn Hạ Mai nói và đọc hai câu thơ anh em trạm đèn ví von: *"Yên Tử có cái cáp treo/Hạ Mai có cái cáp trèo... bằng chân"*.

Nhà báo Văn Quyết:

Tác nghiệp xong, thẻ nhớ máy ảnh trống rỗng

Là PV thường trú được phân công theo dõi về lĩnh vực tin tức thời sự ngành GTVT khu vực phía Nam nên vào các dịp cao điểm lễ, tết cũng là những ngày tin, bài thời sự đòi hỏi PV phải cập nhật liên tục ở các điểm "nóng" giao thông.

Đã gần 10 năm nhưng tôi vẫn không thể nào quên được kỷ niệm dịp nghỉ lễ 2/9 năm 2016 khi tôi mới chập chững vào nghề được giao nhiệm vụ cập nhật tình hình giao thông đi lại của người dân khu vực TP. Hồ Chí Minh. Ngay từ sáng sớm, tôi đã xách ba lô chạy xe máy đến bến xe, sân bay, ga tàu... với mong muốn sẽ ghi nhận được những hình ảnh, thông tin mới nhất về tình hình giao thông và người dân về quê, đi chơi lễ.

Với tinh thần háo hức lên cao, chẳng mấy chốc tôi đã ghi nhận khá đầy đủ thông tin, số liệu cũng như chụp hàng trăm bức ảnh. Mọi thứ đều diễn ra rất thuận lợi cho đến khi tôi chạy xe tấp vào quán cà phê lấy thẻ nhớ ra để lựa chọn hình ảnh viết bài thì bất ngờ trên màn hình trống rỗng, không có bất kỳ một thông tin, dữ liệu nào. Kiểm tra thì máy báo thẻ nhớ bị lỗi vi-rút nên không thể đọc được các hình ảnh vừa mới chụp.

Cùng thời điểm đó, Trưởng văn phòng đại diện gọi điện thúc giục gửi thông tin, hình ảnh để cập nhật lên hệ thống tạp chí điện tử. Tôi như đứng hình bởi chưa biết xử lý thế nào, trong đầu đặt giả định nếu giờ chạy đi chụp lại thì sẽ không kịp vì mất nhiều thời gian và không còn tính thời sự. Đang loay xoay nhìn trên máy tính thì tôi chợt nhớ ra là khi tác nghiệp mình có chụp "sơ cua" bằng điện thoại nên vội vã mở điện thoại ra chọn những

PV Văn Quyết trên công trường dự án sân bay Long Thành

tấm hình sáng nét, bao quát đầy đủ thông tin về tình hình giao thông gửi lên hệ thống CMS (mặc dù không đẹp bằng chụp máy ảnh).

Đó là sự cố "dở khóc, dở cười" mà tôi nghĩ không chỉ xảy ra với riêng tôi mà nhiều PV khác cũng đã từng trải qua. Rút kinh nghiệm những lần tác nghiệp về sau, tôi luôn kiểm tra máy móc, thẻ nhớ thật kỹ trước khi đi làm, chụp xong là copy ngay vào máy tính để phòng trường hợp xấu nhất có thể xảy ra hoặc luôn phải dùng điện thoại chụp hình, quay video để dự phòng.

Nhà báo Văn Huế:

Cắt đuôi "chim lợn" cùng CSGT mật phục xe quá tải

Đầu năm 2024, tôi có dịp theo chân tổ công tác gồm hơn 10 cán bộ, chiến sĩ thuộc Đội CSGT Đường bộ số 1, Phòng CSGT Công an tỉnh Yên Bái thực hiện kiểm tra xử lý xe chở quá tải trọng trên tuyến QL70 qua địa bàn thị trấn Yên Bình (tỉnh Yên Bái).

Sau khi bàn bạc và đi đến thống nhất, tổ công tác quyết định thực hiện phương án cắm chốt kết hợp hóa trang tuần tra trên QL70 để phát hiện và xử lý xe quá tải. Điều kỳ lạ, chỉ mấy chục phút trước, các xe tải hạng nặng, xe "hổ vồ" còn chạy rầm rập trên tuyến đường nhưng khi thấy bóng dáng CSGT thì tuyến đường bỗng vắng vẻ lạ thường. Cùng lúc đó, một số đối tượng giả làm xe ôm tiếp cận tổ công tác, thậm chí còn bí mật theo dõi nhất cử nhất động của lực lượng thi hành công vụ.

Nhận thấy điều bất thường, Thượng tá Nguyễn Quang Hưng, Phó Trưởng phòng CSGT Công an tỉnh Yên Bái lập tức chỉ đạo tổ công tác áp dụng các biện pháp nghiệp vụ, đi xe bồ câu dọc các tuyến QL70, vào các đường nhánh để nắm tình hình thì xuất hiện một số xe "hổ vồ", xe đầu kéo chở vật liệu xây dựng có "ngọn", thậm chí có những lái xe cố tình bật nắp ca-pô giả vờ là xe hỏng.

Lúc này, lực lượng CSGT lần lượt yêu cầu các tài xế xe tải ra vị trí chốt kiểm tra để tiến hành cân kiểm tra, xử lý hành vi vi phạm chở quá tải trọng quy định.

PV Tạp chí GTVT lưu lại khoảnh khắc với 2 cán bộ, chiến sĩ Đội CSGT Đường bộ số 1 (tỉnh Yên Bái)

Theo Thượng tá Nguyễn Quang Hưng, đối với việc xử lý xe tải "hổ vồ", xe đầu kéo chở vật liệu xây dựng, chỉ cần biết tổ công tác làm ở vị trí nào, các tài xế sẽ báo nhau, xe nào đang chạy trên tuyến sẽ "trốn" ở ven đường, xe thì đỗ ngay trong điểm lấy hàng, rồi cho người làm "chim lợn" bám theo tổ công tác.

Để công tác kiểm tra xử lý mang lại hiệu quả, lực lượng CSGT Công an tỉnh Yên Bái đã phải áp dụng các biện pháp nghiệp vụ, đánh lạc hướng, cắt đuôi "chim lợn", tiến hành xử lý đối với các trường hợp xe tải "hổ vồ", xe tải đầu kéo chở quá tải lưu thông trên địa bàn ❑

LÀM GÌ ĐỂ KHÔNG ĐỨT GÃY TUYẾN VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT BẮC - NAM?

Tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh là "mạch máu" vận tải hành khách, hàng hóa trên trục Bắc - Nam. Từ năm 2016 đến nay, tuyến vận tải quan trọng này được Nhà nước quan tâm đầu tư cải tạo kết cấu hạ tầng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác vận tải. Tuy vậy, hiện tuyến đường sắt này vẫn chực chờ nguy cơ cao đứt gãy hạ tầng do nhiều nguyên nhân chủ quan và khách quan, gây gián đoạn vận tải nghiêm trọng, đòi hỏi cần có giải pháp cấp bách và lâu dài.

Còn nhiều hầm yếu, vị trí nguy hiểm trên đường sắt Bắc - Nam

HUY LỘC - MINH TÙNG

Giai đoạn 2016 - 2024, kết cấu hạ tầng tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh được cải thiện chất lượng rõ rệt nhờ gói đầu tư ngân sách 7.000 tỷ đồng và đang tiếp tục được nâng cấp với gói 3.000 tỷ đồng. Tuy vậy, trên tuyến vẫn còn hàng loạt hầm yếu, nhiều vị trí cong cua nguy hiểm, hệ thống thông tin tín hiệu lạc hậu.

Khắc phục sự cố sụt lở hầm Chí Thạnh

LẦN ĐẦU NÂNG CẤP, CẢI TẠO DỌC TUYẾN

Tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh (tuyến đường sắt Bắc - Nam) có chiều dài 1.726 km, khổ 1.000 mm, chạy qua 21 tỉnh, thành phố, được hoàn thành xây dựng và đưa vào khai thác vận tải đến nay đã gần 90 năm, với nhiều đoạn chạy qua đèo dốc, núi cao hiểm trở. Theo Tổng công ty Đường sắt Việt Nam, trong thời gian dài, tuyến chủ yếu chỉ được duy tu, bảo dưỡng để duy trì trạng thái kỹ thuật nên hạn chế khả năng khai thác. Phải đến giai đoạn 2016 - 2020, Nhà nước mới dành gói ngân sách 7.000 tỷ đồng để nâng cấp, cải tạo kết cấu hạ tầng (đường, cầu yếu, ga) các vị trí xuống cấp theo dọc tuyến.

Theo Ban QLDA Đường sắt (Bộ GTVT), gói đầu tư này giúp nâng cấp, cải tạo tổng cộng 264 km đường, 137 cầu trên toàn tuyến (bao gồm gia cố trụ cầu để chống phương tiện thủy va xô), cải tạo bán kính cong tại hơn chục vị trí; mở mới gần chục ga và đặt thêm, nối dài đường ray trong ga (để tăng năng lực đón tàu); xây dựng các đoạn đường gom, hàng rào ngăn cách đường sắt với đường bộ; nâng cấp hệ thống thông tin tín hiệu đoạn Hà Nội - Vinh.

"Gói đầu tư 7.000 tỷ đồng đã

mang lại kết quả giúp tăng năng lực thông qua đối với đoạn Hà Nội - Vinh từ 20 đôi tàu/ngày đêm lên 23 đôi tàu/ngày đêm; đoạn Vinh - Nha Trang 18 đôi tàu/ngày đêm (vì hạn chế điểm nghẽn đèo Khe Nét, đèo Hải Vân...); đoạn Nha Trang - Sài Gòn 19 đôi tàu/ngày đêm (vì hạn chế điểm nghẽn khu gian Long Khánh - Dầu Giây...). Các cầu trên tuyến đã đồng nhất tải trục 4,2 tấn/m, tốc độ chạy tàu được cải thiện. Một số điểm nghẽn hạ tầng khác như ga, ke ga, kho ga, bãi hàng... cũng được cải thiện, tháo gỡ. Hạ tầng thay đổi giúp mang lại năng lực khai thác vận tải đường sắt tuyến Bắc - Nam thay đổi hiệu quả hơn, nhất là từ năm 2023", theo Ban QLDA Đường sắt.

Ông Nguyễn Khánh Tùng, Phó Giám đốc Ban QLDA Đường sắt cho biết, tiếp theo gói 7.000 tỷ đồng, tuyến đường sắt Bắc - Nam đang được đầu tư 3.000 tỷ đồng vốn ngân sách để nâng cấp, cải tạo thêm tổng cộng hơn 168 km đường, xóa hơn chục điểm tàu phải chạy chậm, cải tạo 29 cầu yếu và nâng cấp một số ga... Các dự án thuộc gói đầu tư này sẽ cơ bản hoàn thành trong năm 2025.

Khắc phục sự cố sụt lở hầm Bãi Gió

Trong gói đầu tư 7.000 tỷ đồng, có 9 hầm yếu đoạn Vinh - Nha Trang được đầu tư nâng cấp, cải tạo (7 hầm làm mới toàn bộ vỏ hầm, 2 hầm cải tạo một phần vỏ hầm); đang cải tạo đèo Khe Nét (Quảng Bình, vốn ODA Hàn Quốc, cơ bản hoàn thành năm 2025) và sẽ cải tạo đoạn Hòa Duyệt - Thanh Luyện, hoàn thành năm 2028.

12 HẦM YẾU, NHIỀU VỊ TRÍ NGUY HIỂM, HỆ THỐNG THÔNG TIN TÍN HIỆU LẠC HẬU

Theo tìm hiểu của PV Tạp chí GTVT, Tổng công ty Đường sắt Việt Nam (VNR), Cục Đường sắt Việt Nam và Ban QLDA Đường sắt đang tiếp tục rà soát hạ tầng toàn tuyến Bắc - Nam. Bước đầu cho thấy, trên tuyến vẫn còn nhiều hầm yếu, vị trí đường có độ dốc lớn, bán kính cong nhỏ; khu vực dễ xảy ra đá rơi, lăn, ngập úng hoặc sự cố gây gián đoạn hạ tầng khi xảy ra thiên tai, mưa lũ...

Về hầm, theo VNR, trên tuyến có 27 hầm thuộc địa phận từ tỉnh Quảng Bình đến Khánh Hòa. Các hầm này được xây dựng và đưa vào khai thác cách đây gần 100 năm (xây dựng trong khoảng thời gian từ năm 1926 đến năm 1936), được thiết kế, thi công theo các tiêu chuẩn và công nghệ đơn giản của giai đoạn đó. Trong kháng chiến chống Pháp và chống Mỹ, tuyến đường sắt Bắc - Nam nói chung và các công trình hầm trên tuyến nói riêng bị bom đạn tàn phá, có thời kỳ không hoạt động được. Trải qua nhiều biến động lịch sử, hồ sơ quản lý thất lạc nhiều, kinh phí cấp cho công tác duy tu bảo dưỡng công trình chưa đáp ứng đủ nhu cầu khiến cho các hầm bị xuống cấp, nhiều hầm bị hỏng nặng.

"Tình trạng chung là vỏ hầm bằng bê tông hoặc đá hộc xây bị phong hóa, nứt vỡ, thấm nước, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn khai thác chạy tàu. Phần lớn các hầm hiện nay có khổ tĩnh không vi phạm khổ giới hạn dẫn tới việc tàu qua hầm phải hạn chế tốc độ. Trong số 27 hầm trên tuyến, có 11 hầm được làm mới toàn bộ vỏ hầm, 4 hầm được làm mới một đoạn vỏ hầm và 12 hầm (số 4, 5, 11, 12, 14, 15, 20, 21, 24, 25, 26 và 27) chưa từng được sửa chữa, gia cố. Trong đó, 12 hầm đều bị xuống cấp, có nguy cơ cao mất an toàn", ông Trần Anh Tuấn, Phó Tổng Giám đốc VNR thông tin.

Từ thực tế quản lý tuyến, ông Trần Ngọc Sơn, Giám đốc Công ty CP Đường sắt Quảng Bình cho biết thêm, trên đoạn từ Km405+000 - Km579+500, bên cạnh các hầm xuống cấp nặng, gần 2/3 đoạn tuyến trên đi qua vùng rừng núi, đèo dốc có bình diện phức tạp, nhiều đường cong bán kính nhỏ trái chiều; nhiều vị trí có nguy cơ cao bị sụt trượt, đá lăn. "Các vị trí như Km460+000 - Km460+380, Km465+570 - Km466+900, Km455+400 - Km458+400 là các vị trí nhiều tảng đá nằm chênh vênh trên mái ta-luy cao và dốc, có nguy cơ cao đá lăn, rơi. Các năm trước đây đã xảy ra một số sự cố đá rơi vào đường sắt làm gián đoạn vận tải", ông Sơn dẫn chứng.

Còn ông Lê Trọng Tùng, Giám đốc Chi nhánh Khai thác đường sắt Thừa Thiên - Huế cho biết, khu vực đèo Hải Vân là nơi tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn, nhất là mùa mưa bão. Gần nhất là vào tháng 10 và tháng 11/2023 đã xảy ra sụt trượt, bùn đất tràn qua tường chắn (điểm sạt lở tại Km766+810), hay ga Văn Xá tại Km678+140 trong các năm gần đây thường xuyên bị ngập lụt, mỗi khi có mưa lớn trong khu vực phải đình chỉ chạy tàu.

Về hệ thống thông tin liên lạc, ông Nguyễn Khánh Tùng cho biết hệ thống thông tin tín hiệu đường sắt đoạn Vinh - Nha Trang hiện vẫn chủ yếu theo phương thức thủ công: Tín hiệu đèn màu, thẻ đường, điện thoại bàn để thông tin liên lạc... khiến hạn chế năng lực lưu thông tàu trên toàn tuyến đường sắt Bắc - Nam ❑

LÀM GÌ ĐỂ KHÔNG ĐỨT GÃY TUYẾN VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT BẮC - NAM?

Tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh là "mạch máu" vận tải hành khách, hàng hóa trên trục Bắc - Nam. Từ năm 2016 đến nay, tuyến vận tải quan trọng này được Nhà nước quan tâm đầu tư cải tạo kết cấu hạ tầng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác vận tải. Tuy vậy, hiện tuyến đường sắt này vẫn chực chờ nguy cơ cao đứt gãy hạ tầng do nhiều nguyên nhân chủ quan và khách quan, gây gián đoạn vận tải nghiêm trọng, đòi hỏi cần có giải pháp cấp bách và lâu dài.

Liên tiếp đứt gãy hạ tầng, gián đoạn vận tải đường sắt

MINH TÙNG - HUY LỘC

Trong tháng 4 và tháng 5/2024, tuyến đường sắt Bắc - Nam liên tiếp xảy ra sự cố sụt lở đất đá tại hầm yếu khi đang sửa chữa, gia cố vỏ hầm gây đứt gãy hạ tầng, vận tải tuyến tổng cộng 19 ngày. Bên cạnh đó, những năm gần đây cũng ghi nhận hàng loạt vụ đứt gãy tuyến qua khu vực miền Trung do mưa lũ.

Ngành Đường sắt thiệt hại lớn khi xảy ra đứt gãy vận tải

THIỆT HẠI HÀNG TỶ ĐỒNG MỖI NĂM

Khoảng 12h50 ngày 12/4/2024, hầm Bãi Gió tại Km1231+100 (khu vực Đèo Cả, tỉnh Khánh Hòa) trong lúc đang được thi công gia cố vỏ hầm đã xảy ra sụt lở đất đá trong lòng hầm với khối lượng khoảng 150 m^3. Sáng và chiều hôm sau, tại vị trí này tiếp tục xảy ra sụt lở thêm làm tắc nghẽn tuyến đường sắt Bắc - Nam qua khu vực trên gần 10 ngày.

Tiếp đó, khoảng 9h50 ngày 21/5 cũng xảy ra sự cố tương tự tại hầm Chí Thạnh (Km1168+700, tỉnh Phú Yên) buộc ngành Đường sắt phải phong tỏa đoạn đường sắt giữa hai ga La Hai (huyện Đồng Xuân, tỉnh Phú Yên) và Chí Thạnh (huyện Tuy An, tỉnh Phú Yên) trong 10 ngày.

Theo ông Lê Quang Vinh, Giám đốc Chi nhánh Khai thác đường sắt Phú Khánh, nguyên nhân sụt lở hầm đường sắt Bãi Gió và Chí Thạnh đều do hầm đã khai thác lâu năm, bị xuống cấp nghiêm trọng, cộng với tầng địa chất trong khu vực trên bị phong hóa lâu ngày, thường xuyên có mưa nên đất, đá trên hầm nhão... gây sụt lở trong quá trình sửa chữa, cải tạo hầm.

Hai sự cố sụt lở hầm trên khiến cho vận tải đường sắt trên tuyến Bắc - Nam bị đứt gãy, gây thiệt hại không chỉ cho đường sắt mà còn ảnh hưởng đến việc đi lại của hành khách, vận chuyển hàng hóa. Công ty CP Vận tải Đường sắt Hà Nội dẫn chứng, trong 9 ngày xảy ra sự cố và chờ khắc phục thông tàu qua hầm Bãi Gió, số chuyến tàu khách phải chuyển tải hành khách là 120 đoàn, số lượt khách phải chuyển tải bằng đường bộ (từ ga Tuy Hòa, tỉnh Phú Yên và ga Giã, tỉnh Khánh Hòa) là 25.300 lượt, với 11.000 vé tàu trả lại. Còn với tàu hàng, có 55 đoàn tàu phải bãi bỏ, ngừng chạy; chuyển tải 6 đoàn tàu hàng giữa ga Hòa Đa (tỉnh Phú Yên) và ga Ninh Hòa (tỉnh Khánh Hòa).

Theo Tổng công ty Đường sắt Việt Nam (VNR), sự cố sụt lở hầm Bãi Gió gây thiệt hại cho ngành Đường sắt hơn 50 tỷ đồng, trong đó chi phí tham gia khắc phục sự cố hơn 3 tỷ đồng; chi

phí thiệt hại trực tiếp do sự cố là 18,7 tỷ đồng, giảm doanh thu 28 tỷ đồng.

Đối với sự cố hầm Chí Thạnh hiện chưa có thống kê đầy đủ về thiệt hại, nhưng chỉ riêng việc phải dùng ô tô trung chuyển hơn 30 nghìn khách đi tàu, hủy nhiều chuyến tàu khách, tàu chở hàng dọc tuyến đường sắt Bắc - Nam hoặc một số đoàn tàu hàng phải nằm chờ tại các ga dọc tuyến... cho thấy mức độ ảnh hưởng nghiêm trọng của sự cố. Từ góc độ hành khách và chủ hàng, những sự cố của tuyến đường sắt Bắc - Nam còn gây ra tâm lý lo ngại về rủi ro, sự an toàn, uy tín với đối tác, ảnh hưởng đến đi lại, sinh hoạt, công tác của hành khách.

Một sự cố đá rơi xuống đường sắt

Theo thống kê sơ bộ của VNR và một số đơn vị quản lý đường sắt, năm 2023, ảnh hưởng của mưa bão và các đợt mưa lớn kéo dài khiến kết cấu hạ tầng trên các tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh chịu nhiều thiệt hại, nhiều vị trí hư hỏng, sạt lở phải phong tỏa khu gian để tổ chức khắc phục. Chỉ riêng kinh phí để khắc phục, sửa chữa thiệt hại hạ tầng bước 1 các vị trí sạt lở khoảng hơn 30 tỷ đồng.

TIỀM ẨN NHIỀU SỰ CỐ DO THIÊN TAI

Theo VNR và các đơn vị đường sắt trực tiếp quản lý bảo trì tuyến, trên tuyến đường sắt Bắc - Nam qua khu vực miền Trung có nhiều vị trí nguy cơ cao bị ảnh hưởng trực tiếp từ các đợt mưa lớn kéo dài, nhất là sạt lở nền đường, ngập lụt gây thiệt hại lớn về tài sản kết cấu hạ tầng và vận tải đường sắt. Chỉ trong năm 2023, trên tuyến xảy ra một số vụ nghiêm trọng khiến đường sắt phải phong tỏa khu gian để tổ chức sửa chữa, khắc phục hạ tầng, buộc phải điều chỉnh biểu đồ chạy tàu và gây gián đoạn vận tải.

Cụ thể, ngày 4/10/2023, do mưa lớn kéo dài từ ngày 26/9/2023 khiến nước sông Lam dâng cao, dòng chảy lớn làm đổ sập hàng cọc ván thép phía trước, xói trôi tứ nón phía thượng lưu và hạ lưu cầu Yên Xuân tại Km311+111 tuyến đường sắt Bắc - Nam... dẫn đến nền đường phía trên mố bị sụt lún gây uy hiếp an toàn chạy tàu, phải phong tỏa khu gian để tổ chức cứu chữa. Công ty CP Đường sắt Nghệ Tĩnh phải phong tỏa khu gian Yên Xuân - Yên Trung từ 17h40 ngày 4/10/2023 để khắc phục, sửa chữa và đến 21h cùng ngày thông tuyến với tốc độ thấp; hoàn trả dần tốc độ lưu thông tàu theo từng đợt và phải đến ngày 18/1/2024 mới hoàn thành trả tốc độ khu gian như trước khi xảy ra sự cố.

Sự cố tiếp theo là trong hai ngày 13 và 14/10/2023, mưa lớn gây ngập khu vực hầm Kim Liên - Thanh Khê (Đà Nẵng), làm ách tắc giao thông đường sắt từ 17h10 đến 22h ngày 13 và từ 5h đến 12h25 ngày 14/10, làm chậm nhiều tàu khách và tàu hàng.

Ngày 30/10/2023, cũng do mưa lớn kéo dài nên nước từ trên đổi chảy xuống qua đường sắt gây sạt lở cục bộ, xói lở, trôi nền đá, sụt trôi nền đường và đất đổi vùi lấp đường ray tại nhiều vị trí trên đoạn Km354+900 - Km355+750, trong đó có đoạn bị sụt nền đường sâu 6 - 9 m. Còn tại Km375+600 - Km376+000 bị xói lở nền đường. Sự cố trên khiến đơn vị quản lý đường sắt phải phong tỏa khu gian Yên Duệ - Hòa Duyệt từ 3h40 sáng 30/10/2023 để tổ chức khắc phục sự cố và đến 16h30 hôm sau trả tốc độ cho tàu lưu thông 5 km/h, sau đó tiếp tục trả tốc độ theo từng đợt, đến 18/1/2024 mới hoàn thành trả tốc độ bình thường cho khu gian.

"Sự cố sạt lở trên khiến phải ngừng tàu, bãi bỏ kế hoạch chạy tàu tại các ga dọc đường, điều chỉnh kế hoạch chạy tàu các ngày 29 - 31/10/2023 xuất phát từ các ga Hà Nội, Vinh, Yên Trung, Hòa Duyệt, Hương Phố, Đồng Lê... để đảm bảo an toàn cho hành khách và hàng hóa. Trong đó, tổ chức trung chuyển hơn 1.500 hành khách bằng ô tô giữa ga Yên Trung - Hòa Duyệt", theo VNR.

Sang tháng 11/2023, do mưa lớn kéo dài từ ngày 12 đến 17/11/2023 trên địa phận tỉnh Quảng Trị và Thừa Thiên - Huế khiến đoạn Km656+400 - Km750+000 có nhiều điểm bị ngập nước, sạt lở ta-luy nền đường khiến phải phong tỏa khu gian, chờ nước rút để kiểm tra, sửa chữa. Còn tại Km718+930 bị sạt lở tứ nón phía Nam; hầm số 8 bị bung sụt hầm, tường biến dạng nên phải phong tỏa, cấm tàu từ 7h55 ngày 15/11 và đến 10h15 đặt cảnh báo, chỉ cho tàu chạy 5 km/h khi qua hầm. "Sự cố trên cũng khiến đường sắt phải dừng tàu, điều chỉnh kế hoạch tại các ga Hà Nội, Sài Gòn và dọc đường. Công ty CP Vận tải Đường sắt Hà Nội phải tổ chức chuyển tải gần 140 khách từ Huế đến Đà Nẵng và ngược lại trong ngày 17/11/2023, cũng như phục vụ miễn phí hơn 4.500 suất ăn trong thời gian dừng tàu, chuyển tải", VNR cho hay ❑

LÀM GÌ ĐỂ KHÔNG ĐỨT GÃY TUYẾN VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT BẮC - NAM?

Tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh là "mạch máu" vận tải hành khách, hàng hóa trên trục Bắc - Nam. Từ năm 2016 đến nay, tuyến vận tải quan trọng này được Nhà nước quan tâm đầu tư cải tạo kết cấu hạ tầng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác vận tải. Tuy vậy, hiện tuyến đường sắt này vẫn chực chờ nguy cơ cao đứt gãy hạ tầng do nhiều nguyên nhân chủ quan và khách quan, gây gián đoạn vận tải nghiêm trọng, đòi hỏi cần có giải pháp cấp bách và lâu dài.

Khắc phục sự cố và những việc cần làm ngay

Trưa ngày 31/5/2024, hầm đường sắt Chí Thạnh đã chính thức thông tàu trở lại, kết thúc gián đoạn chạy tàu tuyến đường sắt Bắc - Nam

NHÓM PV

Tuyến đường sắt Bắc - Nam hiện còn nhiều hầm yếu, vị trí kết cấu hạ tầng xuống cấp, nguy hiểm cho an toàn chạy tàu đặt ra yêu cầu về giải pháp cấp bách và lâu dài để tránh các sự cố đứt gãy hạ tầng toàn tuyến.

GIA CỐ KHẨN CẤP 12 HẦM YẾU, ĐẠI TU HẠ TẦNG CHU KỲ 25 NĂM/LẦN

Theo TS. Nguyễn Trọng Nghĩa, chuyên gia tư vấn thiết kế GTVT đường sắt, việc tuyến đường sắt Bắc - Nam vừa qua liên tiếp xảy ra hai sự cố tại hầm Bãi Gió và Chí Thạnh gây tê liệt, gián đoạn vận tải đường sắt trục Bắc - Nam tổng cộng 19 ngày (hầm Bãi Gió 9 ngày, hầm Chí Thạnh 10 ngày) đang đặt ra cho ngành GTVT bài toán về các giải pháp cấp bách, chủ động và lâu dài trong quá trình khai thác, sử dụng và nâng cấp hạ tầng tuyến. Trong đó, giải pháp cấp bách là nâng cấp, kiên cố hóa các hầm đường sắt để đảm bảo an toàn vận hành khai thác các đoàn tàu, nâng cao chất lượng kết cấu hạ tầng, năng lực, chất lượng dịch vụ vận chuyển hành khách và hàng hóa trên tuyến.

"Tuyến đường sắt Bắc - Nam được người Pháp xây dựng và đưa vào khai thác đến nay được gần 90 năm. Trong khi đó, tuổi thọ của công trình giao thông theo thiết kế là 100 năm, đòi hỏi phải được đại tu, sửa chữa theo các chu kỳ 25 năm/lần. Tuy vậy, nguồn vốn bố trí cho đường sắt còn eo hẹp nên tuyến đường sắt này chưa được đầu tư sửa chữa lớn theo định kỳ, đến nay mới chủ yếu nâng cấp cầu yếu, nền đường, thay ray, tà vẹt theo đoạn. Nhiều hầm đã xuất hiện dấu hiệu xuống cấp, trong đó một số đang được sửa chữa, cải tạo, song vẫn cần ưu tiên đầu tư kinh phí để sửa chữa, gia cố ngay các hầm yếu còn lại. Do hầm yếu và địa chất phức tạp, ngành Đường sắt cần khảo sát, đánh giá địa chất, địa tầng trên các hầm và lắp đặt các hệ thống quan trắc để phát hiện, dự báo các nguy cơ xảy ra sự cố, trên cơ sở đó đề xuất các giải pháp ưu tiên xử lý kịp thời cho từng hầm cụ thể nhằm đảm bảo an toàn khai thác tàu, an toàn khi thi công", TS. Nghĩa nêu vấn đề.

Theo ông Nguyễn Thanh Hoài, Giám đốc Ban QLDA 85 (chủ đầu tư Dự án gia cố các hầm yếu kết hợp mở mới các ga và cải tạo kiến trúc hạ tầng trên đoạn Vinh - Nha Trang), để không xảy ra sự cố sạt lở hầm trong

quá trình sửa chữa như vừa qua, Ban QLDA 85 đã đề ra phương án quan trắc, theo dõi và nắm bắt kịp thời tình hình địa chất tại những khu vực hầm, từ đó, các cơ quan chuyên môn sẽ có đánh giá, đưa ra dự báo kịp thời về những thay đổi địa chất và nguy cơ sạt lở tại các đoạn đường hầm.

Ông Trần Anh Tuấn, Phó Tổng Giám đốc Tổng công ty Đường sắt Việt Nam (VNR) thông tin, VNR đã lập danh mục 12 hầm yếu và đề nghị Cục Đường sắt Việt Nam xem xét, báo cáo Bộ GTVT ưu tiên bố trí kinh phí để gia cố khẩn cấp (dự kiến giải pháp gia cố sử dụng vòm thép hình, khung chống) trong năm 2024 - 2025, với kinh phí khoảng 500 tỷ đồng. Riêng với hầm Bãi Gió, để đảm bảo an toàn, VNR đề xuất tiếp tục đầu tư bằng nguồn vốn đầu tư công giai đoạn 2021 - 2025 để gia cố bổ sung và kéo dài cửa hầm về hai phía.

Về giải pháp lâu dài, VNR đề nghị Bộ GTVT, Cục Đường sắt Việt Nam cho kiểm định ngay đối với 16 hầm trên tuyến (gồm 12 hầm chưa được sửa chữa, gia cố, cải tạo và 4 hầm mới gia cố, cải tạo một phần). Mục tiêu hướng tới là tăng khổ tĩnh không hầm, đảm bảo an toàn và nâng tốc độ chạy tàu bình quân, giúp tăng năng lực chuyên chở và thông qua, tận dụng năng lực sức kéo dư thừa của các đầu máy tiên tiến, đảm bảo tăng doanh thu và tăng hiệu quả của nguồn vốn đầu tư. Tổng mức đầu tư nâng cấp, cải tạo các hầm này cần khoảng 2.600 tỷ đồng.

Nhiều vị trí trên tuyến đường sắt Bắc - Nam đang được rà soát, đề xuất đầu tư sửa chữa, nâng cấp

> *Khu vực đèo Hải Vân có gần chục hầm mà cứ đến mùa mưa bão rất nguy hiểm, khối lượng nước ngầm rất lớn. Khi xảy ra sự cố đứt gãy hầm ở đây sẽ rất nghiêm trọng cho đường sắt, thời gian đứt gãy không phải tính bằng ngày mà có khi cả tháng. Bởi lẽ, địa hình hiểm trở nên việc khắc phục sẽ khó khăn, cần phải có "căn cứ địa" để cho đoàn tàu chở trang thiết bị, vật liệu đường sắt, cũng như khả năng sẵn sàng thiết bị, trình độ chuyên môn của đơn vị sửa chữa. Thực tế, sự cố hầm Chí Thạnh phải nhờ Tập đoàn Đèo Cả chi viện phần nào cho thấy điều này.*
>
> **Chuyên gia Nguyễn Ân**

PHỐI HỢP 3 BÊN RÀ SOÁT HẠ TẦNG TOÀN TUYẾN

Theo ông Trần Văn Kế, Phó Giám đốc Công ty CP Đường sắt Nghệ Tĩnh, trên tuyến đường sắt Bắc - Nam hiện còn nhiều đoạn sử dụng ray, tà vẹt loại cũ, chất lượng thấp (ray 43, tà vẹt K1, K3) và cần phải thay thế bằng ray 50 và tà vẹt bê tông dự ứng lực để đồng bộ với các đoạn tuyến đã được thay thế, nhằm giảm thiểu sự cố do kết cấu hạ tầng đường xuống cấp và nâng tốc độ chạy tàu.

"Đến nay, trên tuyến do Công ty CP Đường sắt Nghệ Tĩnh quản lý mới thay được khoảng 2/3 số ray 50 và tà vẹt bê tông dự ứng lực, còn lại vẫn sử dụng ray 43, tà vẹt K1, K3. Thời gian sử dụng ray, tà vẹt loại cũ đã tương đối lâu nên tốc độ tối đa tàu chạy chỉ đáp ứng được 70 km/h, nên cần được thay thế để đồng bộ ray, tà vẹt giúp giảm thiểu sự cố hạ tầng, nâng tốc độ", ông Kế đề xuất.

Đồng thuận với đề xuất trên song lãnh đạo một số đơn vị quản lý đường sắt cũng đề xuất ưu tiên kinh phí đầu tư sửa chữa, cải tạo các vị trí đường sắt có bán kính cong nhỏ, nguy cơ cao xảy ra sụt trượt đất đá, ngập lụt trong mùa mưa bão.

Trao đổi với Tạp chí GTVT, ông Nguyễn Khánh Tùng, Phó Giám đốc Ban QLDA Đường sắt (Bộ GTVT) cho biết hiện nguy cơ lớn nhất gây đứt gãy, gián đoạn hạ tầng tuyến đường sắt Bắc - Nam là các hầm yếu và các vị trí dễ bị sạt lở bởi thiên tai, mưa lũ. Tuy vậy, cũng cần rà soát tổng thể hạ tầng toàn tuyến để đánh giá đúng thực trạng, đề xuất cấp có thẩm quyền sớm bố trí vốn để đầu tư, cải tạo, nâng cấp.

"Năm 2023, Ban QLDA Đường sắt, Cục Đường sắt Việt Nam và Tổng công ty Đường sắt Việt Nam đã ký kết thỏa thuận hợp tác đề xuất triển khai các dự án đường sắt. Hiện ba bên đã và đang phối hợp rà soát hạ tầng toàn tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh để báo cáo, đề xuất Bộ GTVT danh mục các dự án cần tiếp tục đầu tư. Trong danh mục rà soát, đề xuất đầu tư cũng có các vị trí đường cong, khu gian, vị trí có hạ tầng hạn chế đến khả năng chạy tàu... Cùng với đó, để từng bước hoàn thiện, nâng cao chất lượng hệ thống thông tin tín hiệu sẽ đề xuất đầu tư dự án nâng cấp, hiện đại hóa và hoàn thiện hệ thống thông tin tín hiệu tuyến đường sắt Bắc - Nam trong trung hạn 2026 - 2030", ông Tùng thông tin ❑

LÀM GÌ ĐỂ KHÔNG ĐỨT GÃY TUYẾN VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT BẮC - NAM?

Tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh là "mạch máu" vận tải hành khách, hàng hóa trên trục Bắc - Nam. Từ năm 2016 đến nay, tuyến vận tải quan trọng này được Nhà nước quan tâm đầu tư cải tạo kết cấu hạ tầng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác vận tải. Tuy vậy, hiện tuyến đường sắt này vẫn chực chờ nguy cơ cao đứt gãy hạ tầng do nhiều nguyên nhân chủ quan và khách quan, gây gián đoạn vận tải nghiêm trọng, đòi hỏi cần có giải pháp cấp bách và lâu dài.

Phải tập trung nguồn lực xóa "điểm nóng" miền Trung

NHÓM PV

Ngoài các hầm yếu, khu vực đường sắt cần đầu tư nâng cấp, cải tạo lớn, việc chủ động phát hiện, xử lý sớm các vị trí nguy hiểm, dễ xảy sụt trượt, đá rơi trong mùa mưa lũ tại các tỉnh miền Trung có tuyến Bắc - Nam là giải pháp mang tính căn cơ, lâu dài.

Khắc phục sạt lở ta-luy âm tuyến đường sắt Bắc - Nam tại Km354+900 - Km355+400 (địa bàn thôn Liên Châu, xã Đức Liên, huyện Vũ Quang, tỉnh Hà Tĩnh) ngày 30/10/2023

THEO DÕI SÁT, CHỦ ĐỘNG PHÁT HIỆN, KHẮC PHỤC SỚM VỊ TRÍ NGUY HIỂM

Theo các đơn vị quản lý hạ tầng, khai thác vận tải tuyến đường sắt Bắc - Nam, dễ nhận diện nhất các tình huống có thể gây đứt gãy hạ tầng, vận tải trên tuyến là các hầm yếu và vị trí nguy hiểm có nguy cơ cao chịu tác động của mưa lũ. Do đó, để phòng ngừa các sự cố đứt gãy hạ tầng, vận tải cần tổng thể các giải pháp ngăn ngừa các sự cố bất ngờ, cũng như làm tốt công tác dự báo và cải tạo, sửa chữa sớm các khu vực, vị trí có nguy cơ cao xảy ra sự cố trong mùa mưa lũ.

Đại diện Công ty CP Đường sắt Phú Khánh cho biết, theo dự báo của Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn, hiện tượng La Nina có thể khiến khu vực miền Trung xảy ra mưa lớn dồn dập vào tháng cuối năm 2024. Thời tiết cũng sẽ cực đoan khá giống với năm 2020 (mưa bão kỷ lục gây nhiều thiệt hại ở miền Trung), gồm cả nắng nóng, hạn mặn và giông lốc, mưa lớn và nguy cơ cao xảy ra sạt lở, lũ quét.

Trong khi đó, trên đoạn 283 km đường sắt tuyến Bắc - Nam, đơn vị được giao quản lý có địa hình phức tạp, nguy cơ cao xảy ra sự cố trong mùa mưa bão. Trên đoạn từ Km1096+200 - Km1170+800 (qua tỉnh Bình Định, Phú Yên) khi mưa to thường có lũ ống, lũ quét dễ gây sạt trượt lấp đường, xói trôi nền đường, cầu cống. Đoạn từ Km1223+000 - Km1235+000 (vượt qua Đèo Cả và đèo Cổ Mã, tỉnh Phú Yên và Khánh Hòa) là đoạn có 7 hầm với một bên là biển và bên kia là vách núi cao. Núi khu vực này chủ yếu là "đá mồ côi" xếp chồng lên nhau trên sườn dốc, khi mưa to dài ngày dễ sạt lở phá hỏng đường sắt và rất nguy hiểm cho tàu chạy. Thực tế đã xảy ra những vụ đá rơi làm gãy cầu bê tông.

"Trước mùa mưa bão, đơn vị xác định quản lý chặt chẽ các vị trí đường sắt xung yếu, các vị trí cụ thể có khả năng xảy ra sự cố và xây dựng các kịch bản, tình huống giả định và phương

Khắc phục sự cố sụt lở hầm Chí Thạnh

án khắc phục, xử lý sự cố. Đồng thời, đơn vị tăng cường công tác đi bộ, áp máy kiểm tra đường sắt (tối thiểu áp máy 2 lần/tháng) trước và trong mùa bão lũ, sửa chữa thường xuyên đường xấu", Công ty CP Đường sắt Phú Khánh cho biết về giải pháp thực hiện.

Còn theo Công ty CP Thông tin tín hiệu đường sắt Đà Nẵng, đơn vị quản lý vận hành hệ thống thông tin tín hiệu trên phạm vi 7 địa phương, từ Quảng Bình đến Bình Định. Trên các tuyến đường sắt do đơn vị quản lý có 706 điểm xung yếu có nguy cơ mất an toàn, trong đó có 300 điểm có nguy cơ sạt lở đất, đá gây mất an toàn chạy tàu. Đặc biệt, tại 4 khu gian khu vực đèo Hải Vân, từ năm 2017 - 2020 xảy ra nhiều vụ sạt lở khiến phải phong tỏa các khu gian.

"Thực tế cho thấy, công tác kiểm tra đường sắt bằng phương pháp thủ công do công nhân tuần đường thực hiện gặp bất lợi vào ban đêm, thời tiết mưa bão dẫn đến không thể cảnh báo kịp thời các sự cố. Năm 2021, đơn vị đã nghiên cứu và thực hiện thành công đề tài thí điểm lắp đặt hệ thống giám sát các điểm xung yếu trên đường sắt bằng hình ảnh. Hiện đề tài được thí điểm đoạn Km770+900 - Km770+970 (khu vực đèo Hải Vân), với kết quả hệ thống giám sát hoạt động tốt, đáp ứng các tiêu chí hoạt động ổn định, cảnh báo kịp thời. Chúng tôi mong đề tài được ứng dụng tại các vị trí xung yếu trên tuyến đường sắt Bắc - Nam để bảo đảm an toàn chạy tàu", đại diện Công ty CP Thông tin tín hiệu đường sắt Đà Nẵng cho biết.

PHÒNG NGỪA XẢ LŨ GÂY NGẬP, SỰ CỐ DO TNGT

Cũng theo các đơn vị trong ngành Đường sắt, để ngăn đứt gãy, gián đoạn hạ tầng và vận tải trên tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh, bên cạnh chủ động ứng phó các sự cố do kết cấu hạ tầng xuống cấp và ảnh hưởng của thiên tai thì cần phòng ngừa, hạn chế các tác động ngập úng từ hồ đập thủy lợi. Chi nhánh Khai thác vận tải đường sắt Thừa Thiên - Huế dẫn chứng thực tế, từ ngày 15 - 16/11/2023, do ảnh hưởng của mưa lớn kéo dài, cộng thêm các hồ thủy điện xả lũ làm ngập đỉnh ray, sạt lở đất đá dẫn đến không tổ chức được chạy tàu, phải phong tỏa các khu gian đường sắt Truồi - Hương Thủy, Hiển Sỹ, Thừa Lưu - Lăng Cô, Lăng Cô - Hải Vân Bắc, Văn Xá - Huế, Phò Trạch - Mỹ Chánh từ sáng ngày 15 đến 10h30 ngày 16/11.

Về vấn đề này, Xí nghiệp Đầu máy Sài Gòn thông tin, vào mùa mưa, các khu gian đường sắt Nha Trang - Cây Cầy, Hòa Tân - Suối Cát, Ngã Ba - Cam Thịnh Đông thường bị ngập nước do các đập, hồ điều hòa trong khu vực xả nước. Hay đoạn đường sắt từ Km1235+000 - Km1378 (tỉnh Khánh Hòa) chủ yếu là nền đường đắp nhẹ, đi giữa vùng thấp dưới chân núi. Đoạn này có nhiều hồ đập thủy lợi nhất toàn tuyến, khi có mưa bão kết hợp thường bị ngập sâu, ngập lâu và xói lở trôi nền đường.

Từ góc độ bảo đảm an toàn chạy tàu, ông Lê Sỹ Anh, Giám đốc Công ty CP Đường sắt Thanh Hóa lo ngại về tác nhân lũ lụt, thời tiết khắc nghiệt và sự xuống cấp của ray cũ, sử dụng lâu năm là nguyên nhân dẫn đến các sự cố hạ tầng. Bên cạnh đó là việc tồn tại nhiều lối đi tự mở qua đường sắt cũng là nguy cơ gây TNGT dẫn đến gián đoạn đường sắt. Bởi trên đoạn 120,2 km đường sắt tuyến Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh do đơn vị quản lý phần lớn chạy qua song song với đường bộ và qua các khu đô thị, khu vực đông dân cư như TP. Thanh Hóa, thị xã Bỉm Sơn, Nghi Sơn, Hoàng Mai và có tới 102 lối đi tự mở.

"Chúng tôi sử dụng phương pháp siêu âm để phát hiện và thay thế kịp thời các ray đã sử dụng thời gian dài bị xuống cấp, dễ nứt gãy để không xảy ra sự cố. Đối với ngăn ngừa TNGT tại lối tự mở cần sự quan tâm của các địa phương để cảnh giới hoặc hỗ trợ kinh phí tổ chức cảnh giới giúp bảo đảm ATGT đường sắt", ông Lê Sỹ Anh cho biết.

Trong khi đó, theo Tổng công ty Đường sắt Việt Nam (VNR), giải pháp căn cơ lâu dài để phòng ngừa đứt gãy hạ tầng, gián đoạn tuyến đường sắt Bắc - Nam nói riêng, hệ thống đường sắt nói chung, bên cạnh việc các đơn vị đường sắt chủ động gia cố, sửa chữa ngay các vị trí nguy hiểm trước mùa mưa bão, chú trọng ứng dụng khoa học công nghệ để giám sát, phát hiện sự cố sạt lở, đá rơi... tại các vị trí xung yếu thì cần xây dựng phương án, kịch bản cứu chữa, khắc phục hạ tầng, khôi phục chạy tàu cho các tình huống xảy ra. VNR chỉ rõ: "Đối với các công trình kết cấu hạ tầng đường sắt đã quá niên hạn sử dụng, xung yếu cần thiết phải lập dự án đầu tư để giải quyết triệt để, đảm bảo công trình khai thác ổn định và bền vững" ❑

LÀM GÌ ĐỂ KHÔNG ĐỨT GÃY TUYẾN VẬN TẢI ĐƯỜNG SẮT BẮC - NAM?

Tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh là "mạch máu" vận tải hành khách, hàng hóa trên trục Bắc - Nam. Từ năm 2016 đến nay, tuyến vận tải quan trọng này được Nhà nước quan tâm đầu tư cải tạo kết cấu hạ tầng nhằm nâng cao hiệu quả khai thác vận tải. Tuy vậy, hiện tuyến đường sắt này vẫn chực chờ nguy cơ cao đứt gãy hạ tầng do nhiều nguyên nhân chủ quan và khách quan, gây gián đoạn vận tải nghiêm trọng, đòi hỏi cần có giải pháp cấp bách và lâu dài.

Nhanh chóng giải bài toán tăng kết nối đường sắt với các phương thức vận tải khác

NHÓM PV

Từ thực tế tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh độc đạo, nhiều vị trí có nguy cơ đứt gãy cho thấy cần ưu tiên đầu tư nâng cấp, cải tạo đồng bộ tuyến và có sự kết nối tốt với các phương thức vận tải khác để chia sẻ vận lượng và bổ trợ lẫn nhau trong giảm tác động sự cố đường sắt.

"NHÀ TÀU" PHẢI SẴN SÀNG ỨNG PHÓ TRUNG CHUYỂN KHÁCH, HÀNG HÓA

Theo Tổng công ty Đường sắt Việt Nam (VNR), năm 2023, tổng thời gian phải phong tỏa hệ thống đường sắt là 6.856 phút và phải chuyển tải hơn 2.000 khách bằng đường bộ (phần lớn là tuyến Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh), đồng thời phải điều chỉnh biểu đồ chạy tàu, dừng nhiều tàu khách, tàu hàng tại các ga đáp ứng yêu cầu về hạ tầng. Nhằm ứng phó, khôi phục nhanh nhất vận tải khi xảy ra đứt gãy vận tải do thiên tai, sự cố bất ngờ, VNR chỉ đạo các đơn vị quản lý tuyến, thông tin tín hiệu, điều hành vận tải, khai thác vận tải đường sắt... phối hợp chặt chẽ, nhất là khẩn trương trong cung cấp toa xe các loại để phục vụ vận chuyển vật tư, vật liệu cho việc khắc phục sự cố hạ tầng và chuyển tải hành khách, hàng hóa.

Lãnh đạo Công ty CP Vận tải Đường sắt Hà Nội cho biết, các đoàn tàu khách phải dự phòng máy phát điện, thực phẩm, dược phẩm... để kịp thời phục vụ khi tàu dừng bất khả

Ngành Đường sắt chuyển tải hành khách từ ga Tuy Hòa đi ga Giã từ ngày 11 - 21/4

kháng. Bên cạnh đó, tổ chức khảo sát hạ tầng các ga có thể đáp ứng chuyển tải khách; ký hợp đồng nguyên tắc với đơn vị vận tải đường bộ lớn tại địa phương có tàu đi qua để kịp thời chuyển tải khách đi tàu kịp thời khi xảy ra sự cố ách tắc đường sắt.

"Đối với tàu vận chuyển hàng hóa, Công ty kịp thời thông tin đến khách hàng về tình hình sự cố, thời gian dự kiến thông đường, vị trí toa xe và nắm bắt yêu cầu của khách hàng về chuyển tải hàng hóa, thay đổi ga đến hoặc dỡ hàng hoặc tổ chức kéo toa về ga gửi; cung cấp cho khách hàng danh sách các ga trên tuyến đáp ứng được yêu cầu hạ tầng bãi xếp dỡ, chuyển tải hàng hóa để khách hàng lựa chọn", Công ty CP Vận tải đường sắt Hà Nội thông tin.

Đối với sự cố hầm Bãi Gió vừa qua, Công ty CP Vận tải đường sắt Hà Nội phải bãi bỏ, ngừng chạy 55 đoàn tàu hàng, chuyển tải 6 đoàn tàu từ ga Hòa Đa (tỉnh Phú Yên) và ga Ninh Hòa (tỉnh Khánh Hòa). Còn năm 2023, do mưa lớn gây đứt gãy hạ tầng, đơn vị phải chuyển tải 10 đoàn tàu khách tuyến Bắc - Nam; năm 2020 chuyển tải 12 đoàn tàu khách và 4 đoàn tàu hàng, với 88 container; năm 2017 chuyển tải 44 đôi tàu khách, bãi bỏ 15 đôi tàu hàng, chưa kể chuyển tải các hàng hóa tại các ga dọc đường.

Còn Chi nhánh Khai thác vận tải đường sắt Thừa Thiên - Huế cho biết, đơn vị lập 12 tình huống giả định đứt gãy hạ tầng trên tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh và phương án ứng phó sự cố. "Trên cơ sở thống kê các điểm xung yếu trên các tuyến đường sắt, đơn vị vận tải chủ động khảo sát các tuyến đường bộ, ký hợp đồng ghi nhớ với đơn vị vận tải đường bộ địa phương để chủ động chuyển tải hành khách, hàng hóa. Chi nhánh vận tải đường sắt tại khu vực nhanh chóng phối hợp với các đơn vị liên quan để lập Tổ chỉ huy chuyển tải, kế hoạch chuyển tải", lãnh đạo đơn vị cho hay.

Hành khách được chuyển tải từ ga Tuy Hòa đi ga Chí Thạnh từ ngày 21 - 31/5

TĂNG CƯỜNG KẾT NỐI ĐƯỜNG SẮT - CẢNG BIỂN

Theo chuyên gia Nguyễn Ân, ngành Đường sắt cần chủ động, sẵn sàng các phương án để chuyển tải nhanh nhất hàng hóa từ đường sắt tại khu vực hiểm trở. "Vận tải hàng hóa bằng đường sắt có vai trò quan trọng và mang lại doanh thu lớn cho đường sắt. Trước kia, Tổng cục Đường sắt có hẳn xí nghiệp xếp dỡ vận tải bằng ô tô, trải dài từ Hà Nội đến Sài Gòn. Ở các ga hàng hóa lớn có đội ngũ máy xúc, bốc xếp của ngành Đường sắt quản lý nên rất chủ động. Hiện nay không còn bộ phận này nữa nên đường sắt phải có phương án dự phòng, khi xảy ra sự cố phải có phương án chuyển tải hàng hóa, tìm những đơn vị có năng lực, khi có tín hiệu S.O.S thì hợp lực ngay để bốc container, kéo hàng ra khỏi đoạn đứt gãy... Còn để tắc lâu, phải đền bù cho chủ hàng là rất lớn", ông Ân đề cập về ứng phó vận tải.

Cũng theo chuyên gia này, việc kết nối đường sắt với các phương thức vận tải khác, nhất là cảng biển rất quan trọng để chia sẻ, kết nối vận chuyển hàng hóa khối lượng lớn, hàng container trên trục Bắc - Nam. Trong đó, đối với khu vực miền Trung, đường sắt cần kết nối với cảng Liên Chiểu, phía Bắc cần quan tâm làm sẵn đường ray bên trong các bến cảng của cụm cảng Lạch Huyện... "Từ thực trạng của tuyến đường sắt Bắc - Nam hiện nay cho thấy, đầu tư dự án đường sắt tốc độ cao trục Bắc - Nam theo phương án 250 km/h chở khách kết hợp hàng hóa là rất quan trọng, giúp "cứu nguy" cho vận tải Bắc - Nam", ông Ân nói thêm.

Đồng quan điểm, TS. Nguyễn Trọng Nghĩa, chuyên gia tư vấn thiết kế đường sắt nêu thêm: "Việc đường sắt chuyển tải hành khách, hàng hóa khi đường sắt xảy ra sự cố chỉ là giải pháp tình thế, còn giải pháp cần thiết là nâng cấp toàn tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh để đảm bảo khai thác ổn định, an toàn trong mọi điều kiện thời tiết. Cùng với đó, kết nối đường sắt tuyến Bắc - Nam với các phương thức vận tải khác để đảm bảo vận tải thông suốt khi có xảy ra sự cố đường sắt".

Theo chuyên gia giao thông TS. Nguyễn Xuân Thủy, tuyến đường sắt Bắc - Nam là "mạch máu" chính của hệ thống giao thông, dài hơn 1.700 km nhưng vừa qua ngân sách đầu tư 10.000 tỷ đồng để nâng cấp, cải tạo là chưa tương xứng. "Tuyến đường sắt này cần được nâng cấp lên khổ đường 1.435 mm, nhiều đoạn cần làm đường trên cao để tránh đứt gãy hạ tầng, vận tải, giúp tăng năng suất vận tải đường sắt Bắc - Nam, góp phần giảm chi phí vận tải", ông Thủy nêu ý kiến.

Đề cập vấn đề trên, ông Nguyễn Khánh Tùng, Phó Giám đốc Ban QLDA Đường sắt (Bộ GTVT) cho biết, trong phương án đề xuất dự án đường sắt tốc độ cao trục Bắc - Nam có đề xuất kịch bản đầu tư tuyến vận chuyển khách, kết hợp hàng hóa và nâng cấp tuyến đường sắt Hà Nội - TP. Hồ Chí Minh hiện hữu. Theo đánh giá của Ngân hàng Thế giới, để nâng cấp toàn diện tuyến đường sắt Bắc - Nam cần nguồn vốn đầu tư khoảng 10 tỷ USD ❑

Hà Nội "mạnh tay" xử lý thanh, thiếu niên vi phạm giao thông

VĂN HUẾ

5 tháng đầu năm 2024, lực lượng Cảnh sát 141 và các tổ công tác đặc biệt Công an TP. Hà Nội liên tục mở các đợt truy quét, xử lý các trường hợp thanh, thiếu niên điều khiển xe máy lạng lách, đánh võng, bốc đầu... trên một số tuyến phố, gây nguy hiểm cho người đi đường, tiềm ẩn TNGT.

Tổ công tác Cảnh sát 141 Công an TP. Hà Nội kiểm tra, xử lý một số trường hợp thanh, thiếu niên vi phạm giao thông

THỰC TRẠNG CÒN NHIỀU NHỨC NHỐI

Theo phản ánh của người dân, vào dịp cuối tuần, tại khu vực nóc hầm Kim Liên, đoạn qua cổng Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội hay các tuyến phố trung tâm như Trần Bình Trọng, Lê Duẩn, Bà Triệu, Trần Hưng Đạo, Phan Chu Trinh, Huế... xuất hiện nhiều tốp thanh, thiếu niên tụ tập, điều khiển xe lạng lách, đánh võng, gây mất trật tự công cộng khiến người dân bất an mỗi khi lưu thông qua những khu vực này.

Ngang ngược hơn, nhiều thanh, thiếu niên quá khích khi qua chốt làm việc của Tổ công tác Cảnh sát 141 đã tăng ga, sẵn sàng lao xe vào lực lượng chức năng hòng thoát thân. Nhiều "nam thanh nữ tú" còn buông lời tục tĩu, lăng mạ, thách thức lực lượng chức năng.

Anh Lương Vương Linh (trú tại phố Ngô Thì Nhậm, phường Hàng Bài, quận Hoàn Kiếm) cho biết, vào mỗi tối cuối tuần thường có nhiều đoàn xe máy lạng lách, đánh võng trên đường. Cá biệt, có đoàn lên tới hàng chục xe máy chạy gây náo loạn đường phố. "Nhiều thanh, thiếu niên đi xe máy còn kẹp ba, lạng lách đánh võng gây nguy hiểm cho người đi đường. Chứng kiến những hành vi nguy hiểm đó, chúng tôi chỉ biết lắc đầu ngao ngán, mong cơ quan chức năng vào cuộc truy xét, xử lý nghiêm ", anh Linh nói.

Theo Phòng CSGT Công an TP. Hà Nội, thời gian qua, Công an Thành phố đã triển khai nhiều biện pháp mạnh nhằm ngăn chặn tình trạng vi phạm pháp luật trong thanh, thiếu niên. Tuy nhiên, diễn biến tình hình tội phạm trong giới trẻ nói chung và các hành vi vi phạm trật tự ATGT nói riêng vẫn phức tạp. Đặc biệt, hiện tượng thanh, thiếu niên tụ tập, gây rối trật tự công cộng, điều khiển xe máy lạng lách, đánh võng vào các dịp cuối tuần, ngày lễ, tết tiềm ẩn nhiều nguy cơ gây mất ATGT và trật tự xã hội.

Trước tình hình đó, Công an TP. Hà Nội đã chỉ đạo các tổ công tác Cảnh sát 141, công an các quận, huyện, thị xã triển khai đồng bộ các biện pháp công tác đảm bảo trật tự, ATGT, chủ động phát hiện, đấu tranh hiệu quả với các loại tội phạm đường phố, phòng chống đua xe, cổ vũ đua xe trái phép, thanh, thiếu niên điều khiển xe lạng lách, đánh võng, mang theo hung khí gây rối trật tự công cộng...

Lực lượng Cảnh sát 141 kết hợp hóa trang và công khai để phát hiện sớm, ngăn chặn, xử lý ngay từ đầu các hành vi vi phạm pháp luật của thanh, thiếu niên, trước khi có thể để lại hậu quả lớn hơn. "Khi nhận thấy một số dấu hiệu vi phạm hoặc nghi vấn, thành viên tổ công tác được giao nhiệm vụ hóa trang sẽ âm thầm bám theo để ghi hình và khi điều kiện thuận lợi sẽ dừng xe, ngăn chặn và kiểm tra, xử lý", một cán bộ Tổ Y14/141 chia sẻ.

Mới đây, sau ít phút làm nhiệm vụ, Tổ Y14/141 hóa trang đã phát hiện N.K.H.N. (học sinh lớp 12, trú tại quận Cầu Giấy, Hà Nội) điều khiển xe máy không biển kiểm soát, không đội mũ bảo hiểm đi trên đường Trần Khánh Dư. Qua kiểm tra, tổ công tác phát hiện thiếu niên này còn tàng trữ 1 gậy ba khúc trong xe.

"Buổi tối, em đi từ quận Cầu Giấy lên Hoàn Kiếm chơi cùng các bạn. Em mang theo gậy ba khúc trong xe để phòng thân, nếu xảy ra xô xát, va chạm trên đường thì sẽ sử dụng", N.K.H.N. nói ráo hoảnh.

Thực tế, nhiều thanh, thiếu niên dù chưa đủ tuổi điều khiển xe máy vẫn được cha mẹ mua và giao xe cho. Với độ tuổi bồng bột, thích thể hiện, thiếu kỹ năng tham gia giao thông, có thể coi việc nhiều thanh, thiếu niên điều khiển xe máy tham gia giao thông khi chưa đủ các điều kiện cho phép (độ tuổi, giấy phép lái xe, không đội mũ bảo hiểm) là một nguồn nguy hiểm.

"Việc thiếu sự quản lý của gia đình dễ dẫn đến các tội phạm vị thành niên. Điều này không chỉ ảnh hưởng trực tiếp đến sự phát triển của cá nhân người phạm tội mà còn làm đảo lộn cuộc sống của không ít gia đình, gây ra nhiều hệ lụy cho cộng đồng. Cơ quan công an cũng khuyến cáo đến các gia đình cần nắm bắt tâm lý, kiểm soát chặt các hoạt động và các mối quan hệ của con em mình nhằm tránh bị các đối tượng xấu dụ dỗ, lôi kéo dẫn tới vi phạm pháp luật. Trong thời gian tới, Phòng CSGT Công an TP. Hà Nội tiếp tục phối hợp với các lực lượng liên quan, phát huy hiệu quả các tổ công tác Cảnh sát 141 để triển khai các giải pháp đảm bảo an ninh trật tự trên địa bàn Thủ đô", Phòng CSGT Công an TP. Hà Nội thông tin.

TĂNG CƯỜNG THÊM 5 TỔ CÔNG TÁC ĐẶC BIỆT XỬ LÝ VI PHẠM GIAO THÔNG

Theo Trung tá Trần Quang Vinh, Đội trưởng Đội Tuyên truyền khám nghiệm TNGT, Phòng CSGT Công an TP. Hà Nội, cùng với lực lượng Cảnh sát 141, mới đây 5 tổ công tác đặc biệt đã được Công an TP. Hà Nội triển khai. Lực lượng này gồm CSGT, Cảnh sát cơ động phối hợp với công an 12 quận nội thành tăng cường kiểm tra và xử lý nghiêm các vi phạm: Không chấp hành hiệu lệnh đèn tín hiệu giao thông, đi vào đường cấm, đi ngược chiều, không đội mũ bảo hiểm, chở quá số người quy định, lạng lách, đánh võng... trên các tuyến đường nội đô giờ cao điểm mà lực lượng CSGT và công an các quận không thể bao quát hết.

Tổ công tác đặc biệt Phòng CSGT Công an TP. Hà Nội lập biên bản xử lý các trường hợp thanh, thiếu niên điều khiển phương tiện vi phạm giao thông

> Khác với kế hoạch 141 Công an TP. Hà Nội đã triển khai 13 năm qua (từ 29/7/2011 đến nay), 5 tổ công tác đặc biệt không có sự tham gia của cảnh sát hình sự, mục tiêu tập trung xử lý vi phạm vào khung giờ cao điểm (giờ đi làm và tan tầm) tại các điểm nút giao và các tuyến trọng điểm.

Với diện tích rộng, lưu lượng phương tiện giao thông tăng cao trong khi quân số ít, chưa đáp ứng được yêu cầu công tác nên 5 tổ công tác đặc biệt đóng vai trò rất quan trọng, hỗ trợ trên các khu vực, tuyến, địa bàn trọng điểm, phức tạp liên quan đến vi phạm giao thông, nhất là vào các khung giờ cao điểm.

"Không chỉ cắm chốt xử lý vi phạm giao thông, các tổ công tác đặc biệt cũng sẽ tập trung kiểm tra, kịp thời phát hiện các hành vi có dấu hiệu phạm pháp hình sự với phương châm: Kiên trì, bền bỉ, quyết liệt, xử lý nghiêm minh, góp phần xây dựng "văn hóa giao thông", Trung tá Vinh nói và thông tin thêm: "Trong những tháng cuối năm, Công an TP. Hà Nội đã triển khai thực hiện nhiều biện pháp mạnh nhằm xử lý các trường hợp vi phạm giao thông, kéo giảm TNGT trên địa bàn, đặc biệt là đấu tranh, ngăn chặn có hiệu quả tình trạng thanh, thiếu niên tụ tập, gây rối trật tự công cộng, điều khiển xe lạng lách, đánh võng, mang theo hung khí khi tham gia giao thông..., tiềm ẩn nguy cơ gây mất ATGT và trật tự xã hội".

Công an TP. Hà Nội cũng đã chỉ đạo các tổ công tác Cảnh sát 141 và 5 tổ công tác đặc biệt phối hợp công an của 12 quận, huyện triển khai đồng bộ các biện pháp công tác, từ hóa trang tuần tra lưu động kết hợp cắm chốt công khai; kịp thời phát hiện, trấn áp nhiều đối tượng thanh, thiếu niên tụ tập điều khiển xe máy chạy tốc độ cao, gây rối trật tự công cộng, thu giữ nhiều vũ khí, phương tiện liên quan ❑

Nghiên cứu thực nghiệm sức kháng tải trọng va chạm sử dụng của bê tông tính năng siêu cao cốt sợi thép (UHPSFC) có hàm lượng cốt sợi thép thấp

■ **PGS. TS. HOÀNG HÀ**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hahoang@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Bê tông tính năng siêu cao cốt sợi thép được đánh giá là loại bê tông có tính năng vượt trội như cường độ chịu nén cao trên 120 MPa, cường độ chịu kéo khi uốn đến 40 MPa, có độ dẻo cao, thích ứng với điều kiện chịu tác động của các tải trọng đặc biệt như va chạm do xe cộ, tàu thuyền, sập đổ, đá rơi. Loại vật liệu bê tông thế hệ mới này được đánh giá có tiềm năng ứng dụng thực tế lớn và được quan tâm nghiên cứu rộng rãi trên thế giới và thời gian gần đây ở Việt Nam. Tuy nhiên, các nghiên cứu về chế tạo UHPSFC và đánh giá sức kháng tải trọng va chạm, tải trọng nổ của vật liệu này còn rất ít. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu chế tạo và thực nghiệm sức kháng va chạm của một số loại UHPSFC có hàm lượng cốt sợi thép nhỏ hơn 1,5% chế tạo trong điều kiện vật liệu sẵn có ở Việt Nam làm cơ sở đẩy mạnh việc ứng dụng loại vật liệu này vào thực tế.

TỪ KHÓA: Sức kháng tải trọng va chạm, bê tông tính năng cao - cốt sợi thép chế tạo tại Việt Nam, hàm lượng cốt sợi thép nhỏ hơn 1,5%.

ABSTRACT: Ultra-high-performanceSteel fiber-reinforced concrete is considered a type of concrete with outstanding features such as high compressive strength of over 120 MPa, tensile strength when bending up to 40 MPa, high ductility, and adaptability to weather conditions. The event is affected by special loads such as collisions from vehicles, boats, collapses, and falling rocks. This new generation concrete material is considered to have great potential for practical application and has been widely researched around the world and recently in Vietnam. However, research on manufacturing UHPSFC and evaluating the resistance to impact and explosive loads of this material is very limited. This article presents the results of research on manufacturing and experimenting on the impact resistance of some types of UHPSFC with steel fiber content less than 1.5% manufactured under the conditions of available materials in Vietnam as a basis for pushing strengthen the application of this material in practice.

KEYWORDS: Impact load resistance, high performance concrete - steel fiber reinforcement manufactured in Vietnam, steel fiber content less than 1.5%.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Bê tông chất lượng siêu cao, hay còn gọi là bê tông siêu tính năng cốt sợi thép (Ultra High Performance Still Fiber Reinforced Concrete - UHPSFC) là bước ngoặt trong công nghệ bê tông xi măng hiện nay. Đây là bê tông có cường độ chịu nén cao (≥ 120 MPa) và độ dẻo dai cao, cường độ kéo khi uốn có thể lên tới 40 MPa; khả năng chịu tác động va chạm và chịu tải trọng lặp cao; độ bền và độ ổn định lâu dài. Các nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm trên thế giới đã chứng minh rằng bê tông UHPSFC có khả năng chống nổ rất tốt [12-15].

Ở Việt Nam, nghiên cứu về vật liệu UHPSFC được biết đến và quan tâm nghiên cứu trong khoảng 10 năm gần đây [16, 17]. Các nghiên cứu áp dụng bê tông UHPSFC đã được thực hiện cho một số công trình xây dựng như cừ biển, cầu dân sinh, các tấm ốp... với mục tiêu giảm kích thước và trọng lượng bản thân kết cấu đồng thời tăng khả năng chịu tải trọng va chạm hay tải trọng nổ.

Tuy nhiên, các nghiên cứu về khả năng chống tải trọng va chạm và nổ còn rất hạn chế và ứng dụng của vật liệu này do một số nguyên nhân sau đây:

- Chế tạo UHPSFC đòi hỏi các yêu cầu khá đặc biệt về vật liệu, cấp phối, thiết bị;
- Giá thành cao, phụ thuộc vào yêu cầu cường độ chịu nén và hàm lượng cốt sợi.

Ứng xử của vật liệu bê tông nói chung và UHPSFC nói riêng phụ thuộc vào tốc độ va chạm và hệ quả gây ra tốc độ biến dạng của vật liệu. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng với các tác động do tải trọng sử dụng như va chạm xe cộ, tàu thuyền, sập đổ, đá rơi gây tốc độ biến dạng thấp dưới 10 s^{-1} được phân loại là khoảng tác động va chạm vận tốc thấp (low velocity impact). Nội dung nghiên cứu trong bài báo này giới thiệu một số kết quả nghiên cứu sức kháng

va chạm của một số loại UHPSFC với cường độ nén thiết kế từ 110 đến 120 MPa, có hàm lượng cốt sợi thép từ 0,5% đến 1,5% chịu tác dụng của tải trọng va chạm gây biến dạng tốc độ thấp (low velocity impact). Mục đích là góp phần làm rõ hiệu quả chịu tác động va chạm của UHPSFC chế tạo trong điều kiện vật liệu sẵn có ở Việt Nam với giá thành hợp lý, có khả năng ứng dụng thực tế.

2. LỰA CHỌN VẬT LIỆU, THIẾT KẾ THÀNH PHẦN CẤP PHỐI VÀ CHẾ TẠO MẪU THỬ VẬT LIỆU UHPSFC

2.1. Lập kế hoạch chế tạo mẫu thử

Một số tác giả đã nghiên cứu và chế tạo thành công vật liệu UHPSFC ở Việt Nam, tuy nhiên thành phần vật liệu, thành phần cấp phối chưa hoàn toàn thống nhất. Với mục tiêu làm rõ mức độ ảnh hưởng của cường độ chịu nén và hàm lượng cốt sợi thép trong nghiên cứu này đã lựa chọn vật liệu và thiết kế thành phần UHPSFC với 6 loại mẫu:

- Cường độ nén 110 MPa, không có cốt sợi - kí hiệu M110-S0,0;
- Cường độ nén 120 MPa, không có cốt sợi - kí hiệu M 120-S0,0;
- Cường độ nén 110 MPa, có cốt sợi 0,5% - kí hiệu M 110-S0,5;
- Cường độ nén 120 MPa, có cốt sợi 0,5% - kí hiệu M 120-S0,5;
- Cường độ nén 110 MPa, có cốt sợi 1,5% - kí hiệu M 110-S1,5;
- Cường độ nén 120 MPa, có cốt sợi 1,5% - kí hiệu M 120-S1,5.

2.2. Thành phần vật liệu và cấp phối

Thành phần vật liệu và cấp phối cho các loại UHPSFC được nghiên cứu theo định hướng sử dụng các loại vật liệu sẵn có ở Việt Nam ghi trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thành phần vật liệu và ký hiệu mẫu UHPSFC không có cốt sợi thép và có hàm lượng 0,5 và 1,5% dùng cho thí nghiệm

TT	Vật liệu	Ký hiệu mẫu					
		M120 S0,0	M110 S0,0	M120 S0,5	M110 S0,5	M120 S1,5	M110 S1,5
1	Cát Quartz 0,7-0,9 (kg)	798,8	809,8	793,1	793,3	745,5	794,9
2	Cát Quartz 0,1-0,5 (kg)	440,2	526,1	431,1	534,4	426,6	528,8
3	XM PC50 Nghi Sơn (kg)	780,5	767,3	764,3	672,8	746,5	695,8
4	Bột Quartz 10 micron (kg)	36,0	36,77	76,4	75,3	74,6	74,6
5	Muội silic SF90 (kg)	177,3	163,5	103,8	100,1	102,0	108,5
6	Nước (kg)	191,13	165,8	187,06	162,19	185,1	160,44
7	Siêu dẻo (kg)	18,56	20,52	18,16	20,07	17,97	19,86
8	Cối sợi thép	0,0%	0,0%	0,5%	0,5%	1,5%	1,5%
9	Tỷ lệ MS/X	0,23	0,24	0,22	0,23	0,22	0,23
10	Tỷ lệ N/CKD	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22

2.3. Xác định các tính chất cơ lý của mẫu thử

Để đảm bảo các chỉ tiêu kỹ thuật của vật liệu UHPSFC đã tiến hành chế tạo các loại mẫu với các mục đích thí nghiệm khác nhau từ một mẻ trộn hỗn hợp UHPSFC. Sau khi bảo dưỡng 28 ngày tiến hành thí nghiệm các mẫu thử về cường độ nén, cường độ kéo uốn, cường độ ép chẻ, mô-đun đàn hồi của vật liệu theo các tiêu chuẩn ASTM C39, NF P18-470, ASTM C496.

Kết quả thí nghiệm các tính chất cơ lý của các mẫu thử ghi trong *Bảng 2.2*, mẫu thử hình trụ kích thước D = 150, H = 300 mm sẽ được cắt ra thành 3 mẫu hình đĩa kích thước D = 150, H = 63,5 mm để thí nghiệm sức kháng va chạm tập hợp trong *Bảng 3.1*.

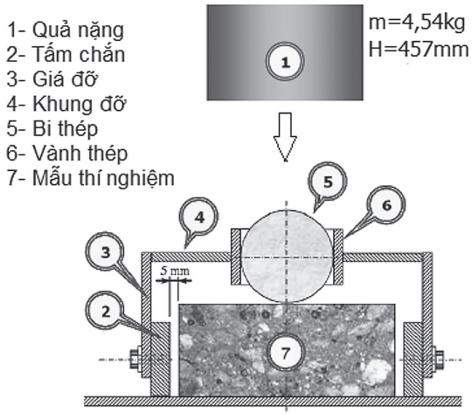
Bảng 2.2. Kết quả thí nghiệm các tính chất cơ lý của UHPSFC (hàm lượng cốt sợi thép bằng 0,0%, 1,0% và 1,5%

Mẫu thử	M110-S0,0	M120-S0,0	M110-S0,5	M120-S0,5	M110-S1,5	M120-S1,5
Cường độ nén (MPa)	109,95	120,95	112,09	120,27	113,45	123,21
Cường độ kéo uốn (MPa)	8,06	9,01	18,03	25,31	21,16	27,01
Cường độ ép chẻ (MPa)	-	-	11,95	15,61	14,26	16,12
Mô đun đàn hồi (GPa)	39,0	40,03	45,82	47,38	46,76	47,15

3. THIẾT LẬP KẾ HOẠCH THÍ NGHIỆM VA CHẠM THEO PHƯƠNG PHÁP TRỌNG LƯỢNG THẢ RƠI

3.1. Thiết bị, tiêu chuẩn thí nghiệm và phương pháp thí nghiệm

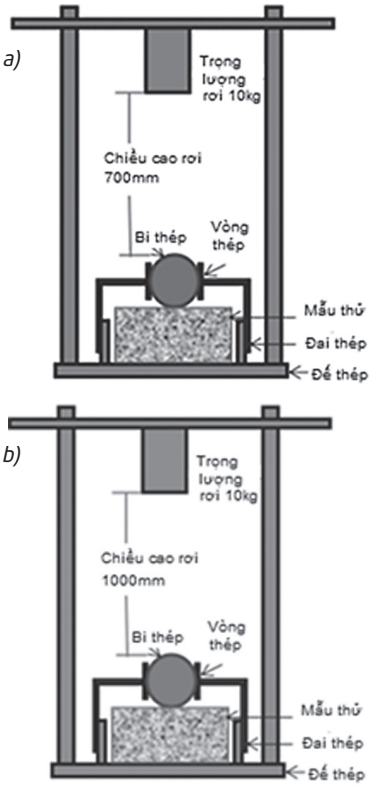
Tiêu chuẩn ACI 544 -2R [2] đã thiết lập một phương pháp đơn giản hơn cho đánh giá định tính khả năng chống va đập ở miền tốc độ thấp của các loại bê tông xi măng bằng cách sử dụng thử nghiệm khối lượng thả rơi.

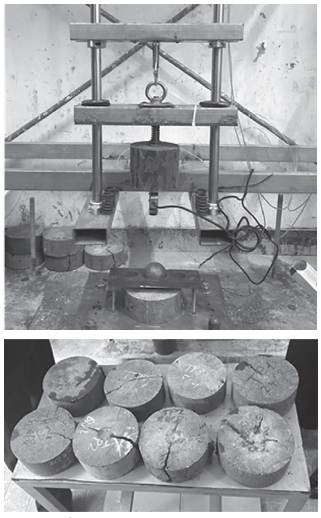


Hình 3.1: Mô hình thí nghiệm sức kháng va chạm theo phương pháp tải trọng rơi theo Tiêu chuẩn ACI 544-2R-89

Thử nghiệm trọng lượng rơi ACI liên quan đến sự rơi tự do của một quả thép nặng 4,54 kg, từ độ cao 457 mm lên bề mặt trên cùng của mẫu như mô tả trên *Hình 3.1*. Bán kính và độ dày của mẫu hình trụ tương ứng là 76 và 64 mm. Thử nghiệm này chỉ tạo ra tác động được ghi lại số lần va chạm tương ứng với thời điểm hình thành vết nứt đầu tiên và thời điểm xác nhận tiêu chí hư hỏng của mẫu thử bị biến dạng thể tích và chạm vào tấm chắn cách mẫu 5 mm *(Hình 3.1)*. Khi áp dụng thí nghiệm sức kháng va chạm ở miền tốc độ thấp theo ACI 544-2R đã phát hiện thấy sự không phù hợp để thí nghiệm sức kháng va chạm của BTTNSC CST.

Thực tế, một số tác giả đã phải thử nghiệm số lần thả rơi tới 1.896 lần mới có thể hình thành vết nứt và phá hủy mẫu [8, 9, 11, 12], nhóm nghiên cứu cũng đã gặp khó khăn khi thử nghiệm thả tải trọng rơi cho mẫu BTTNSC CST có hàm lượng cốt sợi 1,5% theo Tiêu chuẩn ACI 544-2R-89 đến 700 lần vẫn chưa hình thành vết nứt.





Hình 3.2: Mô hình thiết bị thí nghiệm sức kháng va chạm của vật liệu BTTCSC CST: a) - Theo đề nghị của Hussain A. Jabir và cộng sự; b) - Sử dụng để thí nghiệm của nhóm nghiên cứu

Theo đề nghị của nhiều tác giả và tổng kết của ACI, nhóm nghiên cứu đã đề xuất cải tiến phương pháp thí nghiệm theo ACI 544-2R-89 theo hướng giữ nguyên tiêu chuẩn về mẫu thử nhưng tăng năng lượng va chạm bằng cách tăng khối lượng quả nặng từ 4,54 kg lên 10 kg và tăng chiều cao thả rơi từ 457 mm lên 1.000 mm dựa theo kinh nghiệm của Hussain A. Jabir và cộng sự [9]. Cải tiến thông số thí nghiệm thả rơi của Hussain A. Jabir và cộng sự và sửa đổi tương tự của nhóm nghiên cứu thể hiện trên *Hình 3.2*.

So sánh với các thông số thiết bị thí nghiệm của Hussain A. Jabir và cộng sự thì thiết bị sử dụng để nghiên cứu sức kháng của vật liệu BTTNSC CST của nhóm nghiên cứu có các điểm tương đồng và khác biệt sau đây:

- Cùng có trọng lượng quả nặng thả rơi là 10 kg;
- Chiều cao thả rơi theo nghiên cứu là 1.000 mm, lớn hơn so với chiều cao Hussain A. Jabir và cộng sự đề nghị 300 mm. Như vậy, lực tác động từ mỗi lần va chạm sẽ gấp 4,5 lần lần so với khối lượng và chiều cao tiêu chuẩn của ACI 544-2R và bằng khoảng 1,45 lần so với thí nghiệm của Hussain A. Jabir và cộng sự.
- Mẫu thử sử dụng có kích thước D = 150xH = 63,5 mm đúng theo quy định của ACI 544-2R-89 (trong khi mẫu thử do Hussain A. Jabir và cộng sự có kích thước D = 125xH = 65 mm).

Khác với phương pháp thí nghiệm của Hussain A. Jabir và cộng sự là chỉ dừng lại ở thời điểm xuất hiện vết nứt đầu tiên trên mẫu thử (số lần thả rơi là N_1), phương pháp thí nghiệm của nhóm nghiên cứu là sẽ tiếp tục quá trình thả rơi lặp đến khi mẫu phá hoại (nứt, biến dạng và chạm vào vật chắn cách mẫu 5 mm) và ghi lại số lần thực hiện tác động va chạm thả rơi N_2 như chỉ dẫn của Tiêu chuẩn ACI 544-2R-89.

3.2. Chuẩn bị mẫu thử: Theo chỉ dẫn của ACI 544-2R-89, mẫu thử được chế tạo theo 2 bước

- Bước 1: Chế tạo mẫu trụ tiêu chuẩn hình trụ D = 150, H = 300 mm có cùng cấp phối và mẻ trộn với các mẫu dùng để thí nghiệm cường độ nén, cường độ ép chẻ, mô-đun đàn hồi.

Sau khi bảo dưỡng 28 ngày đúng theo chỉ dẫn của Tiêu chuẩn, tiến hành cắt mẫu thử thành các mẫu thử dạng đĩa có kích thước D = 150; H = 63,5 m. Số lượng các mẫu thử gồm: 3 mẫu M110S0,0; 3 mẫu M120S0,0; 3 mẫu M110S0,5; 3 mẫu M120S0,5; 3 mẫu M110S1,5 và 3 mẫu M120S1,5. Tổng cộng 18 mẫu thử tổng hợp trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Số lượng và quy cách mẫu thí nghiệm sức kháng va chạm UHPSFC với hàm lượng sợi thép từ 0%, 0,5% và 1,5%

Loại mẫu	Số lượng mẫu					
	M120 S0,0	M110 S0,0	M120 S0,5	M110 S0,5	M120 S1,5	M110 S1,5
Hình đĩa D150xH63,5 mm	3	3	3	3	3	3

3.3. Các tiêu chí đánh giá sức kháng va chạm của mẫu thử

- Số lần chịu va chạm của khối lượng thả rơi đến khi nứt N_1 và đến khi phá hoại N_2.
- Tính toán năng lượng va chạm tác dụng lên mẫu thử:

Năng lượng va chạm gây vết nứt đầu tiên (E1) và gây phá hủy mẫu (E2) được tính theo công thức (1) và (2).

$$E_1 = N_1 \frac{mv^2}{2} = N_1 mgH \quad \text{(J)} \quad (1)$$

$$E_2 = N_2 \frac{mv^2}{2} = mgH \quad \text{(J)} \quad (2)$$

Trong đó: N_1 - Số lần thả rơi khối lượng va chạm tính đến thời điểm hình thành vết nứt; N_2 - Số lần thả rơi khối lượng va chạm tính đến thời điểm phá hoại mẫu thử; m - Khối lượng quả nặng (m = 10 kg); v - Vận tốc quả rơi ở thời điểm va chạm; g - Gia tốc trọng trường (g = 9,81 m/s^2); H - Chiều cao thả rơi (H = 1.000 mm = 1,0 m).

- Tính toán sức chịu va chạm của mẫu thử:

Độ chịu va chạm khi xuất hiện vết nứt (a_1) và khi mẫu phá hủy (a_2) có thể tính theo công thức:

$a_k = E_k/V_k$ (J/cm^3) - V_k - thể tích mẫu thử (3)

3.4. Kết quả thí nghiệm sức kháng va chạm của mẫu thử UHPSFC

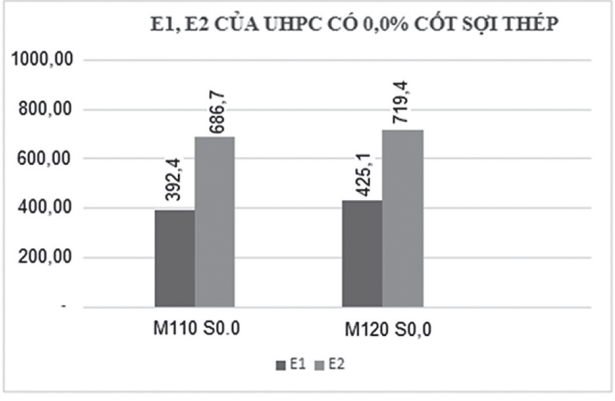
3.4.1. Kết quả thí nghiệm

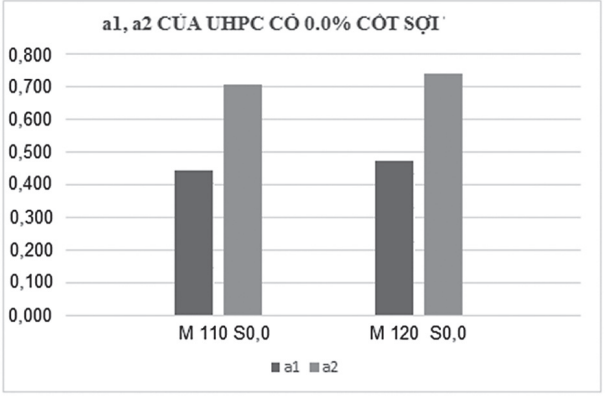
Kết quả thí nghiệm sức kháng va chạm của các mẫu thử bằng vật liệu UHPSFC có hàm lượng cốt sợi thép thấp ghi trong *Bảng 3.2*. Để tiện so sánh, các kết quả được thể hiện ở dạng biểu đồ trên *Hình 3.3*.

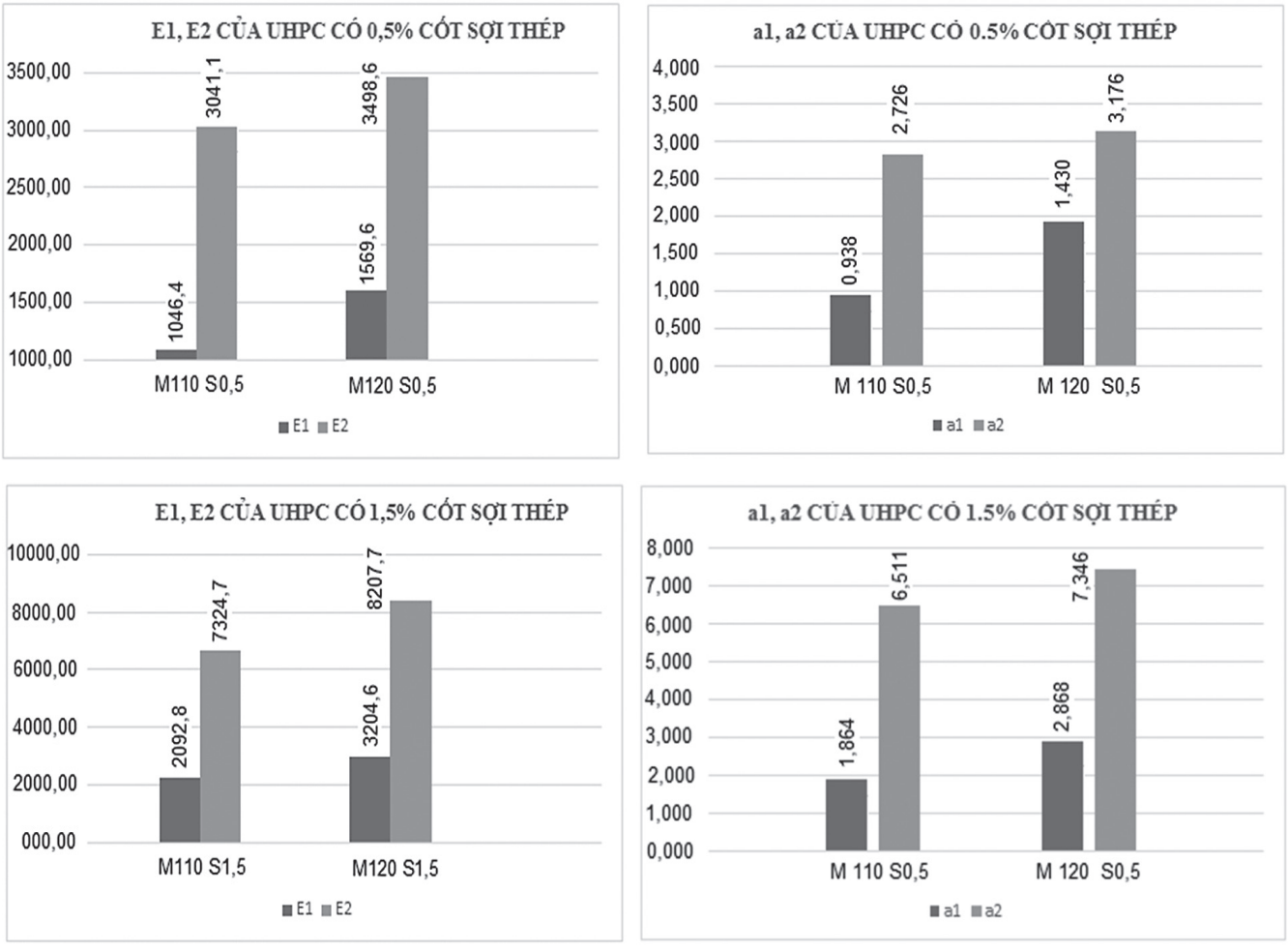
Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm sức kháng va chạm của UHPSFC (hàm lượng cốt sợi thép bằng 0,0%, 1,0% và 1,5%

Tham số	Mẫu thử					
	M110 - S0,0	M120 - S0,0	M110 - S0,5	M120 - S0,5	M110 - S1,5	M120 - S1,5
N_1 (lần)	4	4,3	10,6	16,0	21,3	32,67
N_2 (lần)	7	7,3	27,6	35,7	74,7	83,67
E_1 (J)	392,4	425,1	1046,4	1569,6	2092,8	3204,6
E_2 (J)	686,7	719,4	3041,1	3498,6	7324,7	8207,7
a_1 (J/cm^3)	0,345	0,372	0,938	1,430	1,864	2,868
a_2 (J/cm^3)	0,603	0.630	2,726	3,176	6,511	7,346

3.4.2. Phân tích kết quả thí nghiệm sức kháng va chạm UHPSFC (hàm lượng cốt sợi thép bằng 0,0%; 0,5% và 1,5%)







Hình 3.3: Biểu đồ khả năng hấp thụ năng lượng và độ chịu va chạm khi nứt và khi phá hủy với cường độ của UHPC có cường độ khác nhau chứa các hàm lượng 0,0; 0,5 và 1,5% cốt sợi thép

Tổng hợp các kết quả thí nghiệm sức kháng va chạm của nhóm vật liệu UHPSFC với các hàm lượng 0,0% (để đối chứng), 0,5% và 1,5% cho phép rút ra các nhận xét sau đây:

- Vật liệu UHPSFC không có cốt sợi thép (hàm lượng sợi thép bằng 0,0%) có khả năng kháng va chạm rất thấp. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả trong và ngoài nước. Nhiều tài liệu nghiên cứu còn chỉ ra rằng khi không có thành phần cốt sợi thép UHPSFC có khả năng chịu tải trọng va chạm còn thấp hơn các loại bê tông có cốt sợi thông thường, thậm chí còn kém bê tông cốt thép thường [9, 12].

- Khi tăng cường độ chịu nén của UHPSFC không có cốt sợi thép thì sức kháng va chạm cũng tăng lên. Tuy nhiên, mức độ tăng không nhiều, kết quả thí nghiệm cho các cường độ nén 110 và 120 MPa cho thấy khi tăng cường độ nén lên 10 MPa, sức kháng va chạm chỉ tăng khoảng 8,3% phân tích theo khả năng hấp thụ năng lượng tính đến thời điểm hình thành vết nứt và tăng khoảng 4,76% tính đến thời điểm phá hoại mẫu *(Hình 3.3)*.

- Khi được bổ sung thành phần cốt sợi thép, dù hàm lượng nhỏ cũng làm tăng sức kháng va chạm của vật liệu UHPSFC một cách đáng kể. So sánh biểu đồ trên *Hình 3.3* cho thấy:

+ Với loại vật liệu UHPSFC có cường độ chịu nén thiết kế 110 MPa khi bổ sung 0,5% cốt sợi thép sức kháng va chạm tăng khoảng 2,9 lần tính theo mức hấp thụ năng lượng đến thời điểm xuất hiện vết nứt và 4,42 lần tính đến thời điểm phá hoại mẫu thử so với không có cốt sợi.

+ Với loại vật liệu UHPSFC có cường độ chịu nén thiết kế 120 MPa khi bổ sung 0,5% cốt sợi thép sức kháng va chạm tăng khoảng 3,7 lần tính theo mức hấp thụ năng lượng đến thời điểm xuất hiện vết nứt và 4,86 lần tính đến thời điểm phá hoại mẫu thử so với không có cốt sợi.

+ Với loại vật liệu UHPSFC có cường độ chịu nén thiết kế 110 MPa khi bổ sung 1,5% cốt sợi thép sức kháng va chạm tăng khoảng 5,33 lần tính theo mức hấp thụ năng lượng đến thời điểm xuất hiện vết nứt và 10,67 lần tính đến thời điểm phá hoại mẫu thử so với không có cốt sợi.

+ Với loại vật liệu UHPSFC có cường độ chịu nén thiết kế 120 MPa khi bổ sung 1,5% cốt sợi thép sức kháng va chạm tăng khoảng 7,54 lần tính theo mức hấp thụ năng lượng đến thời điểm xuất hiện vết nứt và 11,41 lần tính đến thời điểm phá hoại mẫu thử so với không có cốt sợi.

Hiệu quả làm tăng sức kháng va chạm của UHPSFC được giải thích là cốt sợi thép có tác dụng làm tăng tính dẻo, tính dai chịu va chạm và làm chậm quá trình hình

thành vết nứt. Về cơ chế chịu lực, sau khi vết nứt xuất hiện, các cốt sợi có tác dụng bắc cầu qua vết nứt, ngăn cản quá trình phát triển và mở rộng vết nứt, vì vậy sức kháng va chạm của vật liệu được tăng lên.

- Với cùng hàm lượng cốt sợi thép bằng 0,5% UHPSFC có cường độ nén 120 MPa có khả năng kháng va chạm lớn gấp 1,5 lần tính đến khi hình thành vết nứt và gấp 1,15 lần tính đến thời điểm phá hoại mẫu so với vật liệu UHPSFC có cường độ nén 110 MPa. Tương tự như vậy, cùng hàm lượng cốt sợi thép bằng 1,5% UHPSFC có cường độ nén 120 MPa có khả năng kháng va chạm lớn gấp 1,53 lần tính đến khi hình thành vết nứt và gấp 1,13 lần tính đến thời điểm phá hoại mẫu so với vật liệu UHPSFC có cường độ nén 110 MPa.

Kết quả trên cho thấy, khi cường độ chịu nén cao hơn sẽ có độ chặt và khả năng kìm chế sự tuột của cốt sợi ra khỏi bê tông lớn hơn.

- Phân tích sức kháng va chạm từ thời điểm hình thành vết nứt đầu tiên đến thời điểm phá hoại mẫu thử cho thấy:

+ Với UHPSFC không có cốt sợi thép, các số lần va chạm thả rơi N_2/N_1 hay mức năng lượng E_2/E_1 không chênh lệch nhiều, vào khoảng 1,69 đến 1,75 lần.

+ Với UHPSFC có hàm lượng cốt sợi thép 0,5%, các số lần va chạm thả rơi N_2/N_1 hay mức năng lượng E_2/E_1 chênh đáng kể, vào khoảng 2,3 đến 2,9 lần.

+ Với UHPSFC có hàm lượng cốt sợi thép 1,5%, các số lần va chạm thả rơi N_2/N_1 hay mức năng lượng E_2/E_1 chênh đáng kể, vào khoảng 2,56 đến 3,5 lần.

Mẫu thử UHPSFC có hàm lượng sợi lớn hơn sẽ có khả năng duy trì sức kháng va chạm sau nứt lớn hơn do phân bố các cốt sợi thép đồng đều hơn.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Kết quả nghiên cứu đã cho thấy khả năng chế tạo vật liệu UHPSFC bằng vật liệu sẵn có ở Việt Nam hoàn toàn khả thi, cho kết quả đạt các yêu cầu kỹ thuật về tính chất cơ lý một cách ổn định, tin cậy.

- Việc ứng dụng linh hoạt Tiêu chuẩn ACI 544-2R-89 theo hướng tuân thủ phương pháp chế tạo, hình dạng và kích thước mẫu thử nhưng tăng năng lượng tác động va chạm đã cho hiệu quả tốt, rút ngắn thời gian và chi phí thí nghiệm mà vẫn thu được kết quả có đủ độ tin cậy tương đương với kết quả nghiên cứu của một số tác giả nước ngoài.

- Nghiên cứu này đã góp phần làm rõ hiệu quả của thành phần cốt sợi thép trong việc nâng cao khả năng kháng va chạm của vật liệu UHPSFC trong điều kiện chế tạo bằng vật liệu sẵn có ở Việt Nam. Với hàm lượng cốt sợi không cao khoảng 1,5% tính theo khối lượng thể tích, khả năng kháng tải trọng va chạm của UHPSFC có thể tăng 11,41 lần so với loại vật liệu cùng cường độ nén nhưng không có thành phần cốt sợi.

- Cùng các nghiên cứu trước đây, kết quả này cũng chỉ ra rằng khả năng chịu tải trọng va chạm của UHPSFC có 1,5% hàm lượng cốt sợi có thể gấp 15 đến 20 lần so với bê tông thường (C40), điều này có ý nghĩa lớn khi ứng dụng để tăng cường các trụ cầu có nguy cơ chịu các tải trọng đâm va của xe cộ, tàu bè hay các bản mặt cầu khi xét các tải trọng trật bánh của thiết bị đường sắt hay có vật nặng rơi.

Tài liệu tham khảo

[1]. *TCVN 10306:2014 - Bê tông cường độ cao - Thiết kế mẫu hình trụ.*

[2]. Nguyễn Công Thắng, Nguyễn Văn Tuấn, Nguyễn Hữu Hanh, Nguyễn Trọng Lâm, *Nghiên cứu chế tạo bê tông chất lượng siêu cao sử dụng hỗn hợp phụ gia khoáng Silica Fume và tro bay sẵn có ở Việt Nam.*

[3]. Lê Bá Danh, Phạm Duy Hòa, Nguyễn Công Thắng, Ngô Đức Linh, Bùi Thị Thùy Dung, Bùi Thị Lộc, Đỗ Văn Đạt (2019), *Nghiên cứu thực nghiệm khả năng chịu tác động tải trọng nổ của vật liệu bê tông chất lượng siêu cao (UHPC)*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng NUCE, 13 (3V), 12-21.

[4]. Ngô Trí Thường, Hoàng Văn Hải (3/2021), *Nghiên cứu khả năng kháng uốn của bê tông siêu tính năng gia cố cốt sợi thép dưới tác dụng của tải trọng động*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 63(3).

[5]. Chu Thị Hải Vinh (2023), *Đáp ứng tải trọng va đập của kết cấu tấm làm bằng bê tông tính năng siêu cao*, Luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh.

[6]. Altug Yavas and Cumali Ogun Goker (2020), *Impact of Reinforcement Ratio on Shear Behavior of I-Shaped UHPC Beams with and without Fiber Shear Reinforcement*, Materials Journal, 13, 1525.

[7]. Al-Rousan, R. Z., Alhassan, M. A., & Al-Salman, H. (2017*), Impact resistance of polypropylene fiber reinforced concrete two-way slabs*, Structural Engineering and Mechanics, 62(3), 373-380*, https://doi.org/10.12989/sem.2017.62.3.373*.

[8]. Reported by ACI Committee (1999), *Measurement of Properties of Fiber Reinforced Concrete,* 544.

[9]. Hussain A. Jabir, Sallal R. Abid, Gunasekaran Murali, Sajjad H. Ali, Sergey Klyuev, Roman Fediuk, Nikolai Vatin, Vladimir Promakhov và Yuriy Vasilev (2020), *Experimental Tests and Reliability Analysis of the Cracking Impact Resistance of UHPFRC*, Fibers Journal, 8, 74, doi:10.3390/fi8120074.

[10]. *ACI 544 -2R-89.*

[11]. Nandhu Prasad, Gunasekaran Murali and Nikolai Vatin (2021), *Modified Falling Mass Impact Test Performance on Functionally Graded Two Stage Aggregate Fibrous Concrete*, Maternial Journal, 14, 5383, *https://doi.org/10.3390/mal14195833*.

[12]. Michel Stone (2017), *Investigation of normal strength and ultra-high performance concrete cylinder failure behaviour under impact*, University of Florida.

Ngày nhận bài: 23/5/2024
Ngày nhận bài sửa: 03/6/2024
Ngày chấp nhận đăng: 13/6/2024

Evaluation the effects of hybrid sand on mechanical properties of roller-compacted concrete using uncompacted void content value

■ **Dr. NGUYEN DUC TRONG**(*)
Campus in Ho Chi Minh City, University of Transport and Communications
■ **Dr. LAM NGOC TRA MY**
Ho Chi Minh University of Technology and Education
Email: (*) trongnd_ph@utc.edu.vn

ABSTRACT: This study presents the effect of uncompacted void content value on the compressive strength, splitting tensile strength, flexural strength and modulus of elasticity of roller-compacted concrete made of hybrid sand. Hybrid sand was prepared by the combination between river sand and manufactured sand. The uncompacted void content value went down when substituting manufactured sand by river sand. The incorporation 60% manufactured sand and 40% river sand resulted in an improvement on the mechanical properties of roller-compacted concrete.

KEYWORDS: Hybrid sand, roller-compacted concrete, uncompacted void content.

1. INTRODUCTION

Replacing river sand by crushed sand in concrete industry has been a good approach to reduce negative effects on the environment. Crushed sand could be used in many kind of concrete. Menadi et al. [1] revealed that there was no adverse effect on concrete strength when using 15% of crushed sand in the mixture. Increasing compressive strength was also found at 28, 56 and 91 days of concrete using crushed sand [2]. The strength increase of geopolymer concrete containing 10% of crushed sand was also observed in a study of Saravanan et al. [3]. Yang et al. [4] reported that the use of crushed sand improved compressive strength of Ultra-High Performance Concrete (UHPC). This phenomenon is related to the reduction of water-binder ratio of mixture. Moreover, the UHPC autogenous shrinkage increased by 39.2% when replacing 50% of river sand by crushed sand.

Sand particle characteristics, such as shape, voids content, particle size distribution will to be effect on rheology of concrete. Cepuritis et al. [5] stated that key factors affecting on the concrete workability were 0.125/2 mm particle shape and ≤ 0.125 mm particle properties. Similarly, Haddad et al. [6] showed that aggregates grading and shape affected significantly on the properties of Portland cement mortar. Furthermore, Hong et al. [7] revealed that an increase in the roughness of coarse aggregate surface leaded to improve the splitting tensile strength, uniaxial compressive strength, elastic modulus and Poisson's ratio of concrete.

Uncompacted void content (U) values can be used to evaluate angularity, sphericity and surface texture characteristics of fine aggregate. However, no research investigated the effect of compacted void content on mechanical properties of concrete. Therefore, the main of this study is to investigate the influence of U value on mechanical properties of roller-compacted concrete made of hybrid sand. Hybrid sand was prepared by mixing river sand and crused sand.

2. TESTING PROGRAM

2.1. Materials

2.1.1. Cementitous materials

Ordinary Portland Cement (OPC) type I conforming ASTM C 150 [8] was used in this research. Its fineness determined by the Blaine method is 347 m^2/kg and its specific gravity is 3.14. Initial and final setting times of the OPC were obtained at 110 and 155 minutes, respectively. Its chemical composition detected by X-ray fluorescence analysis (XRF) was listed in *Table 2.1*.

Fly ash as a partial cement replacement having chemical composition as shown in *Table 2.1* was also employed to develop roller-compacted concrete in this study. The Blaine specific surface area of fly ash is 289 m^2/kg. And, the specific gravity of fly ash is 2.40. The amount of fly ash particles retained on 45 µm sieve is 7.92% using wet-sieve method. This result confirms that the fly ash fulfilled the requirement of fineness following to ASTM C618 [9]. As can be seen in *Table 2.1*, the total amount of silica, alumina and ferric oxide in fly ash is 91.3% so it is classified in F class according to ASTM C618 [9].

Table 2.1. Chemical composition of OPC and fly ash used in this study

	OPC	Fly ash
Chemical composition (%)		
Silica (SiO_2)	20.7	52.3
Alumina (Al_2O_3)	4.5	24.9
Ferric oxide (Fe_2O_3)	3.3	14.1
Calcium oxide (CaO)	63.0	-
Magnesium oxide (MgO)	1.8	-
Sodium oxide (Na_2O)	0.10	0.67
Potassium oxide (K_2O)	0.74	-
Sulphuric anhydride (SO_3)	2.3	0.47
Loss on ignition (LOI)	2.8	0.15
Compressive strength (N/mm^2)		
1 day	14.6	-
3 days	26.2	-
7 days	33.0	-
28 days	43.0	-

2.1.2. Aggregates

Crushed stone having the range size from 4.75 mm to 19 mm was used as coarse aggregate in RCC. Its physical properties show in *Table 2.2*. *Table 2.3* shows the grain gradation of coarse aggregate.

Crushed sand with size below 4.75 mm was prepared to make fine aggregate. The incorporation of river sand and crushed sand to provide hybrid sand for developing RCC in this work. *Table 2.2* shows physical properties of the river sand *(Figure 2.1a)* and crushed sand *(Figure 2.1b)*. The fineness modulus of river sand is lower than that of manufactured sand. Whereas, the water absorption of river sand is higher than of manufactured sand. The ratios of manufactured sand by weight in the hybrid sand are 90%, 80%, 70%, 60%, 50% and 40%, represented by CS90, CS80, CS70, CS60, CS50 and CS40, respectively. The fine aggregate in the control mixture was prepared from 100% of manufactured sand.

Table 2.2. Physical properties of aggregates

Properties	Coarse aggregate	Fine aggregate	
	(19 - 4.75 mm)	(4.75 - 0 mm)	
	Crushed stone	Manufactured sand	River sand
Apparent specific gravity	2.79	2.79	2.69
Bulk density (kg/m^3)	1450	1647	1390
Water absorption (%)	0.40	0.60	1.02
Los Angeles abrasion value (%)	11	-	-
Fineness modulus	-	3.4	1.4

Table 2.3. The grain gradation of coarse and fine aggregates

Sieve size (mm)	Percent passing (%)		
	Crushed stone	River sand	Crushed sand
12.5	100	100	100
9.5	70	100	100
4.75	40	100	100
2.36	0	99.42	86.76
1.18	0	97.79	57.67
0.6	0	89.83	42.41
0.3	0	58.97	26.8
0.15	0	12.59	19.59
0.075	0	4	13.26

Based on the grain gradation of aggregate in *Table 2.3*, the amount of fine aggregate was fixed at 54% of the sum of aggregates (coarse and fine aggregates) in the mixture. Meanwhile, the 46% of coarse aggregate was used in order to fulfill the requirement of gradation for RCC [10, 11]. The upper and lower limit of suggested gradation for RCC *(Figure 2.2)* is recommended by American Concrete Pavement Association [12]. The optimum gradation is the 0.45-power curve which is used to reach the maximum density of RCC [13]. *Figure 2.2* shows various gradations of aggregates used in this study.

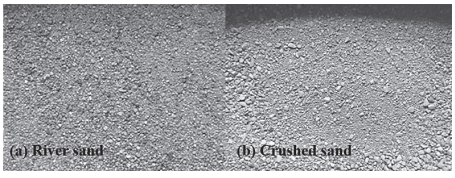


Figure 2.1: River sand and crushed sand used in this study

2.2. Mixing proportion of RCC

Many previous researches have recommended that the cementitious materials in the RCC mixture ranged from 12% to 16% of the sum of binder and aggregates content by weight in order to attain the requirements of strength and durability [11]. Hence, the total binder (cement and fly ash) was used at 14% in this study, corresponding to the binder content in the RCC mixture is 295 kg/m^3. The fly ash replaced partially cement at 30% of the total binder content.

The optimum water content in the control RCC mixture was determined by modified Proctor test in accordance with ASTM D1557 [14]. According to this method, the control RCC mixture was compacted in the 6-in (152.4 mm) Proctor mold *(Figure 2.3a)* with various water contents (i.e. 120, 140, 160, 180 and 200 l/m^3). After each Proctor test, the dry density corresponding the water content of the control RCC mixture was measured conforming ASTM D1557 [14]. Finally, five dry density values of RCC with five the water contents in the control mixtures would be used to establish a compaction curve, which presents a relationship between the dry density and the water content of RCC *(Figure 2.3b)*. It can be seen that the optimum water content of the control RCC mixture was determined from the compaction curve. Consequently, mixing proportion of all RCC mixtures are shown in *Table 2.4*.

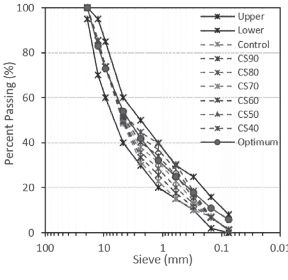


Figure 2.2: The various gradations of aggregates used in this work

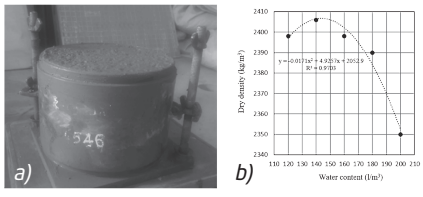


Figure 2.3: a) - The modified Proctor test and (b) - The compaction curve of the control mixture

Table 2.4. Mixing proportions of all RCC mixtures

No.	ID. mixtures	Binder (kg/m³)		Coarse aggregate (kg/m³)	Fine aggregate (kg/m³)		Water content (l/m³)
		Cement	Fly ash		River sand	Manufactured sand	
1	Control	206.5	88.5	969	0	1138	144
2	C-CS90	206.5	88.5	969	113.8	1024.2	144
3	C-CS80	206.5	88.5	969	227.6	910.4	144
4	C-CS70	206.5	88.5	969	341.4	796.6	144
5	C-CS60	206.5	88.5	969	455.2	682.8	144
6	C-CS50	206.5	88.5	969	569	569	144
7	C-CS40	206.5	88.5	969	682.8	455.2	144

2.3. Testing program

2.3.1. Uncompacted Void Content (U)

ASTM C1252 [15] was used to identify uncompacted void contents of hybird sand in this work. The angularity, sphericity and surface texture characteristics of the hybrid sand would be provided throughout uncompacted void content values.

2.3.2. Mechanical properties

Compressive strength and flexural strength of RCC was measured at 7- and 28-day age conforming ASTM C39 [16], and ASTM C78 [17], respectively. Meanwhile, modulus of elasticity of RCC was evaluated at age of 28 days in accordance with ASTM C469 [18]. *Table 2.5* shows the testing standards and specimen preparation for mechanical properties tests. Each measurement was tested in triplicate and each reported value is an average of three tests.

Table 2.5. The testing items and specimen preparation for mechanical properties tests

No.	Testing items	Dimension of specimen (mm)	Testing ages (days)	Quantity of specimen	Testing standards
1	Compressive strength	150x300, cylinder	7, 28	42	ASTM C39
2	Flexural strength	100x100x400, prism	7, 28	42	ASTM C78
3	Modulus of elasticity	150x300, cylinder	28	21	ASTM C469

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Uncompacted Void Content (U)

Figure 3.1 shows the uncompacted void content (U) of hybrid sand used in the study. The U values declined gradually when replacing crushed sand by river sand. The shape of river sand is a main reason of this decrease *(Figure 3.1)*.

3.2. Compressive strength

Compressive strength of RCC at 7 and 28-day ages is presented in *Figure 3.1*. The uncompacted void content of the control mixture is 47.33% and that of the C-CS40 mixture is 45.738%. Thus, it can be noted that replacing the manufactured sand by the river sand resulted in a decrease of the uncompacted void contents in fine aggregates. However, it is very interesting to find that the C-CS60 mix attained the highest compressive strength at ages of 7 and 28 days in comparison to other mixtures. A strength increase of C-CS60 mix compared to that of control mix was 11.2% at 7-day age and 14.6% at 28-day age. This result may be associated with two following reasons. Firstly, the gradations of CS60 and CS70 are better than those of others because they are closely the optimum gradation [19] *(Figure 2.2)*. Secondly, the shape and texture of aggregates also affect the properties of concrete [20]. As can been seen in *Figure 3.2*, the surface texture of manufactured sand is rougher than that of river sand, that caused a bond between aggregates and hydrated cement paste went down. Therefore, when the amount of river sand replaced the manufactured sand exceeds the optimum values leading to the strength decrease.

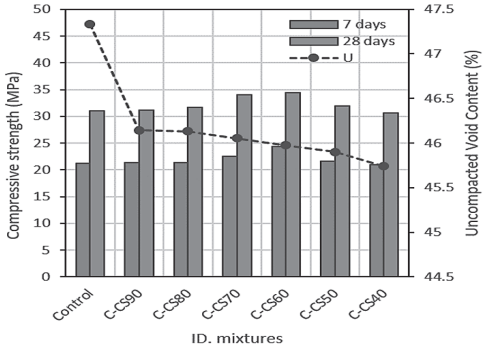
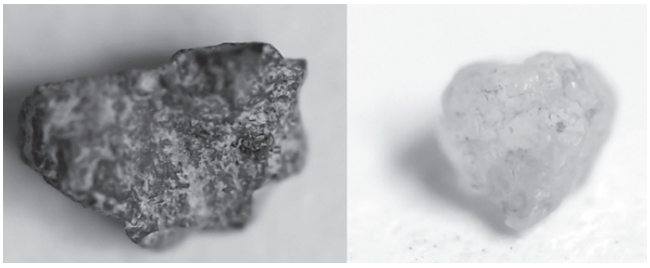


Figure 3.1: Compressive strength of RCC at various ages



a) *b)*

Figure 3.2: a) - A manufactured sand particle; b) - A river sand particle

3.3. Flexural strength

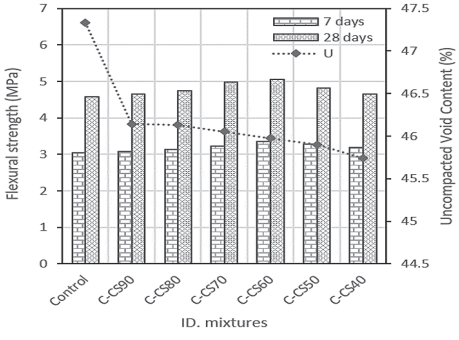


Figure 3.3: Flexural strength of RCC at various ages

Flexural strength of RCC obtained from 3.05 to 3.35 MPa at 7 days and from 4.58 to 5.05 MPa at 28 days depending on the dosage of manufactured sand in the mixture. The flexural strength attained approximately 15% of compressive strength. This results reveal that the RCC is eligible to in application for pavements. The highest flexural strength value was also observed in the mixture containing 60% of manufactured sand. The control was the lowest flexural strength. The combination between manufactured sand and river sand improved strength.

3.4. Modulus of elasticity

Figure 3.4 presents the elastic modulus of RCC mixtures at 28-day age with various uncompacted void content values. The elastic modulus value was highest in the mixture containing 60% of manufactured sand. This result exhibited the relationship between strength and modulus of elasticity. The higher the strength, the higher modulus of elasticity was.

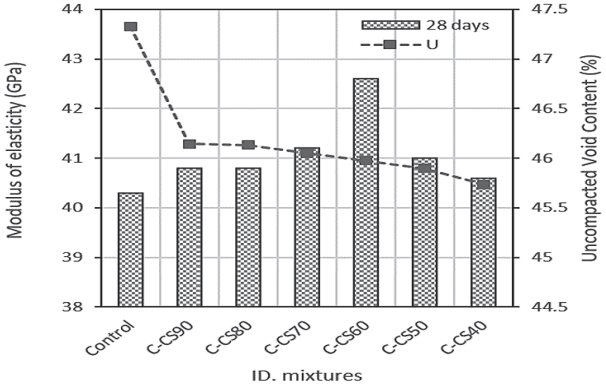


Figure 3.4: Modulus of elasticity of RCC at various ages

4. CONCLUSION

The following conclusions can be drawn from this study:

- U values declined when increasing the replacement of manufactured sand by river sand.

- Compressive strength, flexural strength and modulus of elasticity of roller-compacted concrete attained the highest values in the mixture containing 60% of manufactured sand.

References

[1]. B. Menadi, S. Kenai, J. Khatib and A. Aı (2009), *Strength and durability of concrete incorporating crushed limestone sand*, Concr. Build. Mater., vol.23, pp.625-633, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2008.02.005.

[2]. A. Kavya and A. V. Rao (2020), *Experimental investigation on mechanical properties of concrete with*, Mater. Today Proc., pp.1-5, doi: 10.1016/j.matpr.2020.05.774.

[3]. S. Saravanan, S. Nagajothi and S. Elavenil (2019), *Investigation OnCompressive Strength Development Of Geopolymer Concrete Using Manufactured Sand*, Mater, Today Proc., vol.18, pp.114-124, doi: 10.1016/j.matpr.2019.06.284.

[4]. R. Yang et al. (March, 2019), *The physical and chemical impact of manufactured sand as a partial replacement material in Ultra-High Performance Concrete (UHPC)*, Cem. Concr. Compos., vol.99, pp.203-213, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2019.03.020.

[5]. R. Cepuritis, S. Jacobsen, B. Pedersen and E. Mørtsell (2016), *Crushed sand in concrete - Effect of particle shape in different fractions and filler properties on rheology*, Cem. Concr. Compos, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2016.04.004.

[6]. L. Dias, D. O. Haddad and R. Rabelo (2020), *Influence of particle shape and size distribution on coating mortar properties*, J. Mater. Res. Technol., vol.9, no.4, pp.9299-9314, doi: 10.1016/j.jmrt.2020.06.068.

[7]. L. Hong, X. Gu and F. Lin (2014), *Influence of aggregate surface roughness on mechanical properties of interface and concrete*, Constr. Build. Mater., vol.65, pp.338-349, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2014.04.131.

[8]. ASTM C 150-07, *Standard Specification of Porland Cement*.

[9]. ASTM C 618-05 (2007), *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, pp.2005-2007.

[10]. K. H. Khayat and N. A. Libre (2014), *Roller Compacted Concrete - Field Evaluation and Mixture Optimization*, A Natl. Univ. Transp. Cent. Missouri Univ. Sci. Technol., vol.August, no.NUTC R363, p.118.

[11]. D. Harrington, F. Abdo, W. Adaska and C. Hazaree (August, 2010), *Guide for Roller-Compacted Concrete Pavements*, Inst. Transp. Iowa state univerisity, p.104.

[12]. American Concrete Pavement Association (2014), *Roller-Compacted Concrete Pavements as Exposed Wearing Surface*, pp.1-29.

[13]. M. N.-T. Lam, S. Jaritngam and D.-H. Le (2017), *Roller-compacted concrete pavement made of Electric Arc Furnace slag aggregate: Mix design and mechanical properties*, Constr. Build. Mater., vol.154, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.07.240.

[14]. ASTM D1557-12 (2013), *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56, 000 ft-lbf / ft 3 (2, 700 kN-m/m^3)) 1*, vol.3, doi: 10.1520/D1557-12.1.

[15]. ASTM C1252 (1998), *Standard Test Methods for Uncompacted Void Content of Fine Aggregate (as Influenced by Particle Shape , Surface Texture and Grading*, pp.1-5.

[16]. ASTM C39/C39M-14 (2016), *Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens*, Am. Soc. Test. Mater., pp.1-7, doi: 10.1520/C0039.

[17]. ASTM C78 (2010), *Standard Test Method for Flexural Strength of Concrete (Using Simple Beam with Third-Point Loading) 1*, vol.i, pp.1-4, doi: 10.1520/C0078.

[18]. ASTM C 469-02 (2002), *Standard Test Method for Static Modulus of Elasticity and Poisson's Ratio of Concrete in Compression*, ASTM Stand. B., vol.04, pp.1-5, doi: 10.1520/C0469-02E01.2.

[19]. V. Ramakrishnan (April, 2004), *Optimized Aggregate Gradation for Structural Concrete*, Rep. SD2002-02 South Dakota Dep. Transp.

[20]. K. K. Poloju, V. Anil and R. K. Manchiryal (November, 2017), *Properties of Concrete as Influenced by Shape and Texture of Fine Aggregate Properties of Concrete as Influenced by Shape and Texture of Fine Aggregate*, doi: 10.11648/j.ajasr.20170303.12.

Date of receipt: 19/4/2024
Date of receiving corrections: 03/5/2024
Posting acceptance date: 23/5/2024

Phân tích ứng xử và cơ chế hư hỏng trong dầm bê tông vỏ ngao bằng thực nghiệm và mô hình trường pha

■ **TS. VŨ BÁ THÀNH; KS. NGUYỄN THỊ HUYỀN**
ThS. NCS. MAI HOÀNG ANH(*); PGS. TS. TRẦN THẾ TRUYỀN
Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **TS. HỒ XUÂN BA**
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)mhanh.nhathuy@gmail.com

TÓM TẮT: Bê tông thân thiện với môi trường như bê tông vỏ ngao ngày càng được quan tâm nghiên cứu. Do đó, bài báo sử dụng phương pháp thực nghiệm và phương pháp mô phỏng trường pha để phân tích ứng xử và cơ chế hư hỏng của dầm bê tông vỏ ngao. Để giải quyết các vấn đề nêu trên, nghiên cứu này thực hiện các công việc sau: (i) Thiết kế hỗn hợp bê tông vỏ ngao thay thế cho cát với tỷ lệ 30% khối lượng và hỗn hợp bê tông đối chứng không vỏ ngao; (ii) Thí nghiệm xác định các thông số cơ bản của hai hỗn hợp trên như mô-đun đàn hồi, hệ số Poisson, cường độ chịu kéo khi uốn và năng lượng kháng nứt của vật liệu để làm tham số đầu vào cho phương pháp trường pha; (iii) Thiết lập phương pháp trường pha để dự đoán sự hình thành và phát triển vết nứt cũng như đường cong ứng xử của dầm bê tông vỏ ngao trên. Kết quả đạt được từ phương pháp mô phỏng đáp ứng tốt với kết quả phương pháp thực nghiệm.

TỪ KHÓA: Mô hình trường pha, thực nghiệm, bê tông vỏ ngao, đường cong ứng xử, hư hỏng.

ABSTRACT: Sustainable concrete such as clam-shell concrete is increasingly receiving research attention. Therefore, this paper uses experimental method and phase-field modeling to analyze the behavior and damage mechanism of clam-shell concrete beams. To solve the above problems, the present study carries out the following works: (i) Design a clam-shell concrete mixture to replace 30% of sand by weight and a control concrete mixture without clam-shell; (ii) Experiment to determine properties of the aforementioned concrete mixtures such as elastic modulus, Poisson's ratio, flexural tensile strength, and fracture toughness of the material as input parameters for the phase-field method; (iii) Establish the phase-field method to predict the crack initiation and development as well as the behavior curves of the clam-shell concrete beams. The obtained results of the simulation method respond well to the results of the experimental method.

KEYWORDS: Phase-field modeling, experiment, clam-shell concrete, behavior curves, damage.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam là quốc gia đang phát triển, nhu cầu xây dựng công trình cầu và nhà cửa rất lớn, trong đó vật liệu bê tông được áp dụng chủ yếu. Hiện nay, để bảo vệ môi trường, chống sạt lở bờ sông, Chính phủ đã đưa ra nhiều hạn chế cho việc khai thác cát và khuyến khích việc nghiên cứu chế tạo các vật liệu xanh, thân thiện với môi trường, trong đó có bê tông vỏ động vật nhuyễn thể. Hơn nữa, Việt Nam là một quốc gia ven biển với đường bờ biển dài hàng nghìn km với nhiều hải đảo. Ở đây, tỷ lệ nuôi trồng động vật nhuyễn thể chiếm trọng số lớn trong sản lượng nuôi trồng thủy sản. Do đó, lượng vỏ động vật nhuyễn thể được thải ra môi trường rất lớn, hứa hẹn là một nguồn cung cấp tốt cho việc chế tạo bê tông thân thiện với môi trường.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về sử dụng hầu như các loại vỏ nhuyễn thể như hàu, ngao, sò, sò điệp... Nghiên cứu về áp dụng vỏ nhuyễn thể đã phân tích để tìm ra tỷ lệ thay thế vỏ nhuyễn thể cho đá và sỏi sông trong bê tông và so sánh đặc tính cơ lý của chúng với bê tông đối chứng. Nghiên cứu Cuadrado-Rica [1] và cộng sự đã tìm ra tỷ lệ thay thế của vỏ sò điệp nghiền được dùng trong bê tông và đánh giá tính khả thi trong việc áp dụng của nó. Sau đó, nghiên cứu đã đưa vào vật liệu áp dụng cho mặt đường thấm nước đã cho thấy khả năng áp dụng tốt của vật liệu này. Tiếp đó, các nghiên cứu [2, 3] đã sử dụng tỷ lệ vỏ sò và vỏ hàu nghiền để thay thế cho cốt liệu thô và cốt liệu mịn áp dụng cho bê tông. Nguyen và cộng sự [4-6] đã sử dụng vỏ động vật nhuyễn thể để nghiên cứu độ bền và tuổi thọ kết cấu để áp dụng cho bê tông mặt đường thấm nước.

Tiếp thu các nghiên cứu trên thế giới, tận dụng các vỏ ngao thường xuyên thải ra môi trường ở Việt Nam,

bài báo này đưa ra tỷ lệ thay thế vỏ ngao 30% theo khối lượng cho cát tự nhiên. Sau đó, thí nghiệm xác định đặc tính của bê tông vỏ ngao này và bê tông đối chứng không có vỏ ngao để làm tham số đầu vào cho phương pháp mô phỏng trường pha. Phương pháp trường pha là phương pháp tiên tiến được áp dụng rộng rãi trên thế giới và chứng minh là phương pháp mô phỏng số mạnh và đáng tin cậy để mô phỏng sự hình thành và truyền vết nứt phức tạp trong kết cấu [7, 8, 9]. Phương pháp này dựa trên nguyên tắc biến thiên của biến trường pha và hàm suy biến để mô tả sự suy giảm năng lượng và trạng thái hư hỏng của kết cấu. Bài báo này sử dụng phương pháp trường pha để xác định đường nứt và đường cong ứng xử vật liệu của dầm bê tông vỏ ngao và bê tông tông đối chứng. Các kết quả đạt được của nghiên cứu này sẽ đưa ra một vật liệu thân thiện với môi trường, đồng thời đề xuất phương pháp trường pha mô phỏng thay thế một phần cho phương pháp thí nghiệm, góp phần giúp giảm thiểu lượng vật liệu thải loại ra môi trường sau khi thí nghiệm.

2. GIỚI THIỆU VỀ PHƯƠNG PHÁP TRƯỜNG PHA

Xét trong một miền V là một vật thể bị nứt, trong đó ∂V là biên ngoài của V. Đặt Γ là vết nứt trong miền V. Trạng thái của vết nứt được mô tả bằng một biến trường pha $p(\mathrm{x})$ với $\mathrm{x}\in V$. Trong phương pháp trường pha, tổng năng lượng trong một vật thể bị nứt V được mô tả (chi tiết xem trong [7]):

$$\prod(\mathbf{u},p)=\int_V \prod_u(\boldsymbol{E},p)dV+\int_V G_F\beta(p,\nabla p)dV \qquad (1)$$

Trong đó: G_F - Năng lượng kháng nứt ; $\boldsymbol{E}$ - Ten-xơ biến dạng; u - Vector chuyển vị; $\beta(p,\nabla p)=\frac{p^2}{2l}+\frac{l}{2}\nabla p\cdot\nabla p$ - Hàm mật độ vết nứt; l - Tham số chiều dài. Trong nghiên cứu của [7], hàm mật độ năng lượng đàn hồi $\prod_u$ được xác định như sau:

$$\prod_u(\mathbf{u},p)=\Psi^+(\boldsymbol{E})\{g(p)+\kappa\}+\Psi^-(\boldsymbol{E}) \qquad (2)$$

Trong (2), $g(p)=(1-p)^2$ - Hàm suy biến; κ - Số thực vô cùng nhỏ; $\Psi^+(\boldsymbol{E})$ và $\Psi^-(\boldsymbol{E})$ - Hàm năng lượng đàn hồi chịu kéo và chịu nén khi kết cấu chịu lực, tương ứng. Theo nghiên cứu [7], biến trường pha $p(\mathrm{x})$ được xác định bằng cách giải hệ phương trình dưới đây:

$$\begin{cases}2(1-p)\mathrm{H}+\dfrac{G_F}{l}\left(p-l^2\Delta p\right)=0 & \text{trong } V\\ p(\mathbf{x})=1 & \text{tại } \Gamma\\ \nabla p(\mathbf{x}).\boldsymbol{n}=0 & \text{tại } \partial V\end{cases} \qquad (3)$$

Với: $\mathrm{H}=\max_{\tau\in[0,t]}\left\{\Psi^+(\mathbf{x},\tau)\right\}$ - Hàm lịch sử biến dạng theo thời gian τ; $\boldsymbol{n}$ - Vector pháp tuyến tại biên ∂V; ∇p và Δp - Gradient và Laplace của p.

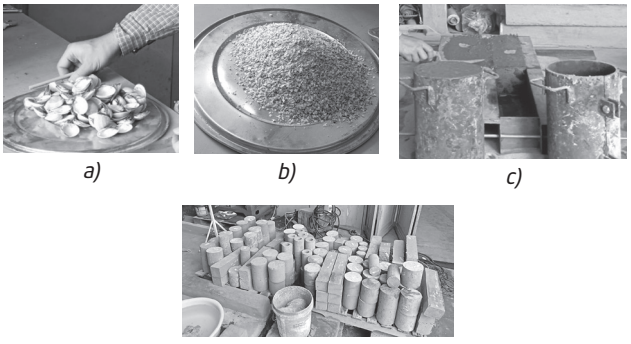
Giải hệ phương trình dưới đây để xác định vector chuyển vị $\mathbf{u}(\mathbf{x})$:

$$\begin{cases}\nabla\cdot\boldsymbol{\sigma}(\mathbf{u},p)=\boldsymbol{f} & \text{trong } V\\ \boldsymbol{u}(\mathbf{x})=\bar{\boldsymbol{u}} & \text{tại } \partial V\\ \boldsymbol{\sigma}.\boldsymbol{n}=\bar{\boldsymbol{F}} & \text{tại } \partial V\end{cases} \qquad (4)$$

Trong đó: $\boldsymbol{f}$ - Lực khối trong V; $\bar{\boldsymbol{F}}$ - Ngoại lực trên biên ∂V; σ - Ứng suất Cô-si.

3. XÁC ĐỊNH ĐẶC TÍNH VẬT LIỆU BÊ TÔNG VỎ NGAO VÀ SO SÁNH KẾT QUẢ GIỮA MÔ PHỎNG VÀ THỰC NGHIỆM

3.1. Thiết kế thành phần cấp phối bê tông vỏ ngao



a) b) c) d)

Hình 3.1: Chế tạo mẫu thí nghiệm bê tông vỏ ngao: a) - Vỏ ngao; b) - Vỏ ngao nghiền; c) - Đúc mẫu; d) - Các loại mẫu thí nghiệm

Ngoài thành phần vỏ ngao (CS) được thay thế một phần cho cát, vật liệu sử dụng chế tạo các hỗn hợp bê tông gồm xi măng PC40, đá dăm, cát sông, nước sạch, tro bay và phụ gia siêu dẻo (PGSD). Trong các nghiên cứu trên thế giới với bê tông từ vỏ nhuyễn thể, tỷ lệ thay thế vỏ nhuyễn có thể lên tới 60%. Do đó, nghiên cứu này sử dụng vỏ ngao sẵn có ở Việt Nam với tỷ lệ thay thế cát tự nhiên là 30% theo khối lượng. Sau đó, thí nghiệm so sánh mức độ thay đổi các thông số vật liệu với bê tông đối chứng (0%CS).

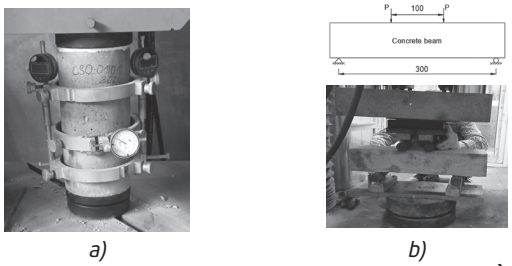
Hình 3.1 mô tả hình ảnh chế tạo bê tông vỏ ngao. Các bước tiến hành thiết kế thành phần bê tông vỏ ngao được tiến hành theo Tiêu chuẩn ACI 211.4R-08 và tham khảo Tiêu chuẩn TCVN 10305:2014. Cấp phối bê tông tham chiếu được thiết kế với cường độ chịu nén mục tiêu là 30 MPa. Kết quả tính toán thành phần các cấp phối trên một m³ bê tông được thể hiện trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Thành phần phối trộn của các cấp phối trên 1 m³ bê tông

Cấp phối	Vật liệu thành phần						
	Xi măng	Cát	Đá dăm	Vỏ ngao	Nước	Tro bay	PGSD
	kg	kg	kg	kg	lít	kg	lít
0%CS	474	640	1045	0	196	80	5,0
30%CS	474	448	1045	192	201	80	5,0

3.2. Xác định mô-đun đàn hồi và hệ số Poisson

Mẫu thí nghiệm xác định mô-đun đàn hồi và hệ số Poisson có dạng hình trụ kích thước HxD = (300x150)mm theo Tiêu chuẩn ASTM C469. Mỗi cấp phối được gồm ba mẫu thí nghiệm với thiết lập thí nghiệm được mô tả ở *Hình 3.2a.*



a) b)

Hình 3.2: Thí nghiệm xác định: a) - Mô-đun đàn hồi và hệ số Poisson theo ASTM C469; b) - Cường độ chịu kéo khi uốn cho các mẫu theo TCVN 3119-2022

Giá trị trung bình đạt được của mô-đun đàn hồi tương ứng với 0%CS và 30%CS lần lượt là 31.625,83 MPa và 29.372,31MPa. Mức độ suy giảm giá trị mô-đun đàn hồi là 7,12%. Hệ số Poisson tương ứng của hai cấp phối tương ứng là 0,192 và 0,196.

3.3. Xác định cường độ chịu kéo khi uốn

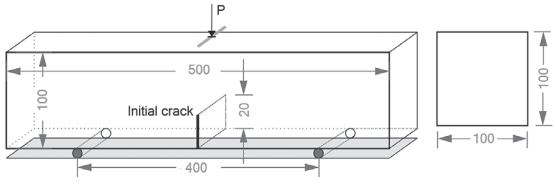
Chế tạo mẫu dầm có kích thước chiều dài, chiều rộng và chiều cao lần lượt là LxBxH = (400x100x100)mm (khoảng cách hai gối là 300 mm) để xác định cường độ chịu kéo khi uốn thỏa mãn Tiêu chuẩn TCVN 3119-2022 như thể hiện ở *Hình 3.2b*. Mỗi tổ hợp mẫu tương ứng với mỗi tỷ lệ vỏ ngao 0%, 30% gồm 3 mẫu để tiến hành thí nghiệm. Giá trị trung bình đạt được của cường độ chịu kéo khi uốn tương ứng với 0%CS và 30%CS lần lượt là 6,744 MPa và 6,291 MPa. Mức độ suy giảm giá trị mô-đun đàn hồi là 6,22%.

3.4. Xác định năng lượng phá hủy

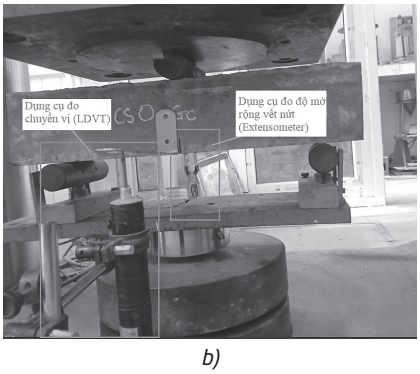
Năng lượng phá hủy G_F (N/mm) là một tham số quan trọng trong mô hình mô phỏng sự phá hoại của kết cấu. Giá trị của G_F đối với bê tông thường được xác định bằng phương pháp công phá hủy W_F (Nmm) của Rilem (1985) [10] như sau:

$$G_F = \frac{W_F + Mgu_0}{A} \quad (5)$$

Trong đó: M - Tổng khối lượng của dầm giữa các gối (kg); g - Gia tốc trọng trường (m/s²); u_0 - Độ võng lớn nhất của mẫu dầm khi dầm bị phá hoại (mm); A - Diện tích của mẫu tại mặt cắt tạo vết nứt trước (mm²).



a)



b)

Hình 3.3: Thí nghiệm xác định năng lượng phá hủy G_F: a) - Kích thước dầm; b) - Sơ đồ và thiết bị thí nghiệm

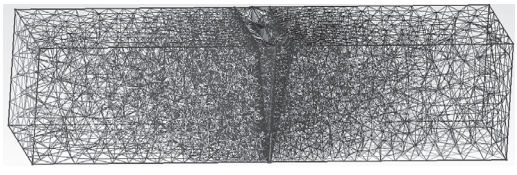
Thí nghiệm uốn ba điểm các mẫu dầm có vết nứt trước dài 20 mm với kích thước LxHxB = (500x100x100)mm (khoảng cách hai gối là 400 mm) và điều kiện biên như *Hình 3.3a* để xác định năng lượng phá hủy W_F. Các thông số được đo đạc trong suốt quá trình thí nghiệm là tải trọng tác dụng, độ võng của dầm được đo bằng LVDT, độ mở rộng vết nứt (CMOD) được đo bằng đầu đo độ mở rộng vết nứt (Extensometer) như trên sơ đồ bố trí thí nghiệm *Hình 3.3b*. Trong quá trình thí nghiệm, tốc độ thí nghiệm được giữ ở một mức nhất định với tốc độ gia tải 0,04 µm/s.

Sau khi đạt được đường cong quan hệ tải trọng-chuyển vị (đường nét đứt trong *Hình 3.6*), ta xác định được công phá hủy W_F là diện tích trung bình của các đường cong và xác định năng lượng kháng nứt G_F như *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Giá trị trung bình của W_F và G_F

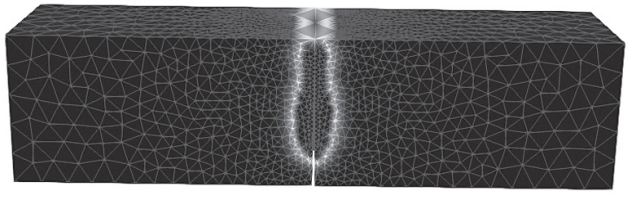
Tổ mẫu	P_{max} (N)	u_0 (mm)	W_F (Nmm)	a (mm)	M (kg)	A (mm²)	G_F (N/mm)
Mẫu đối chứng	4.078	0,3	388	20	9,87	8.000	0,052
Mẫu 30%CS	3.897	0,26	356	20	9,82	8.000	0,0476

Ta thấy rằng năng lượng phá hủy G_F của bê tông 30% vỏ ngao bị giảm đi 8,46% so với bê tông (400x100x100)mm và rãnh nứt 20 mm (lưu ý để giảm số lượng phần tử trong mô phỏng, chỉ lấy chiều dài dầm là khoảng cách giữa hai gối là 400 mm). Gối bên trái cố định chuyển vị theo hai phương, trong khi gối bên phải có chuyển vị theo phương ngang để tự do. Dầm được gia tải với bước chuyển vị không đổi $\Delta u = -0{,}005$ mm tới khi kết cấu bị nứt hoàn toàn. Bài toán được mô phỏng trên mô hình 3D. Theo nghiên cứu [11], ta xác định được tham số chiều dài $l = \frac{27EG_F}{256f_t^2}$. Từ các giá trị thí nghiệm về mô-đun đàn hồi *E* trong phần 2.2 và cường độ chịu kéo khi uốn f_t trong phần 2.3 và *Bảng 3.2*, ta có thể xác định được tham số chiều dài tương ứng với bê tông tham chiếu và 30%CS lần lượt là 3,82 mm và 3,72 mm. Theo Miehe và cộng sự [7], tham số chiều dài phải đảm bảo $l \geq 2h_{min}$. Do đó, ta chia lưới ta chia lưới với h_{min} = 1,5 mm và tại khu vực khác của kết cấu ta sử dụng lưới với h = 20 mm như *Hình 3.4*.

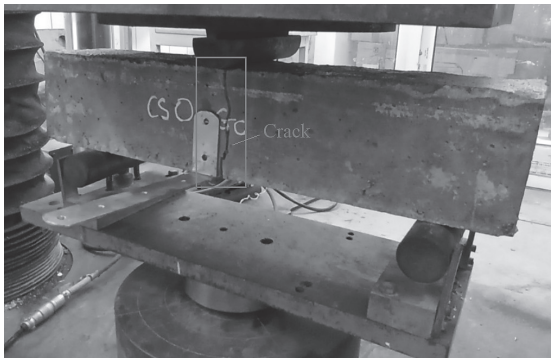


Hình 3.4: Chia lưới cho kết cấu

Kết quả đạt được bằng phương pháp trường pha và thực nghiệm được trình bày trong các hình *3.5 đến 3.6. Hình 3.5a* thể hiện sự phát triển của vết nứt theo phương thẳng đứng tại tại giữa dầm theo mô phỏng, kết quả này tương tự với hình ảnh vết nứt theo thực nghiệm uốn dầm ba điểm như *Hình 3.5b*. *Hình 3.6* thể hiện kết quả so sánh đường cong tải trọng-chuyển vị với mẫu dầm chứa bê tông tham chiếu và bê tông 30%CS giữa hai phương pháp. Các đường nét đứt thể hiện đường cong ứng xử của ba mẫu thí nghiệm, trong khi đường màu đỏ là đường cong ứng xử của phương pháp trường pha. Năng lượng phá hủy W_F được tính như *Bảng 3.2*. Ta thấy rằng năng lượng W_F này của mẫu 30%CS bị giảm 8,2% so với mẫu đối chứng. Từ các hình *3.5 đến 3.6*, ta thấy rằng kết quả giữa phương pháp thực nghiệm và mô phỏng tương tự nhau.

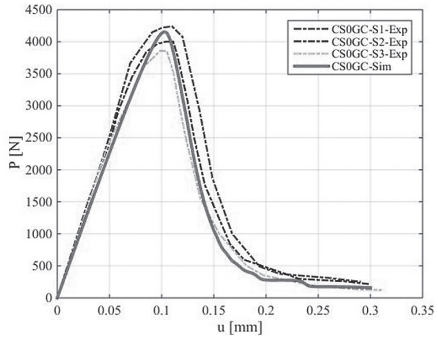


a)



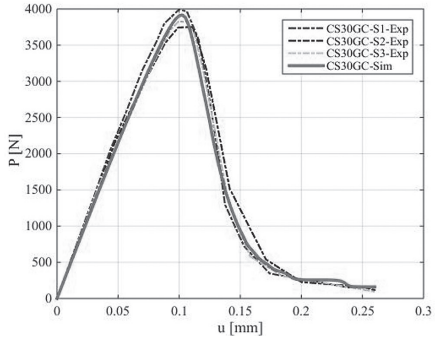
b)

Hình 3.5: So sánh hướng phát triển vết nứt giữa mô phỏng a) và thực nghiệm b)



W_F = 388 Nmm

a)



W_F = 356 Nmm

b)

Hình 3.6: So sánh đường cong ứng xử tải trọng-chuyển vị giữa mô phỏng và thực nghiệm: (a) - Mẫu dầm chứa bê tông đối chứng; (b) - Mẫu dầm chứa bê tông 30%CS

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã thiết kế cấp phối bê tông đối chứng và bê tông 30%CS. Sau khi thí nghiệm xác định các thông số vật liệu cho thấy mức độ suy giảm của cường độ chịu kéo khi uốn là 6,22%, của mô-đun đàn hồi là 7,2% và của năng lượng phá hủy là 8,2% khi so sánh bê tông 30%CS với bê tông đối chứng. Điều này cho thấy mức độ suy giảm chấp nhận được (dưới 10%) khi thay thế 30% khối lượng vỏ ngao cho cát tự nhiên. Các thông số vật liệu thí nghiệm được sử dụng làm tham số đầu vào cho phương pháp mô phỏng trường pha. Kết quả đạt được giữa hai phương pháp là tương đồng, điều này chứng tỏ rằng phương pháp trường pha là phương pháp mô phỏng đáng tin cậy dùng để dự đoán, phân tích ứng xử và cơ chế hư hỏng của kết cấu. Các nghiên cứu tiếp theo có thể dùng phương pháp trường pha mô phỏng đường nứt do hiện tượng trương nở cốt thép trong kết cấu bê tông vỏ ngao.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong Đề tài mã số B2024-GHA-03.

Tài liệu tham khảo

[1]. H. Cuadrado-Rica, N. Sebaibi, M. Boutouil, B. Boudart (2016), *Properties of ordinary concretes incorporating crushed queen scallop shells*, Mater. Struct. 49, 1805-1816.

[2]. K. Muthusamy, N.A. Sabri (2012), *Cockle shell: a potential coarse aggregate replacement in concrete*, Int. J. Sci. Environ. Technol. 1 (4), 260-267.

[3]. K. Muthusamy, N.N.A. Tukimat, N.N. Sarbini, N. Zamri (2016), *Exploratory study on the use of crushed cockle shell as partial sand replacement in concrete*, Int. J. Res. Eng. Sci. 4 (2), 67-71.

[4]. D.H. Nguyen, M. Boutouil, N. Sebaibi, F. Baraud, L. Leleyter (2017), *Durability of pervious concrete using crushed seashells*, Constr. Build. Mater. 135, 137-150.

[5]. D.H. Nguyen, M. Boutouil, N. Sebaibi, L. Leleyter, F. Baraud (2013), *Valorization of seashell by-products in pervious concrete pavers*, Constr. Build. Mater. 49, 151-160.

[6]. D.H. Nguyen, N. Sebaibi, M. Boutouil, L. Leleyter, F. Baraud (2013), *The use of seashell by-products in pervious concrete pavers*, Int. Sci. Index - Civil Environ. Eng. 7 (11), 850-857.

[7]. Miehe, C., Hofacker, M., Welschinger, F. (2010), *A phase field model for rate independent crack propagation: robust algorithmic implementation based on operator splits*, Comput. Methods Appl. Mech. Eng, vol.199, 2765-2778.

[8]. Miehe, C., Hofacker, M., Schanzel, L.-M., & Aldakheel, F. (2015), *Phase field modeling of fracture in multi-physics problems*, Part II. Coupled brittle-to-ductile failure criteria and crack propagation in thermo-elastic-plastic solids, Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, vol.294, 486-522.

[9]. Ambati, M., Kruse, R., & De Lorenzis, L. (2016), *A phase-field model for ductile fracture at finite strains and its experimental verification*, Computational Mechanics, vol.57(1), 149-167.

[10]. RILEM (1985), *Determination of the fracture energy of mortar and concrete by means of three-point bend tests on notched beams*, Materials and Structures 18, 287-290.

[11]. Nguyen, T.T., Yvonnet, J., Bornert, M., Chateau, C., Sab, K., Romani, R., Le Roy, R. (2016), *On the choice of parameters in the phase field method for simulating crack initiation with experimental validation*, Int. J. Fracture 197 (2), 213-226.

Ngày nhận bài: 19/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 15/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Technical analysis to evaluate applicability of Micro-surfacing for flexible pavement preventive maintenance in Vietnam

■ **PhD. student BUI VIET CUONG**[(1)]
Vietnam Expressway Authority (Ministry of Transport)
University of Transport and Communications
■ **Assoc Prof. PhD. NGUYEN QUANG TUAN**
PhD. HOANG THI THANH NHAN; Assoc Prof. PhD. TRAN THI KIM DANG[(2)]
University of Transport and Communications
Email: [(1)]cuongbv@mt.gov.vn; [(2)]tranthikimdang@utc.edu.vn

ABSTRACT: Microsurfacing is a preventative maintenance solution for pavements that has been researched and developed since the 60s and 70s of the last century and is increasingly improved for technical efficiency in pavement maintenance and environmental friendliness. The paper includes analysis of experimental results of physical and mechanical properties of Microsurfacing materials conducted in the laboratory on 14 types of mixtures using aggregates and cement sources from all three regions Vietnam, emulsion from 2 key suppliers in the Vietnamese market and of pavement performances from 8 trial sections on typical national highways. These experimental researches are mainly included in the content of a ministerial-level research project of Ministry of Transport [1]. The analyzing results show that Vietnam's domestic material sources and domestic contractors' technology capacity fully meet the requirements for maintenance efficiency using Microsurfacing in Vietnam.

KEYWORDS: Microsufacing, trial sections of Microsufacing, preventative pavement maintenance.

1. INTRODUCTION

Micro surfacing is mixture of dense-graded fine aggregate, bitumen emulsion, water, mineral filler which could be cement and additive. It has known as a highly effective solution of corrective and especially preventive pavement maintenance [2]. With thin layer of about 6mm to maximum 15 mm paving in ambient temperature, micro surfacing uses less natural material and creates little gas emissions compared with hot mix asphalt. In the study [3], it was estimated that micro surfacing consumes 40% less primary energy, uses 50% fewer aggregate by mass and create 45% less emission when using as pavement maintenance compared with milling and refilling technique.

As in [4], there are 02 types of micro surfacing mixes distinguished by aggregate gradation for pavement maintenance purpose. Type II (named MS2) is used to fill voids on the pavement surface, address surface distresses, seal and provide a durable wearing surface. Type III (named MS3) provides high skid resistance and improves wearing surface. MS3 is appropriate for heavy traffic road pavement, used for rut filling or placement on highly rough surfaces which requires large size aggregate to fill the voids.

During years of around 2015 to 2020, there are several research projects of both in-lab and trial sections of micro surfacing application in Vietnam using either MS2 and MS3. The results show that Vietnamese material sources matches to the micro surfacing requirement. Mixing properties as tested in the laboratory are successful as required in the ISSA technical guideline. Pavement performance with micro surfacing has been monitored in the trial sections shows highly potential application of micro surfacing in Vietnam as one of the effective pavement maintenance solutions [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16].

Figure 1.1: Trial section in NH1 - Km257+00 - Km257+500, Ninh Binh province

Figure 1.2: In-lab test of wet-track abration loss

2. IN-LAB EXPERIMENTAL RESEARCHS

There are 14 in-lab experimental research on micro surfacing were carried out focus on mix design, designed mixture properties follows ISSA technical specification included 12 MS3 mixes and 2 MS2 mixes [1]. Among 14

researched micro surfacing mixtures there are 7 mixes using aggregate from central region of Vietnam, 4 mixes using the aggregate in the North and 3 mixes using the aggregate in the South.

Quality control criteria for aggregate follows ISSI A143 for micro surfacing includes: resistance to degradation of small size coarse aggregate by abrasion and impact in the Log Angeles machine; soundness of aggregate by use of sodium sulfate of magnesium sulfate; san equivalent value of fine aggregate. The small size coarse aggregate (5 - 10 mm size) and fine aggregate (0 - 5 mm size) from typical aggregate quarries for the in-lab researches were check and the results are highly successful for all aggregate samples.

Technical criteria of the micro surface conforming to ISSI A143 were used in mix design and quality control in all 14 in-lab researches. They are mix time at 25^{0}C, wet-track abrasion loss (one-hour soak), wet-track abrasion loss (six-day soak), wet cohesion at 30 minutes, wet cohesion at 60 minutes, and wet tripping. It is also found for all designed mixed of 12 MS3 and 2 MS2 under the researches fully matched with the required technical criteria.

Table 2.1. The MS3 designed mixes fully matched with the requirement of ISSA

Mixes	Mix time at 25 DegC, s	Wet-track abrasion loss (1h soak), g/m²	Wet-track abrasion loss (6-day soak), g/m²	Wet cohesion at 30′, kg.cm	wet cohesion at 60′, kg.cm	Wet tripping, %
AD-N1-MS3	120	299.4	338.5	21	27	98
ESAM-N1-MS3	150	192.79	202.85	18	24.25	98
ESAM-N2-MS3	165	333.6	338.54	17	21.5	98
ESAM-N3-MS3	156	335.5	378.4	16	22	98
ESAM-C1-MS3	132	164.5	213.8	17	22	97.5
ESAM-C2-MS3	130	296.1	335.6	19	23	97
ESAM-C3-MS3	150	192.79	NA	18	24.25	98
ESAM-C4-MS3	156	335.5	378.4	16	22	98
ESAM-C5-MS3	133	230.3	285.4	19	22	97.5
ESAM-C6-MS3	135	197.4	230.3	18	22	97.5
ESAM-S1-MS3	130	213.2	328	16.5	25	98.5
ESAM-S2-MS3	135	210.6	324.1	17	26.5	98
Requirement	75-180	≤ 538	≤ 807	≥ 12	≥ 20	≥ 90%

Table 2.2. The MS2 designed mixes fully matched with the requirement of ISSA

Mixes	Mix time at 25 DegC, s	Wet-track abrasion loss (1h soak), g/m²	Wet-track abrasion loss (6-day soak), g/m²	Wet cohesion at 30′, kg.cm	wet cohesion at 60′, kg.cm	Wet tripping, %
ESAM-C6-MS2	132	19	23	263.2	289.4	98
ESAM-S1-MS2	120	265.9	387.5	15	21	99
Requirement	75-180	≤ 538	≤ 807	≥ 12	≥ 20	≥ 90%

Analyzing the in-lab testing data with Vietnamese material resources, it is found for the relatively closed relationship between the wet-track abrasion loss (1h soak) and the wet-track abrasion loss (6-day soak). This finding could help to simply the mix design procedure.

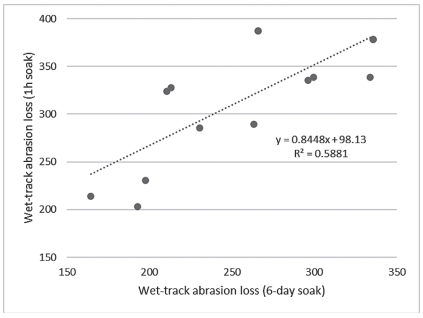


Figure 2.1: Relation between wet-track abrasion loss (1h soak verses 6-days soak)

Equivalent sand of 0 - 5 mm aggregate is important for wet cohesion of the micro surfacing mix. The higher ES provides better wet cohesion, especially for the wet cohesion at 30 minutes. Requirement of higher equivalent sand of 0 - 5 mm aggregate, means cleaner aggregate makes micro surfacing mix highly meet the requirement of wet cohesion.

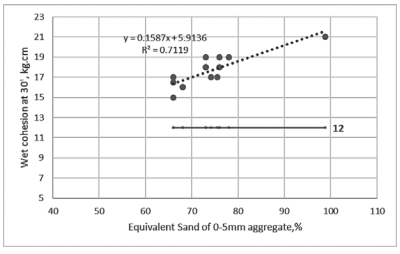


Figure 2.2: Relation between ES and wet cohesion at 30'

While all the material components are clear for source and technical criterial, the additive is exclusive product which provides by Elasmex for most of the researched mixes and ADeCo for the AD-N1-MS3. Other component of additives being clear and from local resources are cement. It is found for the relation, but not so closed between the additives content (included cement) and the technical criteria of wet-track abrasion loss and wet cohesion. The relation shows role of the additives include cement in the micro surfacing. The increasing of additive seems reduce wet abrasion loss. However, higher additive content might provide lower wet cohesion which could harmful for micro surfacing. It is noted that this trend is not clear because not so closed relations and only within the selected additive content for the designed mixes researches *(Figure 2.3)*.

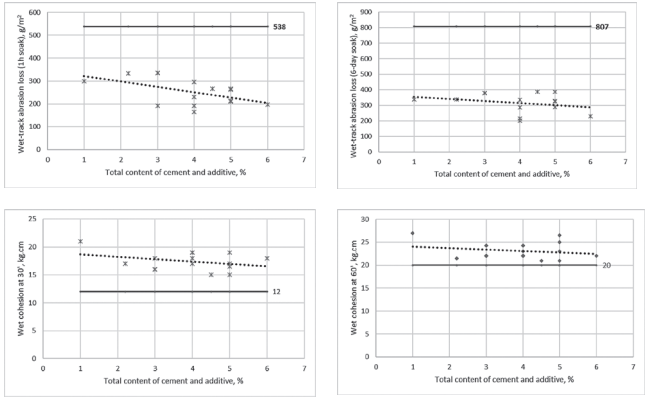


Figure 2.3: Relation between total content of cement and additive verse wet-track abrasion and wet cohesion of the designed mixes

3. TRIAL SECTIONS

9 among 12 designed MS3 under researches were practically applied in the 17 trial sections on major NHs *(Table 3.1)* on different type of pavement, pavement conditions and under different traffic condition [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25].

Table 3.1. The designed mixes and trial sections

TT	Mixture Code	Trial Section
1	AD-N1-MS3	1. QL21 - Km87+75 - Km87+375
2	ESAM-N2-MS3	2. Ho Chi Minh Road: Km455+000 - Km455+850, Hoa Binh province 3. NH1: Km213+950 Km214+450, Ha Nam province 4. NH1: Km257+000 Km257+500, Ninh Binh province
3	ESAM-C1-MS3	5. Hop Chau - Dong Tinh concrete road, Km2+550 - Km2+691, Vinh Phuc province 6. Hop Chau - Dong Tinh concrete road, Km10+864 - Km10+914, Vinh Phuc province 7. Ly Thai To street, Vinh Phuc city 8. Nguyen Trai street, Vinh Phuc city
4	ESAM-C2-MS3	9. Ho Chi Minh road, Km817+00 - Km829+500 10. Ho Chi Minh road, Km835+00 - Km845+00
5	ESAM-C4-MS3	11. NH1, Km487+200 - Km487+550, Nam Ben Thuy, Ha Tinh province
6	ESAM-C5-MS3	12. Ho Chi Minh road, Km412+532 - Km430+00, Quang Nam province 13. Ho Chi Minh road, Km445+00 - Km470+00, Quang Nam province 14. Ho Chi Minh road, Km470+00 - Km480+175, Quang Nam province
7	ESAM-C6-MS3	15. NH 49, Km0+00 - Km4+00, Thua Thien Hue province
8	ESAM-S1-MS3	16. NH54, Km 123+00 - Km 148+240, Tra Vinh province
9	ESAM-S2-MS3	17. NH61, Km 0 - Km20, Hau Giang province

Assessment on pavement performance of some the trial sections in [26], finding is macro texture of micro surfacing and skid resistance highly matched for high speed road, even with special sections of steep slope, in sharp curves or at intersection approach. The macro texture of the pavement surface has been reduced slowly and gradually in the first year after road open, which meets the requirement of skid resistance for high speed road and the special sections.

NH1, Km257+000 - Km257+500, Ninh Binh province - Trial section No.4

NH61, Km 0 + 00 - Km 20+00, Hau Giang province - Trial section No. 17

Figure 3.1: Photos of typical monitoring trial section at 12th month after road open

12 months after road open monitoring were carried for only 8 among 17 trial sections (the sections No. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 16, 17) for macro texture of pavement surface and pavement skid resistance. Based on monitoring data at the 11th and 12th month, it is found for relatively closed relation between the macro texture (sand path depth) and 5 - 10 mm aggregate abrasion *(Figure 3.2)*. Stronger aggregate with low LA abrasion provides higher micro texture after around one year of road opening. LA abrasion for 5 - 10 mm aggregate should be less than 15 for longer-term skid resistance.

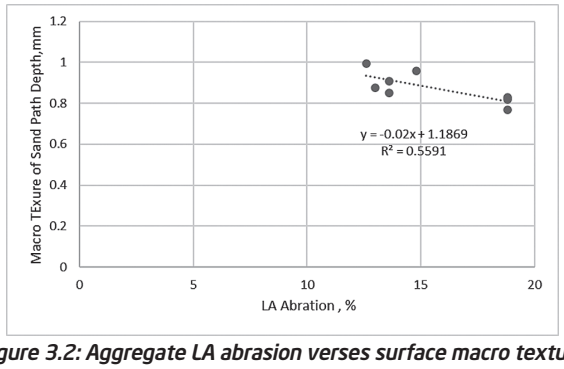


Figure 3.2: Aggregate LA abrasion verses surface macro texture

4. CONCLUSIONS

Testing results of 14 micro surfacing mixes and performance of 8 monitoring trial sections in Vietnam during 2015 - 2020 period shows highly potential applicability of micro surfacing as corrective and preventive pavement maintenance solution in Vietnam. Aggregate quality of the typical quarries in all three regions of the North, the Central and the South of Vietnam matches requirement for micro surfacing production follows ISSA technical specification. High quality aggregate, such as strong abrasion strength of 5 - 10 mm aggregate (LA ≤15%) or high ES of 0 - 5 mm aggregate (ES ≥70) could result better quality of micro surfacing mix. The potential for high-quality aggregates in Vietnam and requirement less aggregate mass for micro surfacing create an opportunity for Vietnam to develop technical specification and produce more durable micro surfacing mix and with longer macro texture pavement surface.

Additive included cement plays a role for micro surfacing mixes setting and curing through technical criterial of wet cohesion and wet-track abrasion loss.

08 among 17 trial sections of asphalt concrete and

cement concrete corrective and preventive maintenance using micro surfacing are under 11 - 12 months monitoring. The results show good pavement performance without or little defects and slowly deteriorated macro texture.

Regenerating pavement skid resistance and maintaining the regenerated skid resistance using micro surfacing is a strong advantage of the corrective and preventive pavement maintenance. This advantage needs to be verified by additional long-term monitoring period. At the same time, long-term monitoring data can also help analyze and estimate the life of micro surfacing maintenance solutions under Vietnamese conditions.

References

[1]. Bùi Viết Cường và cs., *Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học và công nghệ cấp Bộ năm 2018 - Nghiên cứu ứng xử của lớp bảo trì Microsurfacing trong kết cấu mặt đường, Mã số: DT183062*.

[2]. Review Article 30 Years of Microsurfacing (2012), *Department of Engineering Technology*, Texas State University, San Marcos, TX 78666, USA, International Scholarly Research Network ISRN Civil Engineering.

[3]. Pierre Peltier, *Micro Surfacing, Slurry Seal Offer "Green" Benefits*, Pavement Maintenance and Construction.

[4]. ISSA A143, *Performance Guideline for Micro Surfacing*.

[5]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Trung Mầu, dự án thí điểm QL21*.

[6]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Phú Mẫn, dự án thí điểm QL2*.

[7]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Sunway*, dự án thí điểm đường Hồ Chí Minh và QL1, tỉnh Ninh Bình.

[8]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Sunway*, dự án thí điểm cao tốc Hà Nội - Lào Cai.

[9]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Hưng Tây - Nghệ An*, dự án thí điểm đường BTXM và đường bê tông nhựa, tỉnh Vĩnh Phúc.

[10]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Hưng Tây - Nghệ An*, dự án đường Hồ Chí Minh, Hà Tĩnh.

[11]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Hưng Tây - Nghệ An*, dự án đường Hồ Chí Minh, Quảng Bình và Quảng Trị.

[12]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Hưng Tây - Nghệ An*, dự án QL1, Nam Thủy.

[13]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Hố Chuồn - Đà Nẵng*, dự án đường Hồ Chí Minh, Quảng Nam.

[14]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Hố Chuồn - Đà Nẵng*, dự án QL49, Thừa Thiên - Huế.

[15]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Antraco - An Giang*, dự án QL54.

[16]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo kết quả thử nghiệm trong phòng hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ sử dụng mỏ đá Antraco - An Giang*, dự án QL61.

[17]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - QL21*.

[18]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - đường Hồ Chí Minh và QL1, Ninh Bình*.

[19]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - đường bê tông xi măng và đường bê tông nhựa, tỉnh Vĩnh Phúc*.

[20]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - đường Hồ Chí Minh, Hà Tĩnh*.

[21]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - QL1, Nam Thủy, Hà Tĩnh*.

[22]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - đường Hồ Chí Minh, Quảng Nam*.

[23]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - QL49, Thừa Thiên - Huế*.

[24]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - QL54*.

[25]. Viện Khoa học và Công nghệ GTVT, *Báo cáo tổng kết dự án thử nghiệm hỗn hợp Micro Surfacing sử dụng trong bảo trì đường bộ - QL61*.

[26]. Bùi Viết Cường, Trần Thị Kim Đăng (2023), *Giải pháp bảo trì bằng Micro Surfacing tái tạo độ nhám mặt đường cũ, cải thiện an toàn giao thông*, Tạp chí GTVT, Số đặc biệt, tháng 9, Hội nghị An toàn giao thông Quốc gia.

Date of receipt: 19/4/2024
Date of receiving corrections: 07/5/2024
Posting acceptance date: 03/6/2024

Khả năng sử dụng tro bay điện rác và cát nghiền để chế tạo bê tông đầm lăn làm lớp móng mặt đường ô tô

■ **TS. VŨ NGỌC TRỤ**
Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Email: trunv@huce.edu.vn

TÓM TẮT: Tro bay là loại phụ gia khoáng đã được sử dụng rất phổ biến trong chế tạo bê tông đầm lăn (BTĐL) từ nhiều năm nay. Tuy nhiên, với hàm lượng tro bay ngày càng giảm, việc thay thế tro bay nhiệt điện bằng các loại tro bay khác là rất cần thiết. Hơn nữa, Việt Nam hiện đang 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 nghiền (CN) 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. Mục đích của bài báo này là đánh giá khả năng sử dụng tro bay điện rác kết hợp với CN nhân tạo để chế tạo BTĐL trong điều kiện phòng thí nghiệm. Vật liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: Xi măng Portland PC40 Bút Sơn; tro bay của Nhà máy Điện rác Greenstar; cốt liệu lớn là loại đá dăm (ĐD) D_{max} = 20 mm; cát nhân tạo, bột đá (BĐ) được nghiền từ đá vôi của mỏ đá Kiện Khê (Hà Nam) và nước sạch để nhào trộn hỗn hợp bê tông. Kết quả nghiên cứu cho thấy, với tỷ lệ tro bay điện rác dao động từ 30 - 50% theo thể tích xi măng có thể chế tạo được BTĐL với độ cứng 32 - 42s, cường độ nén trung bình ở tuổi 28 ngày trên 20 MPa, độ mài mòn đạt 0,295 - 0,314 g/cm^2, mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh ở tuổi 28 ngày 40,1 - 41,8 GPa.

TỪ KHÓA: Tro bay, cát nghiền, bê tông đầm lăn, độ cứng, cường độ chịu nén, độ mài mòn.

ABSTRACT: Fly ash is a mineral additive that has been widely used in making roller-compacted concrete for many years. However, with the decreasing fly ash content, it is necessary to replace thermoelectric fly ash with other types of fly ash. Furthermore, Vietnam currently does not have enough natural sand supply to serve construction needs in some localities. Therefore, researching the use of artificial crushed sand to replace natural sand is one of the effective solutions not only economically and technically but also ecologically. The purpose of this article is to evaluate the possibility of using waste electric fly ash combined with artificially crushed sand to produce roller compacted concrete under laboratory conditions. Materials used in the research include: Portland Cement PC40 But Son; fly ash from Greenstar waste power plant; crushed stone D_{max} = 20 mm; artificial sand and stone powder are ground from limestone from Kien Khe quarry (Ha Nam) and clean water to mix the concrete mixture. The results of this study show that with fly ash ratio ranging from 30% to 50% by cement volume, it is possible to produce roller compacted concrete with a hardness of 32 - 42 seconds, and average compressive strength at the age of 28 days over 20 MPa, the abrasion level reaches 0.295 - 0.314 g/cm^2, the elastic modulus when statically compressed at the age of 28 days is 40.1 - 41.8 GPa.

KEYWORDS: Fly ash, crushed sand, roller compacted concrete, hardness, compressive strength, abrasion.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Quá trình áp dụng công nghệ BTĐL trong xây dựng hạ tầng giao thông 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 [1-4]. Tuy nhiên, do lượng hồ xi măng nhỏ nên tính kết dính của hỗn hợp tương đối kém, thi công phải sử dụng các thiết bị đồng bộ. Do đó, một trong những biện pháp để cải thiện vi cấu trúc và các tính chất của BTĐL là sử dụng các loại phụ gia khoáng.

Phụ gia khoáng thường dùng trong BTĐL là các loại tro bay loại F của các nhà máy nhiệt điện [2, 5], nhưng nguồn tro bay này hiện đang được dùng làm nguyên liệu chính

của các nhà máy xi măng. Do đó, sử dụng phụ gia khoáng thay thế tro bay nhiệt điện cũng đang được nhiều nhà nghiên cứu quan tâm.

Bên cạnh đó, tại các thành phố lớn, rác thải sinh hoạt, rác thải công nghiệp đang là nguyên nhân gây ra ô nhiễm môi trường rất nghiêm trọng. Việt Nam cũng như các nước tiên tiến trên thế giới đang rất quan tâm đầu tư và xây dựng nhiều nhà máy đốt rác phát điện. Đây là phương pháp hiện đại nhất và triệt để nhất để xử lý nguồn rác thải vô cùng khổng lồ hiện nay. Tuy nhiên, các nhà máy xử lý rác thải lại gặp rất nhiều khó khăn khi tái sử dụng các nguồn tro xỉ phát thải sau khi đốt rác. Chỉ tính riêng Nhà máy Điện rác Greenstar (Bắc Ninh), lượng tro-xỉ hàng ngày đã thải ra môi trường khoảng 20 - 30 tấn [6, 7]. Do đó, vấn đề tái sử dụng triệt để các loại tro-xỉ của các nhà máy điện rác, giảm ảnh hưởng đến môi trường thứ cấp là một vấn đề cần thiết và thời sự hiện nay.

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 CN từ đá vôi thay thế cát tự nhiên đang trở thành một xu hướng tất yếu trong các công trình hạ tầng giao thông [8, 9]. 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 làm lớp móng mặt đường ô tô.

Vì vậy, nghiên cứu khả năng sử dụng tro bay điện rác kết hợp với CN từ đá vôi trong việc chế tạo BTĐL là hướng nghiên cứu khả thi và có hiệu quả trong việc tiết kiệm chi phí phát sinh cho nguồn cát tự nhiên đang khan hiếm và cạn kiệt.

2. VẬT LIỆU SỬ DỤNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu sử dụng

Các nguồn nguyên vật liệu sử dụng như sau:

1 - Xi măng được sử dụng là xi măng Portland PC40 Bút Sơn (XM) có tỷ diện bề mặt 3.650 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 được sử dụng là tro bay của Nhà máy Điện rác Greenstar (Bắc Ninh) có khối lượng riêng 2,42 g/cm^3. Tro bay (Tr) được thu trực tiếp từ ống khói của nhà máy thông qua hệ thống lọc bụi tay áo của nhà máy. Đây là loại tro bay chưa qua xử lý, độ mịn tương đương như tro bay nhiệt điện với 55% các hạt có kích thước khoảng 10 µm, các cỡ hạt có kích thước (40 - 30)µm chiếm khoảng 12%. Tổng hàm lượng $SiO_2+Fe_2O_3+Al_2O_3$ = 60,8% và phù hợp theo quy định của TCVN 10302:2014.

Vậy chất kết dính là tổng hàm lượng xi măng và tro bay điện rác: CKD = XM+Tr.

3 - Cốt liệu lớn sử dụng là loại ĐD có D_{max} = 20 mm được lấy từ mỏ đá Kiện Khê (Hà Nam) có khối lượng riêng là 2,72 g/cm^3 và khối lượng thể tích đầm chặt là 1,67 g/cm^3.

4 - Cốt liệu nhỏ là hỗn hợp CN và BĐ nghiền mịn từ đá vôi của Công ty TNHH Quang Vân (Hà Nam) chất lượng tốt, thỏa mãn yêu cầu của TCVN 7570:2006. Đây là loại cát có thành phần hạt thô, mô-đun độ lớn M_k = 3,45. Vì vậy, cần bổ sung thêm BĐ nghiền mịn để điều chỉnh thành phần hạt cốt liệu nhỏ cho hợp lý. Khối lượng riêng của CN và BĐ lần lượt là 2,65 g/cm^3 và 2,67 g/cm^3. Lượng BĐ được sử dụng là 15% khối lượng CN.

Hàm lượng cốt liệu là tổng các thành phần cốt liệu lớn và cốt liệu nhỏ: CL = ĐD+CN.

5 - 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. Phương pháp tính toán cấp phối của hỗn hợp BTĐL

Trong nghiên cứu này, thành phần cấp phối của hỗn hợp BTĐL được tính toán dựa trên cơ sở của Tiêu chuẩn ACI 211.3R [10] kết hợp với một số kết quả nghiên cứu về BTĐL ở Việt Nam [1-3] và điều chỉnh cho hợp lý với nguồn vật liệu trong nước.

2.2.3. 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 30s đến 40s được xác định bằng bộ dụng cụ Vebe;
- Cường độ nén yêu cầu cần đạt được trên 20 MPa ở tuổi 28 ngày trên mẫu lập phương (150x150x150)mm;
- Theo nhiều nghiên cứu về BTĐL [1, 2], tỷ lệ thể tích CN trên tổng thể tích cốt liệu (V_{CN}/V_{CL}) được lựa chọn V_{CN}/V_{CL} = 0,42;
- Theo Tiêu chuẩn ACI 211.3R, với cường độ nén yêu cầu cần đạt được ở tuổi 28 ngày 20 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 (TB) điện rác được lựa chọn bằng 30%, 40% và 50% thể tích của xi măng;

- Hàm lượng bọt khí trong hỗn hợp BTĐL lựa chọn là 2% [3, 5].

2.2.4. Xác định cấp phối BTĐL

Nghiên cứu này đã khảo sát 3 cấp phối có tỷ lệ thành phần như trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Cấp phối của hỗn hợp BTĐL

Ký hiệu mẫu bê tông	Tỷ lệ vật liệu theo thể tích			Cấp phối cho 1 m^3 BTĐL (kg/m^3)							Khối lượng thể tích của hỗn hợp bê tông (kg/m^3)
	$\frac{V_{Tr}}{V_{XM}}$	$\frac{V_N}{V_{CKD}}$	$\frac{V_{CN}}{V_{CL}}$	CKD	XM	Tr	CN	BĐ	ĐD	N	
ID-01	30%	1,50	0,42	256	208	48	730	129	1.208	129	2.451
ID-02	40%	1,50	0,42	252	193	59	730	129	1.208	129	2.447
ID-03	50%	1,50	0,42	249	180	69	730	129	1.208	129	2.444

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Các kết quả thực nghiệm được trình bày trong *Bảng 3.1* và *Bảng 3.2*.

Bảng 3.1. Kết quả thí nghiệm tính chất cơ lý của mẫu BTĐL

TT	Ký hiệu mẫu bê tông	Độ cứng ĐC, (giây)		Độ mài mòn, (g/cm^2)		Mô-đun đàn hồi ở tuổi 28 ngày, (GPa)	
		Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn
1	ID-01	32	2,5	0,314	0,08	40,1	11
2	ID-02	37	3,2	0,301	0,07	40,9	13
3	ID-03	42	2,3	0,295	0,09	41,8	10

Bảng 3.2. Kết quả thí nghiệm cường độ nén theo thời gian bảo dưỡng

TT	Ký hiệu mẫu bê tông	Cường độ nén của BTĐL (MPa) ở các tuổi							
		7 ngày		14 ngày		28 ngày		56 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
1	ID-01	18,2	1,6	23,2	2,2	25,7	2,2	28,0	2,4
2	ID-02	15,8	2,0	17,9	1,6	21,0	2,0	23,9	2,1
3	ID-03	14,7	2,1	17,0	1,8	20,4	1,5	22,1	2,6

Từ kết quả thực nghiệm trong *Bảng 3.1* và *Bảng 3.2*, cho thấy:

Khi sử dụng đồng thời (30 - 50)% tro bay kết hợp với hỗn hợp CN và BĐ 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 tổ hợp tro bay, CN và BĐ rất rõ rệt đến các tính chất của BTĐL cả ở trạng thái dẻo và trạng thái cứng rắn, cụ thể như sau:

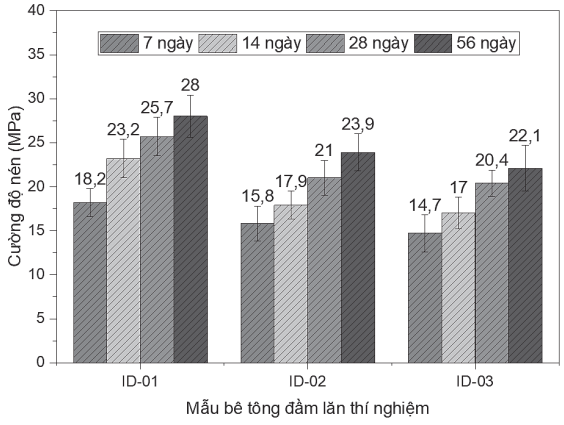
- Hỗn hợp BTĐL có độ cứng lớn, giá trị độ cứng trung bình đo được ngay sau khi nhào trộn dao động từ 32s sau đó tăng nhanh lên đến 42s. Hiệu ứng này một phần được thể hiện do lượng tro bay điện rác lớn với lượng cần nước cao, hút nước và giảm lượng nước tạo thành tính công tác của hỗn hợp bê tông. Mặt khác, CN 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 điện rác, CN và BĐ vôi nghiền mịn 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 BĐ vội nghiền mịn đã làm tăng mật độ của bộ khung cốt liệu tạo ra BTĐL có mô-đun đàn hồi cao và độ mài mòn giảm.

- Giá trị cường độ nén của mẫu thí nghiệm bị ảnh hưởng đáng kể khi sử dụng (30 - 50)% tro bay điện rác vào trong thành phần bê tông, 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 khá nhanh *(Hình 3.1)*.



Hình 3.1: Tốc độ phát triển cường độ nén của các mẫu thí nghiệm theo thời gian

+ Với lượng dùng tro bay tăng từ 30% lên 50% thì cường độ nén trung bình của các mẫu thí nghiệm đã giảm khoảng 20%. Kết quả này có thể được giải thích bởi khi lượng tro bay điện rác tăng, đồng nghĩa với việc lượng xi măng giảm xuống. Mặc dù tro bay có hiệu ứng pozzolanic và hiệu ứng điền đầy vi cấu trúc, tăng độ đặc chắc của hồ và vữa. Tuy nhiên, khi hàm lượng xi măng giảm một lượng đáng kể, từ 208 kg xuống chỉ còn 180 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 hút C-S-H. Do đó, cường độ nén của mẫu ở các tuổi nén khác nhau đã giảm dần.

Theo Tiêu chuẩn cơ sở TCCS 39:2022/TCĐBVN [11] đã quy định yêu cầu cho lớp bê tông làm móng đường ô tô có cường độ chịu nén tối thiểu là 17 MPa, mô-đun đàn hồi tối thiểu đạt 23 GPa. Với kết quả thực nghiệm thu được, BTĐL với thành phần tro bay điện rác, CN đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành dùng cho lớp móng mặt đường ô tô.

4. KẾT LUẬN

Từ các kết quả nghiên cứu trong phạm vi phòng thí nghiệm đã rút ra một số kết luận như sau:

- Tro bay nhà máy điện rác với độ mịn tương tự như xi măng, có thể sử dụng như thành phần chất kết dính trong chế tạo BTĐL.

- CN từ đá vôi của nhà máy sản xuất CN của Công ty TNHH Quang Vân là loại cát rất thô nên cần phải bổ sung thêm 15% BĐ để bổ sung thêm thành phần hạt mịn, đảm bảo thành phần hạt hợp lý của bộ khung cốt liệu.

- Trong nghiên cứu này, cấp phối BTĐL được thiết kế theo tiêu chuẩn ACI 211.3R với với tỷ lệ tro bay điện rác dao động từ 30% đến 50%. Hỗn hợp bê tông sử dụng tro bay điện rác kết hợp với CN và BĐ có độ cứng thay đổi từ 32s lên 42s. Độ mài mòn đạt 0,295 - 0,314 g/cm^2 và mô-đun đàn hồi đạt từ 40,1 - 41,8 GPa. Từ đó cho thấy, BTĐL với thành phần tro bay điện rác, CN đáp ứng đầy đủ tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành dùng cho lớp móng mặt đường ô tô.

- Giá trị cường độ nén trung bình của mẫu đã giảm khoảng 20% khi lượng tro bay điện rác tăng từ 30% lên 50% theo thể tích xi măng.

- Tro bay điện rác và BĐ nghiền mịn có hiệu quả lấp đầy đã làm tăng mật độ của bộ khung cốt liệu tạo ra sản phẩm BTĐL có mô đun đàn hồi cao và độ mài mòn giảm.

Tài liệu tham khảo

[1]. Hoàng Minh Đức, Nguyễn Kim Thịnh (2015), *Sử dụng tro bay có lượng mất khi nung lớn trong chế tạo BTĐL cho đường*, Tạp chí KHCN Xây dựng, số 02.

[2]. Nguyễn Thị Thu Ngà (2016), *Nghiên cứu các thông số chủ yếu của bê tông đầm lăn trong tính toán kết cấu mặt đường ô tô và sân bay*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT.

[3]. Phạm Hữu Hanh, Nguyễn Ngọc Lâm nnk (2022), *Bê tông đầm lăn trong xây dựng các công trình giao thông*, NXB. Xây dựng.

[4]. Kamal H.Khayat, Nicolas Ali Libre, *Roller Compacted Concrete - Field Evaluation and Mixture Optimization*, Missouri University of Science and Technology.

[5]. Nguyễn Thanh Sang, Vũ Đức Sỹ (2012), *Nghiên cứu thành phần, tính chất cơ học bê tông đầm lăn làm lớp móng mặt đường bê tông xi măng*, Tạp chí Cầu đường Việt Nam, số 11+12, 64-67.

[6]. Nhà máy Điện rác Ngôi sao xanh (2023), *Báo cáo sản xuất của Nhà máy Điện rác Ngôi sao xanh - Greenstar* (Bắc Ninh).

[7]. Nhà máy Điện rác Ngôi Sao Xanh (26/01/2024), *Thư ngỏ đề nghị nghiên cứu xử lý và tái sử dụng các phế thải của Nhà máy Điện rác Ngôi sao xanh* (Bắc Ninh).

[8]. Lê Viết Dũng, Tống Tôn Kiên nnk (2021), *Nghiên cứu thực nghiệm đánh giá khả năng sử dụng cát nghiền nguồn gốc đá vôi cho cột bê tông cốt thép chịu nén*, Tạp chí Khoa học Công nghệ Xây dựng, tập 15, số 3V.

[9]. 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.

[10]. ACI 211.3R-02, *Guide for selecting Proportion for No-Slump Concrete*, ACI commutee 211, 26p.

[11]. Bộ GTVT, Tổng cục Đường bộ Việt Nam, T*iêu chuẩn Cơ sở TCCS 39:2022/TCĐBVN - Thiết kế mặt đường bê tông xi măng thông thường có khe nối trong xây dựng công trình giao thông.*

Ngày nhận bài: 03/5/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/5/2024
Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2024

Dự báo cường độ chịu kéo của bê tông được gia cường bởi cốt sợi bazan dựa trên các phương pháp trí tuệ nhân tạo

■ **TS. LÊ BÁ ANH**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: baanh.le@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Nghiên cứu này tập trung vào việc phát triển các mô hình dự đoán về cường độ kéo đứt (STS) của bê tông cốt sợi bazan bằng kỹ thuật học máy. Bộ dữ liệu gồm 114 mẫu thí nghiệm với 9 thông số đầu vào, bao gồm xi măng, cốt liệu mịn, cốt liệu thô, nước, chất siêu dẻo, tro bay, tỷ lệ sợi bazan, chiều dài sợi và thời gian lưu hóa, được thu thập từ các nghiên cứu đã công bố. Hai phương pháp mô hình hóa, eXtreme Gradient Boosting (XGB) và Lập trình di truyền cải tiến (GP-GOMEA), đã được sử dụng để dự đoán các giá trị STS. Mô hình XGB đạt được độ chính xác cao hơn, với R2 là 0,96 và sai số tuyệt đối trung bình (MAE) là 0,15 MPa, so với R2 của mô hình GP-GOMEA là 0,94 và MAE là 0,17 MPa. Tuy nhiên, mô hình GP-GOMEA đã cung cấp một phương trình toán học rõ ràng biểu thị mối quan hệ giữa cường độ chịu kéo và các tham số đầu vào. Ngoài ra, phân tích SHApley Additive exPlanations (SHAP) đã được tiến hành để đánh giá tác động của từng tham số đầu vào lên các giá trị cường độ chịu kéo dự đoán. Kết quả cho thấy chất siêu dẻo, cốt liệu mịn và thời gian lưu hóa là những yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất, trong khi tro bay có tác động ít nhất đến dự đoán cường độ chịu kéo.

TỪ KHÓA: Bê tông cốt sợi bazan, độ bền kéo đứt, học máy, XGB, GP-GOMEA.

ABSTRACT: This study focuses on developing predictive models for the splitting tensile strength (STS) of basalt fiber-reinforced concrete using machine learning techniques. A dataset containing 114 experimental samples with nine input parameters, including cement, fine aggregate, coarse aggregate, water, superplasticizer, fly ash, basalt fiber ratio, fiber length, and curing time, was collected from published studies. Two modeling approaches, eXtreme Gradient Boosting (XGB) and Genetic Programming with Gene-pool Optimal Mixing Evolutionary Algorithm (GP-GOMEA), were employed to predict the STS values. The XGB model achieved higher accuracy, with an R^2 of 0.96 and a mean absolute error (MAE) of 0.15 MPa, compared to the GP-GOMEA model's R^2 of 0.94 and MAE of 0.17 MPa. However, the GP-GOMEA model provided an explicit mathematical equation representing the relationship between STS and the input parameters. Additionally, a SHapley Additive exPlanations (SHAP) analysis was conducted to evaluate the impact of each input parameter on the predicted STS values. The results revealed that superplasticizer, fine aggregate, and curing time were the most influential factors, while fly ash had the least impact on STS prediction. The developed models and insights can contribute to optimizing the design of basalt fiber-reinforced concrete mixtures for desired splitting tensile strength.

KEYWORDS: Basalt fiber-reinforced concrete, splitting tensile strength, machine learning, XGB, GP-GOMEA.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực kỹ thuật xây dựng, bê tông đóng vai trò quan trọng và là vật liệu xây dựng cơ bản. Các tính chất của bê tông chịu ảnh hưởng bởi vô vàn yếu tố cần được cân nhắc cẩn thận. Những yếu tố này bao gồm các khía cạnh khác nhau như điều kiện tải trọng, phương pháp thi công, hoàn cảnh môi trường và tỷ lệ các vật liệu thành phần. Để tăng cường khả năng làm việc của bê tông, các sợi tăng cường được sử dụng để tăng độ bền và khả năng chịu lực. Sợi bazan có một mô-đun đàn hồi đáng kể, giúp tăng độ cứng và độ bền cho bê tông một cách hiệu quả [1, 2]. Sợi bazan được sản xuất từ đá núi lửa, có nhiều đặc tính ưu việt khiến nó trở thành một lựa chọn lý tưởng cho sự bền vững môi trường [3]. Bên cạnh đó, sợi bazan có độ bền xuất sắc và duy trì sự toàn vẹn cấu trúc ngay cả trong điều kiện nhiệt độ khắc nghiệt. Hơn nữa, sợi bazan có ưu điểm về độ bền so với sợi tự nhiên và sợi nhân tạo, bên cạnh các đặc tính thân thiện với môi trường của nó [3]. Độ bền kéo và mô-đun đàn hồi lớn của BF góp phần cải thiện độ bền của kết cấu và ngăn ngừa sự lan truyền của vết nứt tại các khu vực quan trọng [4]. Ngoài ra, sợi bazan và bê tông có sự liên kết tốt với nhau, được chứng minh bởi các kết quả nghiên cứu [5].

Đồng thời, theo các nghiên cứu trên thế giới, việc sử dụng sợi bazan có thể tăng độ bền uốn và kéo nhiều hơn so với độ bền nén. Việc sử dụng ngày càng nhiều sợi bazan trong bê tông do khả năng có sẵn không độc hại ở dạng tự nhiên đã thúc đẩy nghiên cứu sâu rộng về các tính chất cơ học, chủ yếu là nén, kéo và uốn. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện về cường độ nén, nhưng cường độ kéo và uốn cần nghiên cứu kĩ hơn hơn, đặc biệt là mô hình dự đoán và tầm quan trọng của các đầu vào ảnh hưởng đến các tính chất đó.

Vì những ưu điểm như vậy, việc xác định cường độ kéo khi ép chẻ của bê tông được tăng cường bởi sợi bazan là cần thiết và được quan tâm nhiều đến trong thời gian gần đây. Có nhiều phương pháp nghiên cứu đã được sử dụng như thực nghiệm, tiếp cận lý thuyết, các phương pháp học máy. Trong những phương pháp này, các phương pháp học máy đã được chứng minh sự hiệu quả trong việc xây dựng các hàm tinh vi với chi phí tính toán hợp lý. Trong các phương pháp học máy, các nhóm phương pháp thường được sử dụng bao gồm nhóm phương pháp "black-box" (máy vector hỗ trợ, rừng ngẫu nhiên, XGB, ANN...), nhóm phương pháp "white-box" (lập trình di truyền, QLattice...).

Nghiên cứu này tập trung vào việc xây dựng mô hình dự báo cường độ chịu kéo của vật liệu bê tông bằng cách sử dụng 9 tham số đầu vào. Các mô hình được sử dụng là XGB và GP-GOMEA. Phương pháp XGB [6] đã được chứng minh là phương pháp học máy có độ chính xác cao nhất đối với các dữ liệu dạng bảng như thế này. GP-GOMEA [7] là một phương pháp lập trình di truyền cải tiến, cũng được sử dụng để xây dựng phương trình tường minh biểu diễn mối quan hệ giữa cường độ chịu kéo và 9 tham số đầu vào. Việc sử dụng cả mô hình "black-box" và mô hình "white-box" giúp chúng ta có cái nhìn tổng quan hơn về các kết quả thu được. Cuối cùng, nghiên cứu tiến hành phân tích tác động của mỗi thông số đầu vào lên giá trị cường độ chịu kéo thu được. Kết quả trong bài báo cũng được so sánh với các nghiên cứu đã được công bố trên thế giới.

2. THU THẬP VÀ PHÂN TÍCH DỮ LIỆU

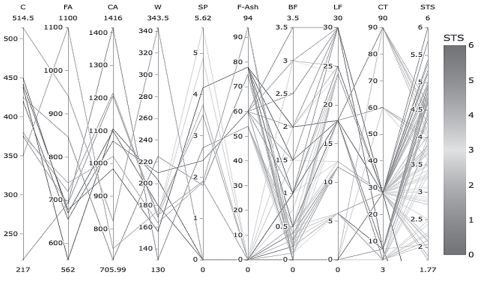
Nghiên cứu này tiến hành thu thập dữ liệu từ những nghiên cứu thực nghiệm đã được công bố trên thế giới về cường độ chịu kéo của bê tông được làm tăng cường bằng sợi bazan (STS; MPa). Bộ dữ liệu bao gồm 114 mẫu thí nghiệm với chín biến đầu vào: Xi măng (C; Kg/m^3), cốt liệu mịn hoặc cát nghiền (FA; Kg/m^3), cốt liệu thô (CA; Kg/m^3), nước (W; Kg/m^3), phụ gia siêu dẻo (SP; Kg/m^3), tro bay (F-Ash; Kg/m^3), tỉ lệ sợi bazan (BF; %), chiều dài sợi (LF; mm), và tuổi của mẫu thí nghiệm (CT; ngày). Các thông số thống kê của tập dữ liệu được trình bày trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thông số thống kê của tập dữ liệu

Đầu vào	Số mẫu	Trung bình	std	min	max
C	114	399,69	70,41	217	514,5
FA	114	714,5	118,97	562	1100
CA	114	1048	169,51	706	1416
W	114	183,40	45,92	130	343,5
SP	114	2,27	1,50	0	5,62
F-Ash	114	50,29	37,62	0	94
BF	114	0,73	0,87	0	3,5
LF	114	13,83	9,50	0	30
CT	114	25,99	18,76	3	90
STS	114	3,54	1,03	1,77	6

Dữ liệu thu thập cho thấy các thông số cường độ được đánh giá của hỗn hợp bê tông bị ảnh hưởng rất lớn bởi các yếu tố đầu vào. Để hiểu rõ hơn vai trò của các yếu tố đầu vào, một mối liên hệ song song được thể hiện giữa các thông số đầu vào và giá trị STS của bê tông trong *Hình 2.1*.

STS cao nhất là 6 MPa thu được cho một tổ hợp các biến đầu vào BF = 3%, LF = 25 mm, C = 450 Kg/m^3, FA = 670 Kg/m^3, CA = 1.100 Kg/m^3, W = 180 Kg/m^3, SP = 0 Kg/m^3, F-Ash = 0 Kg/m^3 và CT = 28 ngày. Trong khi đó, STS thấp nhất 1,77 MPa được thu được cho một tổ hợp các biến đầu vào BF = 0%, LF = 0 mm, c = 438 Kg/m^3, FA = 562 Kg/m^3, CA = 1.106,4 Kg/m^3, W = 203,5 Kg/m^3, SP = 0 Kg/m^3, F-Ash = 0 Kg/m^3 và CT = 28 ngày. Các đặc tính hiệu suất của một hỗn hợp bê tông cụ thể biến đổi khi có sự thay đổi đối với một biến đơn lẻ. Do đó, việc xác định tổ hợp tối ưu của các yếu tố đầu vào để đạt được cường độ cao nhất trong một hỗn hợp bê tông là một thách thức đáng kể. Đáng chú ý rằng bê tông không được tăng cường bởi sợi bazan thường được liên kết với STS thấp nhất.



Hình 2.1: Biểu đồ thể hiện mối liên hệ song song giữa các yếu tố trong tập dữ liệu

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Để xây dựng được mô hình dự báo STS, nhóm nghiên cứu đã sử dụng giải thuật eXtreme Gradient Boosting (XGB) và phương pháp GPGOMEA, là một phương pháp tiến hóa của lập trình di truyền.

3.1. Giải thuật eXtreme Gradient Boosting

Chen và Guestrin [9] đã giới thiệu một thuật toán được phát triển dựa trên mô hình cây quyết định là giải thuật XGB. Giải thuật này dự đoán kết quả dựa trên các dữ liệu đầu vào như sau:

$$\hat{y}_i = y_i^0 + \eta \sum_{k=1}^{M} f_t(X_i) \quad (1)$$

Trong đó: $\hat{y}_i$ - Kết quả dự báo là kết quả dự đoán cho mẫu thứ i có vector đặc trưng là Xi; M - Số lượng bộ ước tính và mỗi bộ ước tính f_t (với k trong phạm vi từ 1 đến M) tương ứng với một cấu trúc cây độc lập; y^0_i - Giá trị trung bình ban đầu của giá trị đo được trong tập huấn luyện; η - Tốc độ học giúp cải thiện mô hình trong khi thêm cây mới và tránh khớp quá mức (overfitting).

Hàm mục tiêu để giảm thiểu bước thứ k được xác định bởi:

$$obj = \gamma T + \sum_{j=1}^{T}\left[G_j\omega_j + \frac{1}{2}(H_j + \lambda)\omega_j^2\right] \quad (2)$$

Trong đó: T - Số lá cây thứ k và ω_j với j từ 1 đến T là trọng lượng của lá; λ và γ - Các tham số chuẩn hóa kiểm soát tính đơn giản của cấu trúc cây để tránh khớp quá mức. Các tham số G_j và H_j lần lượt là tổng của các mẫu được liên kết với lá thứ j của độ dốc thứ nhất và thứ hai của hàm mất mát.

Cây thứ k được xây dựng bằng cách tách các lá bắt đầu từ một lá. Thay đổi mục tiêu sau khi thêm phần tách là:

$$gain = \frac{1}{2}\left[\frac{G_L^2}{H_L+\lambda} + \frac{G_R^2}{H_R+\lambda} - \frac{(G_L+G_R)^2}{H_L+H_R+\lambda}\right] - \gamma \quad (3)$$

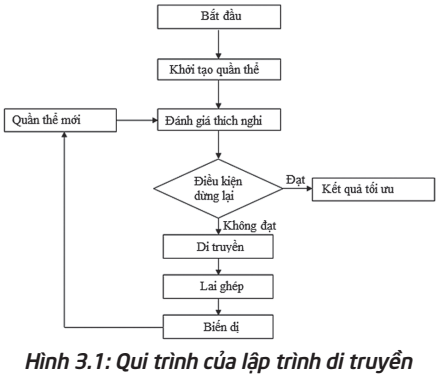
Trong đó: G_L và H_L được liên kết với lá bên trái và G_R và H_R được liên kết với lá bên phải sau khi chia tách. Nếu tham số khuếch đại lớn hơn 0 thì việc tách được chấp nhận.

Độ chính xác của mô hình được xây dựng bởi giải thuật XGB phụ thuộc rất nhiều vào các tham số của mô hình huấn luyện. Các tham số quan trọng của mô hình cần được hiệu chỉnh phù hợp lần lượt như sau: Tỉ lệ mẫu con (ζ), suy giảm mất mát tối thiểu (γ), chiều sâu tối đa (δ), shrinkage (η). tổng nhỏ nhất của tập con (μ) và tỉ lệ cột theo từng cây con (δ). Để hiệu chỉnh các thông số này, nhóm nghiên cứu đã ứng dụng phương pháp PSO.

3.2. Lập trình di truyền

Genetic Programming (GP) là một phương pháp máy học tiến hóa mạnh mẽ được phát triển bởi John Koza vào những năm 1990. GP không chỉ là một thuật toán tiến hóa đơn giản mà còn là một phương pháp tự động hóa tạo ra các chương trình máy tính phức tạp. Ý tưởng cơ bản của GP là sử dụng các toán tử tiến hóa, bao gồm lai ghép, đột biến và chọn lọc, để tiến hóa các cây biểu thức hoặc các chương trình con từ các cá thể trong một quần thể ban đầu. Mỗi cá thể được biểu diễn bằng một cây biểu thức hoặc một chương trình con, biểu thị một cách tiềm ẩn các phương pháp giải quyết vấn đề cụ thể. Trong quá trình tiến hóa, các cá thể được đánh giá dựa trên hiệu suất của chúng trong việc giải quyết vấn đề được giao. Các cá thể có hiệu suất tốt nhất được chọn để tạo ra thế hệ mới thông qua quá trình lai ghép và đột biến. Quá trình này tiếp tục lặp lại cho đến khi một cá thể hoặc một tập hợp các cá thể đạt được mức độ hiệu suất mong muốn.

GP đã được áp dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực, bao gồm tối ưu hóa, hồi quy ký tự, phân loại và dự báo và nhiều ứng dụng khác. Qui trình làm việc của GP được biểu diễn trong *Hình 3.1.*



Hình 3.1: Qui trình của lập trình di truyền

Trong những năm gần đây, GP tiếp tục phát triển với sự xuất hiện của các biến thể mới như GP-GOMEA. Genetic Programming with Gene-pool Optimal Mixing Evolutionary Algorithm (GP-GOMEA) là một phương pháp tiến hóa mới mẻ trong lĩnh vực Genetic Programming (GP), được đề xuất bởi Marco Virgolin. GP-GOMEA kết hợp cả hai thành phần chính: Genetic Programming (GP) và Gene-pool Optimal Mixing (GOMEA). GP là một phương pháp tiến hóa mạnh mẽ được sử dụng để tạo ra các chương trình máy tính phức tạp thông qua lai ghép, đột biến và chọn lọc. Trong khi đó, GOMEA là một biến thể của thuật toán tiến hóa sử dụng một cách tiếp cận khác biệt, tập trung vào việc tối ưu hóa việc lai ghép các gen trong quần thể để tạo ra các cá thể có hiệu suất cao hơn.

GP-GOMEA áp dụng một số biến thể và cải tiến so với GP truyền thống để tăng cường khả năng tìm kiếm và tạo ra các chương trình tốt hơn. Một trong những điểm nổi bật của GP-GOMEA là việc sử dụng cơ chế lai ghép tiên tiến và hiệu quả, giúp tạo ra sự đa dạng và khám phá hiệu quả hơn trong không gian tìm kiếm. Ngoài ra, GP-GOMEA cũng áp dụng các chiến lược chọn lọc thông minh để giữ lại các cá thể có hiệu suất tốt nhất và loại bỏ những cá thể yếu kém, từ đó cải thiện hiệu suất của quá trình tiến hóa.

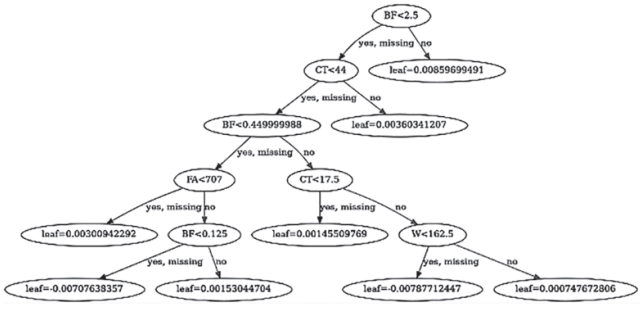
4. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

Để đánh giá độ chính xác của mô hình, nhóm nghiên cứu sử dụng 3 thông số thống kê lần lượt là R2 và Mean Absolute Error (MAE).

$$R2 = \mathbf{1} - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y_i})^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y}_i)^2} \quad (6)$$

$$MAE = \frac{\mathbf{1}}{n}\sum_{i=1}^{n} | \boldsymbol{y_i} - \hat{\boldsymbol{y_i}} | \quad (7)$$

Sau khi xây dựng mô hình XGB phụ thuộc vào các tham số tỉ lệ mẫu con (ζ), suy giảm mất mát tối thiểu (γ), chiều sâu tối đa (d), shrinkage (η), tổng nhỏ nhất của tập con (μ) và tỉ lệ cột theo từng cây con (δ). Nhóm nghiên cứu đã sử dụng phương pháp PSO để tiến hành hiệu chỉnh để lựa chọn bộ tham số tối ưu. Kết quả mô hình XGB được biểu diễn trong *Hình 4.1.*



Hình 4.1: Mô hình XGB

Với mô hình GP-GOMEA, hàm số tối ưu có độ chính xác tốt nhất tương ứng với tập dữ liệu huấn luyện như sau:

STS=1,81*(-0,005***C** + 0,005***F-Ash** + (5,48 – 0,007***FA**)*(0,0037***CA** – 3,66)*(0,0025***FA** – 3,11) + 1,3*sqrt(0,00136263***CA** + 0,018***CT** - 1) + 2,38)*(0,002***FA** + 0,0028***LF** – 0,00012***W** + (0,86***SP** - 3)*(-0,0062***C** + (0,587554 – 0,11059***BF**)*(0,0037***W** – 0,05) + 2) – 0,38) + 1

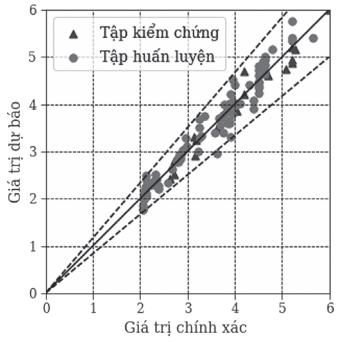
Để có thể đánh giá được độ chính xác của mô hình,

nhóm nghiên cứu đã tiến hành so sánh kết quả độ chính xác của các mô hình đối với tập dữ liệu huấn luyện và tập dữ liệu kiểm chứng thông qua các chỉ số R2 và MAE. Các giá trị này được thể hiện trong *Bảng 4.1*. Các mô hình này đều được kết quả tốt với giá trị R2 = 0,94 đối với mô hình GP GOMEA và R2 = 0,96 đối với mô hình XGB.

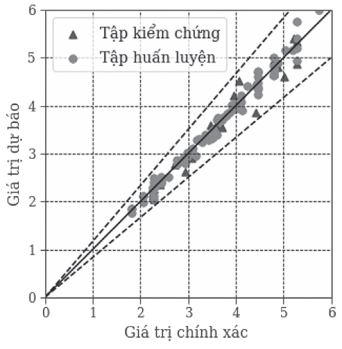
Bảng 4.1. Kết quả độ chính xác của mô hình

Kết quả	Tập dữ liệu	R2	MAE
GP GOMEA	Train	0,97	0,16
	Test	0,94	0,17
XGB	Train	0,98	0,08
	Test	0,96	0,15

Để có thể hiểu rõ hơn độ chính xác của mô hình, nhóm nghiên cứu cũng đã trình bày sự tương quan giữa giá trị chính xác và giá trị dự báo tại *Hình 4.2* và *Hình 4.3*.

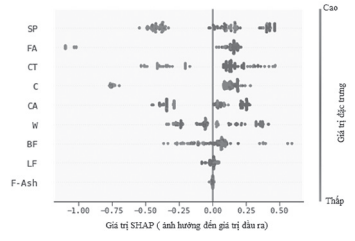


Hình 4.2: Sự tương quan giữa giá trị chính xác và giá trị dự báo của mô hình XGB



Hình 4.3: Sự tương quan giữa giá trị chính xác và giá trị dự báo của mô hình GP-GOMEA

Nhóm nghiên cứu cũng tiến hành phân tích sự ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến sự làm việc của mô hình thông qua phân tích SHAP.



Hình 4.4: Phân tích SHAP của mô hình XGB

Các giá trị SHAP được biểu diễn trong *Hình 4.4* giúp lượng hóa tương đối mức độ ảnh hưởng của từng yếu tố đến độ chính xác của mô hình cũng như độ lớn của cường độ dự báo. Dựa trên phân tích này, ta có thể thấy lượng phụ gia tro bay ảnh hưởng ít nhất đến kết quả đầu ra. Mức độ ảnh hưởng của các yếu tố đầu vào đến yếu tố đầu ra lần lượt là SP> FA> CT> C> CA> W> BF> LF> F-Ash.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã tiến hành xây dựng cơ sở dữ liệu từ các nghiên cứu trên thế giới về bê tông cốt sợi bazan. Đồng thời, bài báo cũng xây dựng mô hình dự báo cường độ kéo khi ép chẻ của vật liệu bê tông cốt sợi bazan bằng mô hình XGB và mô hình GP GOMEA. Kết quả cho thấy mô hình XGB đạt độ chính xác cao hơn với R2 = 0,96 và MAE = 0,15 so với R2 = 0,94 và MAE = 0,17 của mô hình GP-GOMEA. Tuy nhiên, kết quả của mô hình GP-GOMEA là một phương trình có thể biểu diễn dưới dạng tường minh, điều này giúp cho việc ứng dụng kết quả rộng rãi hơn. Cuối cùng, các tham số đầu vào của mô hình cũng được phân tích sự ảnh hưởng thông qua phân tích SHAP. Có thể thấy rằng cả các tham số đều có sự ảnh hưởng nhất định đến cường độ chịu kéo của bê tông được tăng cường bởi cốt sợi bazan.

Tài liệu tham khảo

[1]. Mittal G, Rhee K Y, Mišković-Stanković V and Hui D (2018), *Reinforcements in multi-scale polymer composites: Processing, properties, and applications Composites Part B: Engineering 138,* 122-39.

[2]. Khan M, Lao J, Ahmad M R and Dai J-G (2024), *Influence of high temperatures on the mechanical and microstructural properties of hybrid steel-basalt fibers based ultra-high-performance concrete (UHPC) Construction and Building Materials,* 411, 134387.

[3]. Adesina A (2021), *Performance of cementitious composites reinforced with chopped basalt fibres – An overview Construction and Building Materials,* 266, 120970.

[4]. Khan M and Cao M (2021), *Effect of hybrid basalt fibre length and content on properties of cementitious composites Magazine of Concrete Research,* 73, 487-98.

[5]. Alwesabi E A H, Abu Bakar B H, Alshaikh I M H, Abadel A A, Alghamdi H and Wasim M 2022, *An experimental study of compressive toughness of Steel*, Polypropylene hybrid Fibre-Reinforced concrete Structures 37, 379-88.

[6]. Chen T and Guestrin C (2016), *XGBoost: A Scalable Tree Boosting System Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pp.785-94.

[7]. Virgolin M, Alderliesten T, Witteveen C and Bosman P A N (2017), *Scalable genetic programming by gene-pool optimal mixing and input-space entropy-based building-block learning Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference GECCO '17* (New York, NY, USA: Association for Computing Machinery), pp.1041-8.

Ngày nhận bài: 01/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 26/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Ứng dụng học sâu trong tái tạo dữ liệu cảm biến, phục vụ giám sát sức khỏe kết cấu

■ **TS. NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG(*); NGUYỄN ĐỨC TRƯỜNG; NGUYỄN THỊ TUYẾT NGA**
Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **ThS. NCS. TRẦN QUANG MINH**
Đại học Minho (Bồ Đào Nha)
Email: (*)ncnhung@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Trong giám sát sức khỏe kết cấu, đặc biệt là giám sát sức khỏe cầu, nguồn dữ liệu đóng vai trò vô cùng quan trọng. Tuy nhiên trong thực tế, việc mất dữ liệu hoặc dữ liệu bị nhiễu/lỗi là điều khó tránh khỏi. Các nguyên nhân tiềm ẩn rất phức tạp, bao gồm lỗi cảm biến, lỗi truyền dẫn, tương tác vô tuyến, mất điện và lão hóa các bộ phận cảm biến. Dữ liệu đo được có thể bị mất tạm thời hoặc vĩnh viễn. Vấn đề này có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến việc đo lường và đánh giá kết cấu, dẫn đến những kết luận thiếu chính xác hoặc thậm chí có thể sai lệch. Do đó, nghiên cứu tái tạo lại dữ liệu bị mất trong hệ thống giám sát sức khỏe kết cấu là cần thiết. Nghiên cứu này đề xuất một cách tiếp cận dựa trên học sâu (deep learning) - mạng nơ-ron tích chập 1 chiều (1DCNN) để tái tạo lại dữ liệu dao động bị mất hoặc lỗi trong quá trình quan trắc cầu. Thử nghiệm thực tế được thực hiện nhằm thu thập được một bộ dữ liệu dao động đầy đủ của kết cấu cầu. Nguồn dữ liệu này sẽ được sử dụng để đào tạo mạng nơ-ron tích chập. Sau đó, dữ liệu từ một cảm biến sẽ được làm lỗi bằng cách gán cho giá trị 0. Mạng được đào tạo sẽ được sử dụng để xây dựng lại dữ liệu bị lỗi. Kết quả nghiên cứu chứng minh rằng dữ liệu được xây dựng lại phù hợp tốt với dữ liệu thực trong miền thời gian và tần số.

TỪ KHÓA: Tái tạo dữ liệu, học sâu, SHM, 1DCNN.

ABSTRACT: In structural health monitoring, data sources play an extremely important role. However, in reality, data loss or corrupted data is unavoidable. Potential causes are complex and include sensor errors, transmission errors, radio interactions, power loss, and aging of sensor components. Measured data may be lost temporarily or permanently. This problem can seriously affect the measurement and evaluation of structures, leading to inaccurate or even misleading conclusions. Therefore, research on reconstructing lost data in structural health monitoring systems is necessary. This study proposes an approach based on deep learning - 1-dimensional convolutional neural network (1DCNN) to reconstruct lost or error vibration data during bridge monitoring. Actual testing was performed to collect a complete set of vibration data of the bridge structure. This data will be used to train the convolutional neural network. The data from a sensor is then corrupted by assigning a value of 0. The trained network will be used to reconstruct the corrupted data. The research results demonstrate that the reconstructed data agree well with the real data in the time and frequency domains.

KEYWORDS: Data reconstruction, deep learning, SHM, 1DCNN.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các cảm biến trong hệ thống giám sát sức khỏe kết cấu (SHM) thu thập dữ liệu phục vụ phân tích và đánh giá tình trạng kết cấu [1, 2]. Bằng cách sử dụng các kỹ thuật như phân tích tần số, phân tích thống kê, chúng ta có thể đánh giá độ an toàn và hiệu suất của kết cấu dựa trên các tín hiệu thu thập được [3]. Tuy nhiên, việc không đảm bảo chất lượng dữ liệu trong hệ thống SHM là khó có thể tránh khỏi. Vấn đề này ảnh hưởng trực tiếp đến kết quả đánh giá. Kết quả có thể không chính xác, sai lệch hoặc gây nhầm lẫn, ảnh hưởng đến quá trình giám sát kết cấu. Có rất nhiều nguyên nhân tiềm ẩn, phức tạp gây mất mát dữ liệu. Cảm biến hoạt động dưới tác động của tải trọng và bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố môi trường khác như mưa, gió, độ ẩm… gây ra các vấn đề hư hỏng hoặc các vấn đề khác liên quan đến lão hóa. Đối với hệ thống theo dõi sức khỏe kết cấu có dây hoặc không dây toàn diện yêu cầu khá nhiều cảm biến, hệ thống truyền dẫn, mô-đun và bộ điều khiển thu thập dữ liệu. Mỗi sự cố phần mềm và phần cứng riêng lẻ có thể chặn tạm thời hoặc vĩnh viễn một số tín hiệu nhất định. Mặc dù việc thay thế các cảm biến bị lỗi là một giải pháp để giải quyết những vấn đề này nhưng nó đòi hỏi một quá trình tốn nhiều công sức và thời gian để phát hiện lỗi, tìm ra nguyên nhân và giải quyết chúng.

Trong những năm gần đây, trí tuệ nhân tạo và các thuật toán thông minh nổi lên như một xu hướng giải quyết nhiều bài toán liên quan đến tái tạo dữ liệu. Wan [4] đã đề xuất phương pháp khôi phục dữ liệu của hệ thống SHM

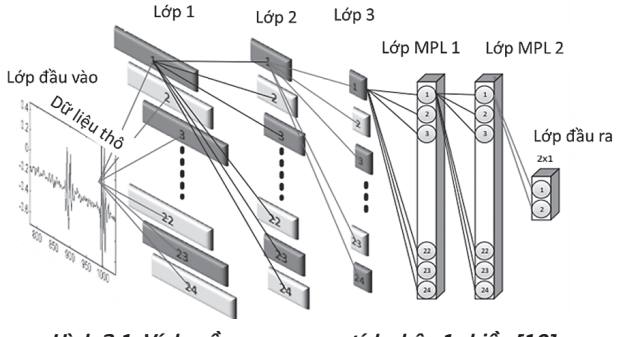
trong ứng dụng mạng Bayesian với lập trình Gaussian đa chiều. Hiệu suất của dữ liệu được tái tạo lại đạt được có độ tin cậy cao. Zhang [5] đã sử dụng mối tương quan dữ liệu để khôi phục dữ liệu ứng suất bị mất. Phương pháp này dẫn đến sai số nội suy khoảng 5 - 7%. Với số lượng dữ liệu SHM được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu ngày càng tăng, các kỹ thuật học sâu cung cấp các phương pháp đầy hứa hẹn để giải quyết các vấn đề về tái thiết dữ liệu. Lei và cộng sự [6] đã sử dụng mạng đối nghịch tạo tích chập sâu để xây dựng lại dữ liệu bị mất trong SHM. Các nghiên cứu về học sâu (deep learning) được đề xuất có khả năng tái tạo dữ liệu của gia tốc kế và cảm biến biến dạng trên mô hình và trong thực tế với hiệu suất cao. Jiang và cộng sự [7] đã thực hiện khôi phục dữ liệu chưa hoàn chỉnh của hệ thống SHM dài hạn bằng phương pháp học tập không giám sát dựa trên mạng GAN (Global Area Network).

Mạng nơ-ron tích chập (CNN) có thể học một cách thích ứng các tính năng cấp cao bằng các bộ lọc tích chập quét qua các vùng cục bộ của một lượng lớn dữ liệu. Phương pháp sử dụng mạng nơ-ron tích chập để khôi phục dữ liệu SHM cho phép phục hồi dữ liệu bị mất tương đối tốt, ngay cả đối với các tín hiệu có tỷ lệ mất dữ liệu nghiêm trọng lên tới 90%. Fan [8] đã tiến hành nghiên cứu và đạt được kết quả tốt trong việc khôi phục dữ liệu phản ứng động bằng cách sử dụng mạng tích chập (CNN) với các kết nối dày đặc giữa các lớp trong mạng. Trong nghiên cứu này, ứng dụng mạng nơ-ron tích chập 1 chiều (1DCNN) trong tái tạo dữ liệu dao động, phục vụ giám sát sức khỏe kết cấu sẽ được thực hiện.

2. PHƯƠNG PHÁP TIẾP CẬN

2.1. Mạng nơ-ron tích chập và mạng nơ-ron tích chập 1 chiều

Mạng nơ-ron tích chập (Convolutional Neural Network - CNN) là một mô hình tiên tiến được áp dụng nhiều trong lĩnh vực học sâu. CNN là một tập hợp các lớp tích chập (Convolution) chồng lên nhau và sử dụng các hàm kích hoạt phi tuyến (nonlinear activation) như ReLU và pooling để kích hoạt các trọng số [9]. Mỗi một lớp sau khi thông qua các hàm kích hoạt sẽ tạo ra các thông tin trừu tượng hơn cho các lớp tiếp theo. Các lớp liên kết được với nhau thông qua cơ chế tích chập. Lớp tiếp theo là kết quả tích chập từ lớp trước đó, nhờ vậy mà ta có được các kết nối cục bộ. Trong quá trình huấn luyện mạng, CNN sẽ tự học hỏi những giá trị thông qua các lớp lọc (filter layer).



Hình 2.1: Ví dụ về mạng nơ-ron tích chập 1 chiều [10]

Mạng nơ-ron tích chập 1 chiều được phát triển và được ứng dụng tương đối tốt cho các loại dữ liệu chuỗi thời gian [11]. Giống như trong CNN thông thường, lớp đầu vào là lớp thụ động nhận tín hiệu 1D thô và lớp đầu ra là Perceptron nhiều lớp (Multilayer Perceptron - MLP) có số lượng nơ-ron bằng số lượng lớp. Các hoạt động trích xuất đặc điểm và phân loại đều được hợp nhất thành một quy trình có thể được tối ưu hóa để tối đa hóa hiệu suất của mạng.

Mạng nơ-ron tích chập 1 chiều được phát triển và được ứng dụng tương đối tốt cho các loại dữ liệu chuỗi thời gian [19]. Giống như trong CNN thông thường, lớp đầu vào là lớp thụ động nhận tín hiệu 1D thô và lớp đầu ra là lớp MLP có số lượng nơ-ron bằng số lượng lớp. Các hoạt động trích xuất đặc điểm và phân loại đều được hợp nhất thành một quy trình có thể được tối ưu hóa để tối đa hóa hiệu suất của mạng. 1DCNN có các tham số sau: (i) Số lượng lớp chập và lớp được kết nối đầy đủ; (ii) Kích thước hạt nhân trong mỗi lớp chập; (iii) Cách chọn tham số gộp và kích hoạt.

Lớp tích chập (Convolution layer) được gọi là phương pháp dịch chuyển và tính toán. Giả sử x là đầu vào có độ dài n và w là hạt nhân có độ dài k của lớp chập. Hơn nữa, vị trí của cửa sổ hạt nhân (kernel) thay đổi theo s (số bước) sau mỗi thao tác tích chập. Tích chập giữa x và w cho bước s được xác định như sau

$$y(n) = \begin{cases} \sum_{i=0}^{k} x(n+i)w(i), & \text{If } n = 0, \\ \sum_{i=0}^{k} x(n+i+(s-1))w(i), & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

Độ dài đầu ra (o), đối với đầu vào có độ dài n, hạt nhân có độ dài k và phần đệm p được lấy từ phương trình sau:

$$o = \frac{(n+2p-k)}{s} + 1 \quad (2)$$

Lớp gộp (Pooling layer) thường được đặt sau lớp chập và được sử dụng để giảm kích thước của bản đồ đặc trưng và tham số mạng. Tổng hợp tối đa là kỹ thuật tổng hợp nổi tiếng nhất, trong đó giá trị tối đa được chọn trong cửa sổ có kích thước f và sau đó được dịch chuyển qua đầu vào với bước s sau mỗi lần tổng hợp. Tổng hợp tối đa được xây dựng như sau:

$$y(n) = \begin{cases} \max(x(n+i)) \text{ for } i = 0, 1, 2, \ldots, (n+i+f), \\ \max(x(n+i+(s-1))) \text{ for } i = 0, 1, 2, \ldots, (n+i+f+(s-1)) \end{cases} \quad (3)$$

Giả sử rằng đầu ra của các lớp tích chập có độ sâu lớn hơn 1. Trong trường hợp đó, lớp được làm phẳng (Flatten) chuyển đổi đầu ra của các lớp chập thành định dạng có thể được cung cấp làm đầu vào cho các lớp dày đặc. Các lớp được kết nối đầy đủ kết nối tất cả các nút trong các lớp liên tiếp. Ma trận dữ liệu được trải phẳng và đi qua một lớp được kết nối đầy đủ (fully connective) để đạt được yêu cầu mong muốn

2.2. Tiền xử lý dữ liệu và huấn luyện mạng

Các bước tiền xử lý dữ liệu đóng vai trò quan trọng trong việc huấn luyện thành công mô hình trí tuệ nhân tạo. Quá trình tiền xử lý dữ liệu mang lại cái nhìn tổng quát hơn về dữ liệu. Dữ liệu sẽ được khám phá trong bước này và sẽ có được cái nhìn sâu hơn về dữ liệu. Đồng thời, việc chuẩn

bị dữ liệu phù hợp với yêu cầu đầu vào của 1DCNN cũng được thực hiện. Dữ liệu sẽ được chuẩn hóa và phân chia. Trong nghiên cứu này, dữ liệu từ các cảm biến trong hệ thống giám sát được sử dụng để huấn luyện 1DCNN. Dữ liệu thu được từ các cảm biến sẽ được thiết lập tương ứng với độ nhạy của từng cảm biến trong chương trình đo. Những giá trị này sẽ không có cùng tiêu chuẩn. Việc chuẩn hóa dữ liệu nhằm mục đích đưa tất cả dữ liệu cảm biến về cùng một phạm vi giá trị từ 0 đến 1.

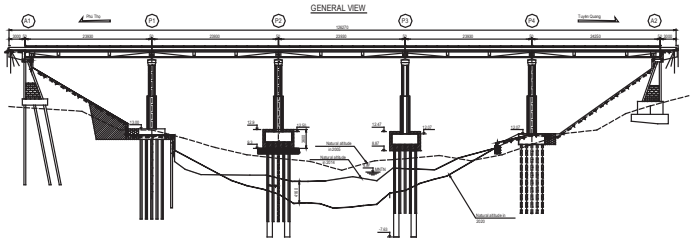
Bước tiếp theo, đầu vào và đầu ra của mạng 1DCNN được xác định. Đầu vào ở đây là dữ liệu từ các cảm biến thông thường. Đầu ra là dữ liệu của cảm biến được coi là có lỗi. Dữ liệu đầu vào sẽ có dạng m×200×t (m là số lượng cảm biến thông thường, t là bước thời gian), dữ liệu đầu ra sẽ có dạng 1×200×t. Dữ liệu được chia thành tập huấn luyện và tập kiểm tra. Sau khi chia tập dữ liệu, tập huấn luyện trước tiên được sử dụng để huấn luyện 1DCNN, để mạng có thể tìm hiểu mối quan hệ ánh xạ phi tuyến giữa cảm biến thông thường và dữ liệu cảm biến bị hỏng. Sau khi quá trình huấn luyện mạng hoàn tất, tập kiểm tra sẽ được đưa vào mạng thần kinh đã được huấn luyện để tái tạo lại dữ liệu bị mất. Quá trình tái tạo dữ liệu được thể hiện trong *Hình 2.2*:

Hình 2.2: Qui trình tái tạo dữ liệu cho cảm biến ứng dụng 1DCNN

3. ỨNG DỤNG MẠNG NƠ-RON TÍCH CHẬP TRONG TÁI TẠO DỮ LIỆU CẢM BIẾN

3.1. Giới thiệu về công trình

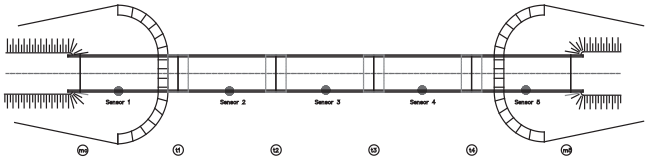
Trong nghiên cứu này, nghiên cứu trường hợp được sử dụng là cầu Đoan Hùng *(Hình 3.1)* nằm ở địa phận huyện Đoan Hùng, tỉnh Phú Thọ. Cầu bắc qua sông Chảy tại Km111+300 QL2 và phục vụ giao thông trên tuyến Hà Nội - Hà Giang. Tại thời điểm kiểm tra, toàn bộ cầu có cáp dự ứng lực bên ngoài. Mặt cắt ngang gồm 5 dầm chính có tiết diện chữ T. Mố và trụ cầu được làm bằng bê tông cốt thép.



Hình 3.1: Bố trí chung cầu Đoan Hùng

3.2. Chuẩn bị dữ liệu

Một bộ dữ liệu thực tế gồm 5 cảm biến rung được thu thập từ cầu Đoan Hùng. Một lưới đo được thiết kế để triển khai với mục tiêu thu thập dữ liệu rung động của 5 điểm trên cầu. Dao động tại các điểm được đo dưới tác nhân kích thích ngẫu nhiên (gió, dòng chảy, tải trọng xung quanh, phương tiện qua cầu...). Các cảm biến được lắp đặt theo phương thẳng đứng. Sau khi bố trí, lắp đặt các thiết bị đo và cảm biến, hệ thống thu thập bắt đầu thu thập dữ liệu. Phần dữ liệu đầu tiên sẽ bị loại bỏ. Dữ liệu sau khi tín hiệu ổn định sẽ được ghi lại và lưu lại. Quy trình đo được điều khiển bởi máy tính xách tay, máy tính này cũng tập hợp và lưu các phản hồi động.

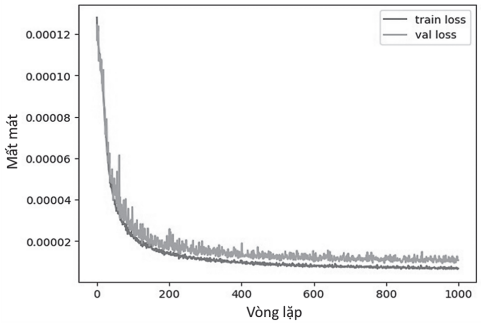


Hình 3.2: Lưới cảm biến được bố trí cho thí nghiệm

3.3. Ứng dụng mạng nơ-ron tích chập trong tái tạo dữ liệu cảm biến

Bộ dữ liệu thực tế bao gồm dữ liệu từ 5 cảm biến trong sơ đồ đo. Mỗi tập hợp con dữ liệu đại diện cho một đặc tính trong mô hình học máy. Trong trường hợp tái tạo dữ liệu kênh đơn, đầu vào của 1DCNN là dữ liệu của 4 cảm biến (cảm biến số 1, 2, 3 và 4). Đầu ra là dữ liệu của cảm biến số 5. Quá trình tiền xử lý dữ liệu được thực hiện. Tập dữ liệu sẽ được chia thành 2 phần: Đào tạo và xác nhận. Tỷ lệ của hai phần này lần lượt là 80 và 20%.

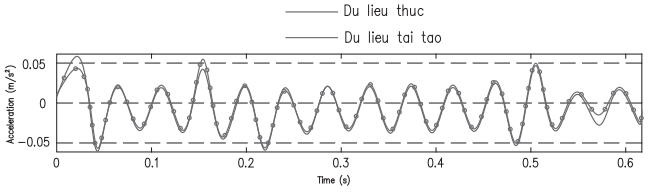
Sau khi mạng 1DCNN được đào tạo, sự mất mát chênh lệch giữa giá trị thực và giá trị dự đoán trong quá trình đào tạo được hiển thị trong *Hình 3.3*. Khi kết thúc quá trình đào tạo, giá trị mất mát đã hội tụ gần bằng 0 trong cả tập huấn luyện và xác nhận. Mạng được huấn luyện thành công.



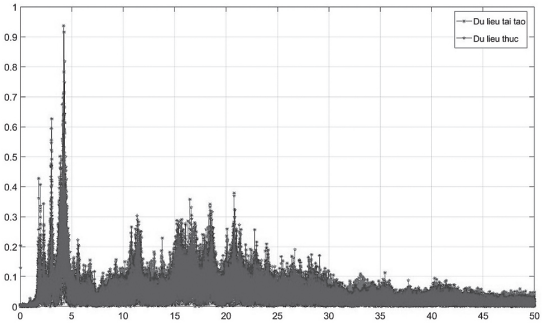
Hình 3.3: Giá trị mất mát sau các vòng lặp đào tạo

Để minh họa rõ hơn hiệu suất của phương pháp được đề xuất, trực quan hóa dữ liệu của dữ liệu thực và dữ liệu được

tái tạo được hiển thị trong *Hình 3.4.* Mạng được đào tạo đã tái tạo lại một cách hiệu quả thông tin phản hồi và rung động bị thiếu cho cảm biến số 5. Phân tích phổ tần số cũng được thực hiện trên cả dữ liệu thực và dữ liệu được tái tạo.



a) - Miền thời gian



b) - Miền tần số

Hình 3.4: So sánh dữ liệu thực và dữ liệu tái tạo của cảm biến số 5: a) - Miền thời gian; b) - Miền tần số

Mặc dù hiệu suất tái thiết của mạng được đào tạo là tốt nhưng dữ liệu được tái tạo không khớp hoàn toàn với dữ liệu thực. Điều này là do sự hiện diện của nhiễu và sự kích thích môi trường yếu trong quá trình thí nghiệm. Tuy nhiên, khi phân tích dữ liệu miền tần số, dữ liệu được tái tạo thu được có thể đại diện hoàn toàn cho dữ liệu thực. Nhìn chung, 1DCNN được đề xuất đã học và tái tạo dữ liệu trong trường hợp có nhiều kênh bị tổn hao. Mặc dù dữ liệu được xây dựng lại không khớp chính xác với dữ liệu thực nhưng dữ liệu được xây dựng lại vẫn có thể được sử dụng để theo dõi tình trạng cấu trúc. Xem xét rằng tần số tự nhiên và các chế độ rung là các đặc tính rung cơ bản quan trọng nhất, mạng được đề xuất trong nghiên cứu này đã xác định và học chúng một cách hiệu quả để nắm bắt các mẫu trong dữ liệu rung.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đề xuất sử dụng phương pháp tiếp cận dựa trên học sâu, cụ thể là 1DCNN, để tái tạo lại dữ liệu rung động bị mất nhằm quan trắc sức khỏe kết cấu cầu. Dưới đây là một số kết luận chính:

- Trong các hệ thống giám sát sức khỏe kết cấu, các trường hợp mất dữ liệu hoặc lỗi dữ liệu có thể thường xuyên xảy ra. Điều này xảy ra do nhiều lý do, bao gồm hư hỏng cảm biến, đường truyền bị gián đoạn, mất điện và tác động đến môi trường. Cần có biện pháp để tái tạo lại dữ liệu.

- Dữ liệu cảm biến gia tốc có thể được xây dựng lại bằng mạng 1DCNN. Hiệu quả của phương pháp được thể hiện qua trường hợp nghiên cứu từ số liệu thực tế cầu Đoan Hùng. Trường hợp tái tạo dữ liệu đơn kênh được thực hiện cho kết quả tốt.

- Trước khi huấn luyện mạng, việc xử lý trước dữ liệu là rất quan trọng để đạt được hiệu suất tốt. Dữ liệu cần được tiền xử lý để phù hợp với mạng 1DCNN. Đồng thời, việc chuẩn hóa dữ liệu giúp đạt được kết quả tốt hơn và thời gian thực hiện nhanh hơn.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT (UTC) trong Đề tài mã số T2024-CT-KDN-003.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nie ZH, Lin J, Li J, et al (2020), *Bridge condition monitoring under moving loads using two sensor measurements*, Struct Health Monit, no.19(3), pp.917-937.

[2]. Carden EP, Fanning P, *Vibration based condition monitoring: a review*, *Struct Health Monit 2004*, vol.3(4), pp.355-377.

[3]. un L, Shang Z, Xia Y, et al. (2020), *Review of bridge structural health monitoring aided by big data and artificial intelligence: from condition assessment to damage detection*, J Struct Eng, p.04020073.

[4]. Wan H-P, Ni Y-Q. (2018), *Bayesian multi-task learning methodology for reconstruction of structural health monitoring data*, Structural Health Monitoring, doi: *https://doi.org/10.1177/1475921718794953*.

[5]. Zhang ZY, Luo YZ. (2017), *Restoring method for missing data of spatial structural stress monitoring based on correlation*, Mechanical Systems and Signal Processing, doi: *https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.01.018*.

[6]. Lei X, Sun L, Xia Y. (2021), *Lost data reconstruction for structural health monitoring using deep convolutional generative adversarial networks*, Structural Health Monitoring, doi: *https://doi.org/10.1177/1475921720959226*.

[7]. Jiang et al. (2021), *Continuous missing data imputation with incomplete dataset by generative adversarial networks-based unsupervised learning for long-term bridge health monitoring*, Structural Health Monitoring, doi: *https://doi.org/10.1177/14759217211021942*.

[8]. Fan G, Li J, Hao H. (2020), *Dynamic response reconstruction for structural health monitoring using densely connected convolutional networks*, Struct Health Monit, doi: *https://doi.org/10.1177/1475921720916881*.

[9]. [Deep Learning] *Tìm hiểu về mạng tích chập (CNN)*, [Online]. Available: *https://viblo.asia/p/deep-learning-tim-hieu-ve-mang-tich-chap-cnn-maGK73bOKj2*.

[10]. Serkan Kiranyaz, Onur Avci, Osama Abdeljaber, *1D Convolutional Neural Networks and Applications - A Survey*, doi: *https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1905/1905.03554.pdf*.

[11]. S. Kiranyaz, T. Ince, M. Gabbouj (2016), *Real-Time Patient-Specific ECG Classification by 1-D Convolutional Neural Networks*, IEEE Trans. Biomed. Eng. 63, 664-675, doi: 10.1109/TBME.2015.2468589.

Ngày nhận bài: 21/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 26/4/2024

Ảnh hưởng của hàm lượng tro bay đến một số tính chất của bê tông xi măng khi sử dụng phụ gia siêu dẻo MasterGlenium Sky 8718

■ **TS. NGUYỄN ĐỨC TRỌNG**
Phân hiệu tại TP. Hồ Chí Minh, Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: trongnd_ph@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Tro bay (TB) là một chất thải công nghiệp nhưng có giá trị hữu ích trong lĩnh vực xây dựng. Việc sử dụng TB đã mang lại những hiệu quả tích cực trong sản xuất bê tông xi măng (BTXM). Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sử dụng TB ở Nhà máy Nhiệt điện số 3, Duyên hải thay thế từ 10 - 30% xi măng để sản xuất bê tông có dùng phụ gia siêu dẻo MasterGlenium Sky 8718. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sử dụng hàm lượng TB càng nhiều thì độ sụt càng tăng, cường độ bê tông ở tuổi sớm phát triển chậm nhưng ở tuổi muộn phát triển nhanh khi hàm lượng TB càng nhiều. Tính chất của bê tông đông cứng có giá trị tốt nhất khi hàm lượng TB thay thế xi măng là 10%. Ở tuổi 56 ngày cường độ chịu nén, cường độ kéo uốn của bê tông loại này lớn hơn so với khi không sử dụng TB lần lượt là 6,9% và 5,9%. Cường độ kéo uốn của bê tông dùng TB thay thế xi măng đến 30% đáp ứng yêu cầu trong xây dựng mặt đường ô tô.

TỪ KHÓA: Bê tông xi măng, tro bay, phụ gia siêu dẻo, cường độ kéo uốn.

ABSTRACT: Fly ash is an industrial waste but has beneficial applications in construction. The utilization of fly ash positively affects concrete production. The investigation presents the experimental results of using fly ash at thermal power plant No.3, Duyen hai to replace 10 - 30% of cement to fabricate concrete applying superplasticizers MasterGlenium Sky 8718. The outcomes show that when using more fly ash content, the slump increases and concrete strength at an early age develops slowly, but it develops quickly when the fly ash content is higher at a later stage. The mechanical properties of investigated concrete have the highest values when the fly ash content replacing cement is 10%. At the age of 56 days, the compressive strength, flexural tensile strength of the concrete are more than those without using fly ash by 6.9%, 5.9%, respectively. The flexural tensile strength of concrete with fly ash to replace cement is up to 30%, which ensures the requirement in constructing road pavements.

KEYWORDS: Cement concrete, fly ash, superplasticizer, flexural tensile strength.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ở Việt Nam cũng như trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu về vấn đề thay thế xi măng bằng TB trong sản xuất BTXM [1, 2, 3, 4]. Giữa xi măng Portland và TB có nhiều tính chất khác nhau nhưng hiện nay rất nhiều công trình sử dụng BTXM có thành phần TB dùng trong thực tế khá phổ biến. Xét một cách toàn diện thì việc sử dụng TB thải ra từ các nhà máy nhiệt điện là vấn đề cấp thiết vì khối lượng sản phẩm này hằng năm phát thải ra môi trường là rất lớn, nếu không được tái sử dụng hiệu quả thì sẽ lãng phí nguồn tài nguyên. Việc sử dụng hiệu quả TB không những giảm được chi phí do tiết kiệm mặt bằng làm bãi chứa, giảm nguy cơ gây ô nhiễm môi trường mà còn có thể giảm chi phí xây dựng do giá thành TB rẻ hơn so với xi măng Portland truyền thống.

Theo Bộ Xây dựng [5], ở Việt Nam hiện có 29 nhà máy điện than đang hoạt động. Năm 2021, các nhà máy này thải ra môi trường khoảng 16 triệu tấn tro xỉ, tập trung chủ yếu tại khu vực miền Bắc (chiếm 64%), khu vực miền Trung là 25% và miền Nam là 11%, cả nước tồn kho 48 triệu tấn TB. Khu vực miền Tây Nam bộ có Trung tâm Điện lực Duyên hải được quy hoạch 4 nhà máy, hiện nay có 2 nhà máy hoạt động là Nhà máy Nhiệt điện Duyên hải số 1 và số 3 đã thải hơn 2 triệu tấn TB ra bên ngoài mỗi năm.

Theo Malhotra và các cộng sự [6] thì hàm lượng TB có thể thay thế xi măng lên tới 30 - 50% trong hỗn hợp mà vẫn đảm bảo cường độ và tăng độ bền của BTXM. Các nghiên cứu [4, 7] cho rằng sử dụng TB để thay thế một phần xi măng trong BTXM truyền thống có thể làm tăng độ bền của bê tông lên từ 1,15 đến 2 lần. Michael [8] phân tích hạt tro nhỏ, tròn và mịn hơn hạt xi măng nên nếu cùng lượng nước như nhau thì BTXM TB có độ sụt lớn hơn BTXM thông thường, nhờ đó làm tăng tính công tác cho thi công. Bên cạnh đó, khi kết cấu không yêu cầu độ sụt cao thì có thể giảm lượng nước yêu cầu: Cứ thêm 10% TB thì sẽ giảm đi ít nhất 3% lượng nước.

Lựa chọn hàm lượng TB hợp lý sẽ tạo ra được sản phẩm bê tông không những đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật

mà còn mang lại hiệu quả về kinh tế và môi trường. Tùy theo thành phần khoáng và loại TB mà ảnh hưởng của nó đến các tính chất của BTXM là rất khác nhau. Vì thế, nghiên cứu sau đây sẽ trình bày những ảnh hưởng khi sử dụng hàm lượng TB khác nhau kết hợp phụ gia siêu dẻo MasterGlenium Sky 8718 của hãng Basf đến một số tính chất của BTXM.

2. VẬT LIỆU CHẾ TẠO BTXM

2.1. Xi măng

Nghiên cứu này sử dụng loại xi măng Insee PCB40 có cường độ chịu nén theo TCVN6016:2011 tuổi 28 ngày là 43,5 MPa, khối lượng riêng của xi măng 3,10 g/cm^3, lượng nước tiêu chuẩn là 32,0%.

2.2. Tro bay

TB dùng trong nghiên cứu này được lấy tại Nhà máy Nhiệt điện số 3, Duyên hải, tỉnh Trà Vinh (TB màu vàng) có các chỉ tiêu hóa được trình bày ở *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Kết quả thí nghiệm chỉ tiêu hóa, lý của TB tại Nhà máy Nhiệt điện số 3, Duyên hải

STT	Tên các chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp thử	Kết quả thử nghiệm
1	Hàm lượng SO_3	%	QTNB 06-A	0,15
2	Hàm lượng SiO_2	%	TCVN9911:2013	51,70
3	Hàm lượng Al_2O_3	%	TCVN9915:2013	28,27
4	Hàm lượng Fe_2O_3	%	TCVN9914:2013	7,11
5	Hàm lượng FeO	%	TCVN9914:2013	1,05
6	Hàm lượng MgO	%	TCVN9916:2013	2,33
7	Hàm lượng Na_2O	%	QTNB 09	0,65
8	Hàm lượng CaO	%	TCVN9912:2013	5,12
9	Hàm lượng TiO_2	%	TCVN9913:2013	1,31
10	Hàm lượng MKN (LOI)	%	QTNB 18	0,64
11	Hàm lượng H_20	%	Si13	0,09
12	Kích cỡ hạt nhỏ hơn 45 mm	%	ASTM C311 - 02	89,7

TB tại Nhà máy Nhiệt điện số 3, Duyên hải, tỉnh Trà Vinh có các chỉ tiêu lý, hóa phù hợp loại F được quy định trong ASTM C618 và TCVN 10302:2014 [9]. Để có thể sử dụng hiệu quả TB loại này vào sản xuất BTXM thì cần phải có nghiên cứu thực nghiệm để tìm ra hàm lượng sử dụng hợp lí trong sản xuất BTXM.

2.3. Cốt liệu

2.3.1. Cốt liệu lớn

Sử dụng loại đá dăm (5x20)mm được lấy từ mỏ đá Phước Tân, Biên Hòa có các chỉ tiêu cơ lý đạt yêu cầu TCVN 7570:2006: Độ hút nước: 0,4%, khối lượng thể tích xốp: 1,445 g/cm^3, khối lượng riêng: 2,862 g/cm^3, hàm lượng chung bụi, bùn, sét: 0,35%.

2.3.2. Cốt liệu nhỏ

Trong nghiên cứu này sử dụng cốt liệu nhỏ là cát hạt thô có các chỉ tiêu: Mô-đun độ lớn là M_{dl}=2,47, khối lượng riêng là: 2,641 g/cm^3, khối lượng thể tích xốp là: 1,443 g/cm^3, hàm lượng hạt trên sàng 5 mm là: 0,73%, độ hút nước là: 0,8%, hàm lượng chung bụi, bùn, sét: 1,4%. Các chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu nhỏ đạt yêu cầu TCVN 7570:2006.

2.4. Nước

Nước sử dụng cho bê tông là nước sạch, đạt Tiêu chuẩn TCVN 4506:2012.

2.5. Phụ gia

Phụ gia siêu dẻo sử dụng trong nghiên cứu là phụ gia MasterGlenium SKY 8718 (viết tắt MG-8718) của hãng phụ gia BASF. MG-8718 là phụ gia siêu dẻo thế hệ mới. Nhờ độ linh động cao và độ nhớt thấp, MG-8718 giúp bê tông duy trì độ sụt lâu tùy vào liều lượng sử dụng. Nhà sản xuất đưa ra khuyến cáo nên sử dụng từ 0,6 - 2 lít/100 kg xi măng. Trong nghiên cứu này đã sử dụng hàm lượng phụ gia hóa học là 1 lít/100 kg xi măng.

3. THÀNH PHẦN CẤP PHỐI BTXM VÀ KẾ HOẠCH THỰC NGHIỆM

3.1. Thành phần cấp phối BTXM

Sử dụng lý thuyết "thể tích tuyệt đối" theo Quyết định số 778/1998/QĐ-BXD [10] để thiết kế thành phần cấp phối BTXM có cường độ chịu nén 36 MPa. Sau đó giữ nguyên thành phần cốt liệu lớn, cốt liệu nhỏ, nước, phụ gia siêu dẻo, chỉ thay đổi thành phần chất kết dính bằng cách dùng lần lượt dùng 0%, 10%, 20%, 30% TB (theo khối lượng) lấy tại Nhà máy Nhiệt điện số 3, Duyên hải, tỉnh Trà Vinh thay thế xi măng. Kết quả được trình bày ở *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Thành phần cấp phối BTXM có cường độ chịu nén 36 MPa

Tên tổ hợp	Đá (kg)	Cát (kg)	Xi măng (kg)	TB (kg)	Nước (kg)	Phụ gia BASF MG8718 (lít)
M36.00 (sử dụng 0 % TB)	1.140	834	371	0	165	3,71
M36.10 (sử dụng 10 % TB)	1.140	834	334	37	165	3,71
M36.20 (sử dụng 20 % TB)	1.140	834	297	74	165	3,71
M36.30 (sử dụng 30 % TB)	1.140	834	260	111	165	3,71

(Ghi chú: M36.10: Nghĩa là cấp phối BTXM cường độ chịu nén 36 MPa sử dụng 10% TB thay thế xi măng trong thành phần chất kết dính).

3.2. Kế hoạch thực nghiệm

Mỗi tổ hợp BTXM có 24 mẫu các loại được chế bị để thí nghiệm các tính chất cơ học. Số lượng mẫu thí nghiệm được tổng hợp ở *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Số lượng mẫu thí nghiệm

Chỉ tiêu thí nghiệm	Số lượng mẫu thí nghiệm				Kích thước mẫu thí nghiệm
	M36.00	M36.10	M36.20	M36.30	
R_n (7, 28, 56 ngày)	9	9	9	9	10x10x10 cm
R_u (7, 28, 56 ngày)	9	9	9	9	10x10x40 cm
E_{dh} (28 ngày)	6	6	6	6	10x10x40 cm
Tổng cộng	24	24	24	24	

Tổng cộng 4 tổ hợp BTXM có 96 mẫu thử các loại được trộn theo các thành phần đã tính toán ở *Bảng 3.1*. Sau đó thí nghiệm độ sụt, đúc mẫu và bảo dưỡng trong điều kiện tiêu chuẩn cho đến ngày thí nghiệm và được thử nghiệm tại phòng thí nghiệm hợp chuẩn. Trong đó, sử dụng TCVN 3118:2022 để xác định cường độ chịu nén ($R_{n)}$, TCVN 3119:2022 để xác định cường độ chịu kéo khi uốn (R_u) và TCVN 5726:2022 để xác định mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh (E_{dh}) của BTXM. Xử lý kết quả và đưa ra nhận xét, kết luận.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết quả thí nghiệm

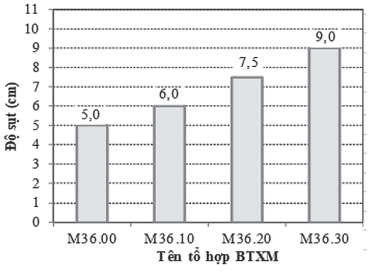
Kết quả thí nghiệm về: Độ sụt, cường độ chịu nén,

cường độ chịu kéo uốn và mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh của BTXM cường độ 36 MPa dùng TB với các hàm lượng khác nhau kết hợp phụ gia siêu dẻo, được tổng hợp và đánh giá như sau.

4.1.1. Độ sụt của BTXM

Thí nghiệm độ sụt của BTXM như *Hình 4.1*. Kết quả thí nghiệm độ sụt của BTXM được thể hiện ở *Hình 4.2*.

Hình 4.1: Thí nghiệm độ sụt của BTXM

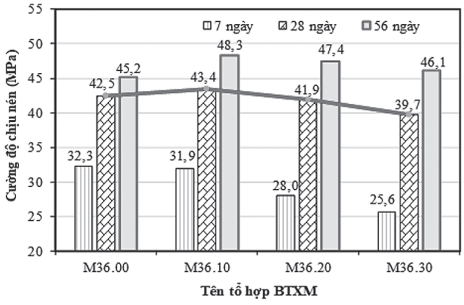


Hình 4.2: Kết quả đo độ sụt của BTXM

Kết quả thí nghiệm cho thấy, khi sử dụng phụ gia siêu dẻo kết hợp với 10%, 20%, 30% TB thay thế xi măng thì độ sụt của BTXM tăng so với khi không dùng TB lần lượt là: 20%, 50%, 80%.

4.1.2. Cường độ chịu nén

Kết quả thí nghiệm R_n được thể hiện ở *Hình 4.3*.



Hình 4.3: R_n của BTXM theo ngày tuổi

Khi kết hợp phụ gia siêu dẻo trong BTXM TB thì tốc độ phát triển R_n trong giai đoạn đầu tốt hơn so với khi không dùng phụ gia siêu dẻo. Cũng giống như BTXM không sử dụng phụ gia [1] thì khi hàm lượng TB càng nhiều sự phát triển cường độ R_n ở tuổi sớm càng chậm nhưng ở tuổi muộn R_n phát triển càng nhanh khi tỷ lệ TB dùng càng nhiều, hàm lượng sử dụng TB thay thế xi măng là 10% cho R_n của BTXM ở tuổi 28, 56 ngày là cao nhất. Cụ thể:

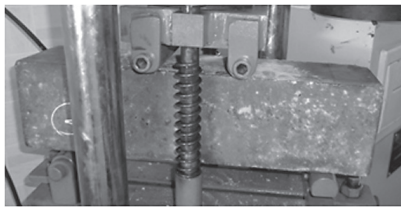
- Với hàm lượng sử dụng TB thay thế xi măng là 10% thì ở tuổi 28 ngày R_n của BTXM lớn hơn so với khi không sử dụng TB 2,1%, còn ở tuổi 56 ngày mức này là 6,9%.

- Với hàm lượng sử dụng TB thay thế xi măng là 30% cho R_n ở tuổi 28 ngày và 56 ngày là thấp nhất. Cụ thể ở tuổi 28 ngày R_n của BTXM tổ hợp này giảm hơn so với khi không sử dụng TB là 6,6% nhưng ở tuổi 56 ngày thì cao hơn 2,0%.

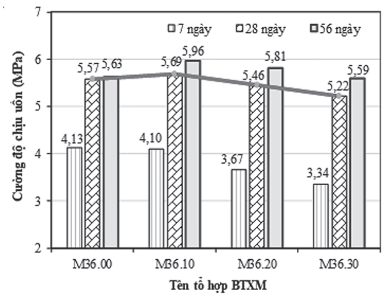
- R_n ở tuổi 56 ngày so với tuổi 28 ngày tăng từ 11,3 - 16,2% khi mức dùng TB 10 - 30%, trong khi không sử dụng TB thì R_n chỉ tăng 6,3%.

4.1.3. Cường độ chịu kéo uốn

Thí nghiệm R_u của BTXM như *Hình 4.4*. Kết quả thí nghiệm R_u của BTXM được thể hiện ở *Hình 4.5*.



Hình 4.4: Thí nghiệm R_u của BTXM

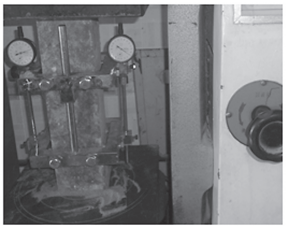


Hình 4.5: R_u của BTXM theo ngày tuổi

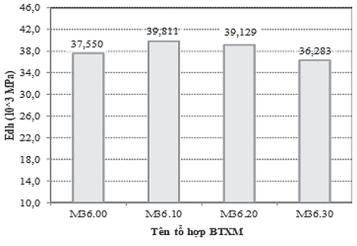
Khi sử dụng hàm lượng TB càng nhiều thì R_u của BTXM tăng chậm ở tuổi sớm (7 ngày) nhưng ở tuổi muộn (56 ngày) với tỷ lệ TB càng nhiều thì R_u của BTXM tăng càng nhanh. Hàm lượng sử dụng TB thay thế xi măng là 10% cho R_u của BTXM ở tuổi 28, 56 ngày là cao nhất, cụ thể: Với hàm lượng sử dụng TB thay thế xi măng là 10% thì ở tuổi 28 ngày R_u của BTXM lớn hơn so với khi không sử dụng TB 2,0%, còn ở tuổi 56 ngày mức này là 5,9%. Khi hàm lượng TB chiếm 20% thì R_u của BTXM ở tuổi 28 ngày thấp hơn so với khi không sử dụng TB nhưng ở tuổi 56 ngày R_u của BTXM có TB lại cao hơn so với khi không có TB là 3,2%. Còn khi hàm lượng sử dụng TB thay thế xi măng là 30% cho R_u ở tuổi 28 ngày và 56 ngày là thấp nhất. Cụ thể ở tuổi 28 ngày R_u của BTXM giảm hơn so với khi không dùng TB là 6,3% và ở tuổi 56 ngày thì cho giá tương đương khi không sử dụng TB.

4.1.4. Mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh

Thí nghiệm E_{dh} của BTXM như *Hình 4.6*. Kết quả thí nghiệm E_{dh} của BTXM được thể hiện ở *Hình 4.7*.



Hình 4.6: Thí nghiệm E_{dh} của BTXM



Hình 4.7: E_{dh} của BTXM tuổi 28 ngày

Kết quả thực nghiệm cho thấy, khi sử dụng phụ gia siêu dẻo kết hợp hàm lượng TB thay thế xi măng là 10% và 20%

thì ở tuổi 28 ngày E_{dh} của BTXM cao hơn so với khi không sử dụng TB lần lượt là 6,0% và 4,2%. Tuy nhiên, khi hàm lượng TB chiếm 30% thì E_{dh} giảm 3,4% so với khi không sử dụng TB.

4.2. Phân tích kết quả nghiên cứu và thảo luận

Bảng 4.1. Quan hệ R_n, R_u ở các ngày tuổi

Chỉ tiêu	Tổ hợp BTXM			
	M36.00	M36.10	M36.20	M36.30
R_n^7/R_n^{28} (%)	76,0	73,5	66,8	64,5
R_n^{56}/R_n^{28} (%)	106,3	111,3	113,0	116,2
R_u^7/R_u^{28} (%)	74,3	72,1	67,1	64,1
R_u^{56}/R_u^{28} (%)	101,0	104,9	106,4	107,0

- Giai đoạn đầu các hạt TB chưa xảy ra quá trình thủy hóa, với cát hạt TB tròn và mịn hơn hạt xi măng nên nếu cùng lượng nước như nhau thì BTXM TB có độ sụt lớn hơn so với BTXM chỉ sử dụng xi măng [1, 3]. Do các cấp phối bê tông lượng nước là như nhau nên tổ hợp nào có hàm lượng TB càng lớn đã làm tăng độ sụt cho BTXM.

- Với BTXM nhiều TB, chỉ một phần TB tham gia phản ứng, còn lại phần lớn không phản ứng, ngay cả sau thời gian dài hỗn hợp được bảo dưỡng [11]. TB kích hoạt phản ứng pozơlan tạo ra gel C-S-H cũng như C(A)-S-H giúp cải thiện cường độ chịu kéo uốn đáng kể, chuỗi Gel C-S-H được hình thành nhiều hơn cũng như tạo ra mạch dài hơn so với đá xi măng thông thường [11]. Nhờ phản ứng pozơlan tiếp tục diễn ra ở tuổi muộn, các sản phẩm thủy hoá của xi măng phản ứng với các thành phần khoáng của TB đã làm cho cường độ ở tuổi muộn của BTXM được cải thiện [1]. Nếu hàm lượng TB hợp lý thì một phần tham gia phản ứng pozơlan, một phần sẽ đóng vai trò là vi cốt liệu chèn lấp vào lỗ rỗng giữa các hạt cốt liệu lớn hơn, tăng độ đặc cấu trúc làm cho cường độ, mô-đun đàn hồi khi nén tĩnh của BTXM được cải thiện. Tuy nhiên, khi hàm lượng TB nhiều quá thì làm dư thừa vật liệu chèn vào lỗ rỗng (thừa hạt mịn), trong khi các tổ hợp cấp phối lượng xi măng là như nhau nên cường độ BTXM giảm.

- Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng khi kết hợp 10 - 30% TB thay thế XM kết hợp với phụ gia siêu dẻo mặc dù tổng lượng chất kết dính sử dụng < 400 kg/m^3 nhưng cường độ kéo uốn của BTXM đáp ứng được yêu cầu cần thiết trong xây dựng mặt đường ô tô (Ru ≥ 4,5 - 5,0 MPa [12]).

5. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu, một số kết luận được rút ra như sau:

- TB ở Nhà máy Nhiệt điện số 3 (tro màu vàng) Duyên hải, Trà Vinh phù hợp với TB loại F theo các quy định hiện hành ở trong và ngoài nước.

- Khi sử dụng hàm lượng TB càng nhiều thì độ sụt càng tăng, cường độ BTXM ở tuổi sớm (7 ngày) phát triển chậm nhưng ở tuổi muộn (56 ngày) phát triển nhanh khi hàm lượng TB càng nhiều. Hàm lượng TB thay thế xi măng 10% trong thành phần chất kết dính cho tính chất cơ học của BTXM là tốt nhất:

+) Ở tuổi 28 ngày thì R_n, R_u, E_{dh} của BTXM sử dụng 10% TB lớn hơn so với khi không sử dụng TB lần lượt là: 2,1%, 2,0%, 6,0%.

+) Ở tuổi 56 ngày thì R_n, R_u BTXM sử dụng 10% TB lớn hơn so với khi không sử dụng TB lần lượt là: 6,9%, 5,9%.

- Việc sử dụng TB kết hợp phụ gia siêu dẻo MG-8718 tiết kiệm đáng kể lượng xi măng và cho cường độ kéo uốn của BTXM đáp ứng được yêu cầu cần thiết trong xây dựng mặt đường ô tô.

Tài liệu tham khảo

[1]. N. Đ. Trọng, V. T. A Như (2019), *Ảnh hưởng của TB Nhà máy Nhiệt điện Duyên hải đến một số tính chất của BTXM làm mặt đường ô tô* , Tạp chí GTVT, 9, tr.92-95.

[2]. T. D. Quân, N. T. Sang, L. T. Trang, H. T. Văn (2021), *Một nghiên cứu thực nghiệm bê tông hàm lượng TB cao có cường độ cao làm mặt đường ô tô ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, 3, tr.105-109.

[3]. T. T. Hiếu (2017), *Nghiên cứu ứng dụng BTXM TB làm mặt đường ô tô ở Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học GTVT.

[4]. Concrete Society (1991), *The Use of Fly ash in Concrete*, Technical Report No.40, The Concrete Society, Wexham, Slough.

[5]. *https://tuoitre.vn/moi-nam-cac-nha-may-dien-than-thai-ra-16-trieu-tan-tro-xi-ton-kho-48-trieu-tan-20220413163625714.htm*.

[6]. Malhotra, V M and Mehta, P K. (January, 2008), *High performance, High-volume fly ash concrete for building sustainable and durable structure*, American Coal Ash Association, 3rd. ed..., Canada, *https://www.osti.gov/etdeweb/biblio/21149592*.

[7]. Federal Highway Administration (2003), *Fly Ash Facts for Highway Engineers*, American Coal Ash Association, FHWA-IF-03-019 report, *http://messerconstruction.com/Fly%20Ash%20Facts%20for%20Highway%20Engineers.pdf*.

[8]. Michael Thomas (2007), *Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete*, University of New Brunswick, USA, 5420, *https://scholar.google.com/scholar?q=Michael+Thomas%2C+Optimizing+the+Use+of+Fly+Ash+in+Concrete&hl=vi&as_sdt=2007&as_ylo=2007&as_yhi=2007*.

[9]. Tiêu chuẩn Việt Nam, *Phụ gia hoạt tính TB dùng cho bê tông, vữa xây và xi măng*, TCVN 10302-2014, Việt Nam.

[10]. *Quyết định về việc "Chỉ dẫn kỹ thuật chọn thành phần bê tông các loại"*, 778/1998/QĐ-BXD, Bộ Xây dựng, Hà Nội, Việt Nam, 04/9/1998.

[11]. M.H.Zhang & Canmet (1995), *Microstructure, crack propagation and mechanical properties of cement pastes containing high volumes of fly ashes*, Cement Concrete Research, 25 (6), 1165-1178, *https://10.1016/0008-8846(95)00109-p*.

[12]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (11/5/2022), *Thi công và nghiệm thu mặt đường BTXM trong xây dựng công trình giao thông*, TCCS40:2022/TCĐBVN, Tiêu chuẩn cơ sở, Việt Nam.

Ngày nhận bài: 05/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 18/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024

Phân tích tác dụng tăng cường của lưới cốt sợi thủy tinh trong mặt đường hỗn hợp nhằm hạn chế nứt phản ánh

■ **TS. TRẦN NAM HƯNG**
Học viện Kỹ thuật Quân sự
Email: tranhung@lqdtu.edu.vn

TÓM TẮT: Mặt đường hỗn hợp là một loại kết cấu mặt đường phát huy được ưu điểm của cả mặt đường cứng và mặt đường mềm. Tuy vậy, trên lớp mặt của mặt đường hỗn hợp thường xuất hiện vết nứt phản do sự co giãn của các tấm bê tông xi măng (BTXM) theo sự thay đổi của nhiệt độ môi trường và tải trọng bánh xe tác dụng lân cận cạnh tấm. Bài báo này trình bày biện pháp tăng cường lớp bê tông nhựa (BTN) trong mặt đường hỗn hợp bằng lưới cốt sợi thủy tinh. Tác dụng tăng cường của lưới được làm rõ bằng các phân tích trạng thái ứng suất của lớp BTN. Các tính toán được thực hiện thông qua mô phỏng số bằng phương pháp phần tử hữu hạn. Kết quả chỉ ra rằng, ứng suất trong lớp BTN lân cận khe nối giữa các tấm BTXM giảm đáng kể khi được tăng cường bằng lưới cốt sợi thủy tinh và có tác dụng ngăn ngừa sự xuất hiện của vết nứt từ đáy lớp BTN và phản ánh lên trên bề mặt đường.

TỪ KHÓA: Mặt đường hỗn hợp, nứt phản ánh, lưới sợi thủy tinh, phương pháp phần tử hữu hạn.

ABSTRACT: Composite pavement structure promotes the advantages of both rigid and flexible pavements. However, the surface layer of the composite pavement often has reflective cracks due to the expansion and contraction of cement concrete plates under changes in environmental temperature and due to vehicle loading in the vicinity of plate edges. This paper presents a method to strengthen the asphalt concrete layer in the composite pavement using glass grids. The reinforcing effect of the glass grid is clarified by analyzing the stress state of the asphalt concrete layer. The calculations were performed through numerical simulations using the finite element method. The results showed that the stress in the asphalt concrete layer in the vicinity of the joints between cement concrete plates strongly decreased as reinforced with the glass grid. This prevents the occurrence of cracks at the bottom of the asphalt layer and is reflected onto the pavement surface.

KEYWORDS: Composite pavement, reflective cracks, glass grid, finite element method.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mặt đường hỗn hợp là loại mặt đường dạng nửa cứng trong đó có lớp mặt trên bằng BTN và lớp mặt dưới bằng BTXM. Lớp BTXM có tác dụng cải thiện độ cứng, phân phối tải trọng xe chạy trên một phạm vi rộng xuống các lớp móng và nền, tăng sức chịu tải cho mặt đường. Lớp BTN được phủ ở trên cùng tạo ra sự bằng phẳng và có tác dụng tạo sự êm thuận cao cho mặt đường; công tác bảo trì mặt đường cũng thuận lợi đối với lớp mặt này. Mặt đường hỗn hợp đang có xu hướng được sử dụng ngày càng nhiều cho các đường cao tốc, các đường chịu nhiều tải trọng lớn. Tuy vậy, nhược điểm chính của mặt đường hỗn hợp là có thể xuất hiện vết nứt phản ánh. Vết nứt phản ánh có thể được hình thành do các nguyên nhân sau. Thứ nhất, các tấm BTXM bị biến dạng lớn tại khe nối khi có sự thay đổi nhiệt độ, đặc biệt là tấm bị co lại khi chuyển từ mùa nóng sang mùa lạnh làm phát sinh ứng suất kéo đáy lớp BTN có thể gây ra vết nứt và lan truyền lên trên bề mặt đường. Thứ hai, khi tải trọng tác dụng ở khu vực lân cận mép tấm BTXM gây ra chuyển vị không đều giữa hai tấm đồng thời cũng làm cho lớp BTN chịu uốn cục bộ tại đó, làm phát sinh ứng suất kéo lớn gây nứt đáy lớp BTN, vết nứt tiếp tục phát triển dần lên bề mặt đường [1, 2]. Như vậy, trong thiết kế mặt đường hỗn hợp, một nhiệm vụ quan trọng là phải đề xuất giải pháp kết cấu hợp lý để khắc phục được các vết nứt phản ánh.

Nứt phản ánh trong lớp mặt BTN mặt đường hỗn hợp có thể được hạn chế bằng nhiều giải pháp. Giải pháp sử dụng lưới sợi thủy tinh gia cường khả năng chịu kéo cho lớp BTN đã được ứng dụng thành công cho nhiều công trình trên thế giới. Biện pháp này có hiệu quả tốt song giá thành cao nếu sử dụng vật liệu tăng cường trên toàn bộ đáy lớp BTN [3].

Ở nước ta, việc sử dụng giải pháp lưới sợi thủy tinh gia cường cho lớp BTN mặt đường hỗn hợp vẫn chưa được quy định cụ thể trong các tiêu chuẩn. Các nghiên cứu, tính toán nhằm xác định chiều dài tăng cường hợp lý của lưới cũng còn bị bỏ ngỏ.

Nghiên cứu này đề xuất giải pháp sử dụng lưới cốt sợi thủy tinh để tăng cường lớp BTN mặt đường hỗn hợp và đánh giá hiệu quả của loại lưới sử dụng thông qua các tính toán số dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn. Nghiên cứu cũng đi tìm chiều dài tăng cường hợp lý của lớp lưới về hai bên khe nối giữa các tấm BTXM.

2. GIẢI PHÁP SỬ DỤNG LƯỚI SỢI THỦY TINH TĂNG CƯỜNG LỚP BTN MẶT ĐƯỜNG HỖN HỢP

2.1. Lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh trong tăng cường mặt đường

Lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh là vật liệu có độ bền rất cao. Nó được phủ một lớp polymer có khả năng tương thích với bitum nên liên kết dính bám tốt với lớp BTN. Hiện nay, lưới sợi thủy tinh được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp và đặc biệt là trong lĩnh vực GTVT [4, 5].

So với lưới địa kỹ thuật nhựa thép, lưới địa kỹ thuật sợi thủy tinh có khả năng chịu nhiệt tốt hơn. Hiện nay, các nhà sản xuất có thể cung cấp các loại lưới có mức ổn định nhiệt độ trên 210^{0}C, do đó có thể đáp ứng với nhiệt độ của BTN rải nóng. Bên cạnh đó, lưới địa kỹ thuật sợi thủy tinh được tạo thành từ các chất trơ hóa nên lưới sợi thủy tinh ít bị lão hóa. Nhờ khối lượng thể tích nhẹ nên nó được vận chuyển và thi công một cách dễ dàng.

Ở Việt Nam, lưới địa kỹ thuật nói chung và lưới sợi thủy tinh đã được dùng cho nhiều dự án khác nhau, từ những dự án xây dựng mới đến các dự án nâng cấp, cải tạo nhằm hạn chế các hư hỏng nứt mỏi, hằn lún vệt bánh xe, nứt do lún lệch.

Sử dụng lưới cốt sợi thủy tinh đặt tại đáy lớp gia cường cho đáy lớp BTN trong mặt đường hỗn hợp là một giải pháp khả dĩ. Khi lưới sợi thủy tinh được đặt giữa lớp BTN và lớp BTXM, nó sẽ trở thành lớp tăng cường khả năng chịu lực cho lớp BTN, chịu được ứng suất kéo một cách hiệu quả. Để có thể sử dụng đại trà, cần có các nghiên cứu sâu về sự làm việc của lưới cũng như thử nghiệm hiện trường để đánh giá hiệu quả của nó.

2.2. Đề xuất trình tự thi công lưới sợi thủy tinh tăng cường lớp BTN trong mặt đường hỗn hợp

Từ đặc điểm làm việc của lưới sợi thủy tinh và của mặt đường hỗn hợp, tác giả sơ bộ đề xuất giải pháp thiết kế tăng cường lớp BTN bằng lưới sợi thủy tinh như sau:

- Mặt đường BTXM được vệ sinh sạch sẽ và khô ráo;
- Tưới nhựa dính bám (sử dụng nhũ tương polymer phân tách nhanh) với định lượng 0,7 l/m^2 mặt đường nhằm phát huy tối đa lực dính bám giữa BTN và BTXM và giữa BTN với lưới [6];
- Rải lưới theo chiều ngang đường, sao cho khe co, giãn nằm chính giữa dải lưới. Do khối lượng lưới rải không lớn và vì chiều ngang đường nhỏ nên khó bố trí máy móc nên có thể thi công bằng thủ công;
- Sau cùng, rải lớp BTN nóng theo bề dày yêu cầu và đầm nén lớp BTN theo tiêu chuẩn hiện hành.

3. MÔ HÌNH HÓA SỰ LÀM VIỆC CỦA MẶT ĐƯỜNG HỖN HỢP ĐƯỢC TĂNG CƯỜNG BẰNG LƯỚI SỢI THỦY TINH

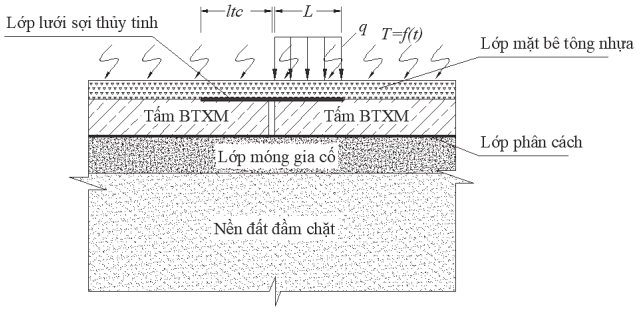
3.1. Lựa chọn kết cấu

Nghiên cứu một kết cấu mặt đường hỗn hợp điển hình với các tham số cho trong *Bảng 3.1*. Tải trọng của một cụm bánh đôi P = 5 T phân bố trên vệt bánh xe hình chữ nhật với kích thước L×B = (0,34×0,27)m, và với cường độ q = 0,6 MPa [7]; hệ số xung kích bằng 1,2. Tải trọng bánh xe được xét đến trong điều kiện bất lợi nhất khi đặt tại vị trí cạnh tấm BTXM *(Hình 3.1)* [1]. Tấm BTXM có kích thước l×b×h = (4,5×3,5×0,22)m và có biên tự do.

Hai loại lưới sợi thủy tinh được chọn để khảo sát. Loại thứ nhất là GG50, có độ cứng dọc trục EA = 2.200 kN/m tương ứng với mức biến dạng 1%, cường độ kéo đứt là 55 kN/m ở mức biến dạng 2,5%, được ký hiệu là "*lưới 1*". Loại thứ hai là GG100, có độ cứng dọc trục EA = 4.600 kN/m tương ứng với mức biến dạng 1%, cường độ kéo đứt là 115 kN/m ở mức biến dạng 2,5%, được ký hiệu là "*lưới 2*" [8].

Bảng 3.1. Các tham số tính toán của nền mặt đường [9, 10]

Lớp kết cấu	Chiều dày (cm)	Mô-đun đàn hồi E (MPa)	Hệ số Poisson v	Hệ số giãn nở nhiệt α (1/^{0}C)
Lớp BTN	7	2.000	0,15	-
Tấm BTXM	22	31.000	0,15	10^{-5}
Móng cấp phối đá dăm gia cố XM 3%	18	600	0,25	-
Nền đất đầm chặt		42	0,3	-



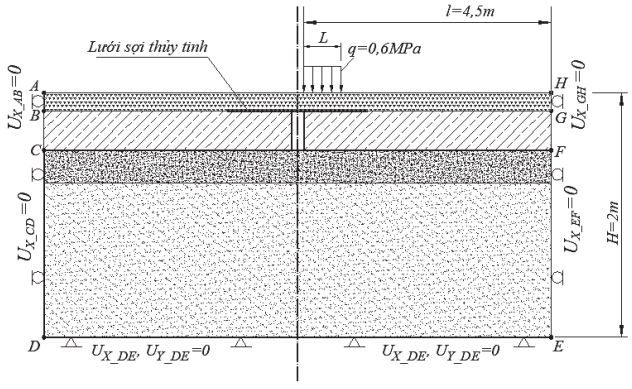
Hình 3.1: Mô hình kết cấu mặt đường hỗn hợp sử dụng lưới sợi thủy tinh tăng cường

Để xác định nhiệt độ cao nhất vào mùa nóng và thấp nhất vào mùa lạnh của tấm BTXM, các phân tích nhiệt kết cấu mặt đường được thực hiện. Nhiệt độ bề mặt đường khu vực Hà Nội được xác định theo các dữ liệu về nhiệt độ không khí và bức xạ mặt trời được cung cấp miễn phí bởi Cục Quản lý Đường bộ Hoa Kỳ [11]. Ở đây, tác giả không trình bày các thủ tục phân tích nhiệt cho kết cấu nền mặt đường, người đọc có thể xem chi tiết trong [10]. Kết quả của các phân tích nhiệt cho thấy, nhiệt độ cao nhất của tấm BTXM vào mùa nóng là 44^{0}C trong khi nhiệt độ thấp nhất của nó vào mùa lạnh là 9^{0}C. Như vậy, sự giảm nhiệt độ trong tấm khi chuyển từ mùa nóng sang mùa lạnh là rất lớn, 35^{0}C và làm cho các tấm BTXM bị co lại.

Trong nghiên cứu này, hai tổ hợp tải trọng được xem xét. Thứ nhất, kết cấu chỉ chịu tác dụng của thay đổi nhiệt độ; thứ hai, kết chịu tác dụng đồng thời cả thay đổi nhiệt độ và tải trọng bánh xe.

3.2. Mô hình tính toán

Để đơn giản hóa, một mô hình biến dạng phẳng được sử dụng trong mô phỏng số. Trên thực tế, mô hình biến dạng phẳng chỉ phù hợp với tải trọng nhiệt độ, còn đối với tải trọng bánh xe thì mô hình này thiên về điều kiện mặt đường chịu lực bất lợi khi coi tải trọng bánh xe là dạng băng theo chiều rộng tấm. Mô hình hình học và các điều kiện biên của bài toán được minh họa như trên *Hình 3.2*. Cụ thể là, tại hai cạnh bên chuyển vị theo phương ngang bằng 0, ngoại trừ mặt hai bên tự do của các tấm BTXM. Tại cạnh dưới của mô hình, chuyển vị theo hai phương ngang và đứng bằng không do quan niệm rằng ảnh hưởng của tải trọng đến chiều sâu 2 m không còn nữa.



Hình 3.2: Mô hình hình học và điều kiện biên của bài toán

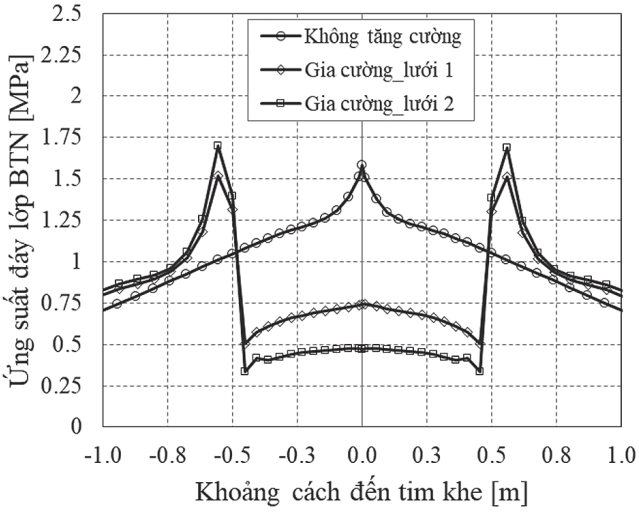
Đối với các lớp kết cấu, phần tử hình chữ nhật bậc hai 8 điểm nút được lựa chọn. Lớp lưới địa kỹ thuật sợi thủy tinh được mô hình bằng phần tử cấu trúc (structural element), là phần tử có khả năng chịu kéo nhưng không chịu uốn [12]. Lớp phân cách giữa tấm BTXM và lớp móng được mô hình hóa bằng phần tử tiếp xúc Goodman có độ mở bằng 0 [13]. Mô phỏng số được thực hiện trên phần mềm mã nguồn mở Aster [14].

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

4.1. Ứng suất trong lớp BTN do sự thay đổi nhiệt độ

Hình 4.1 thể hiện ứng suất đáy lớp BTN lân cận khe giãn trong trường hợp không có tăng cường và có tăng cường. Lưu ý rằng, ở đây chiều dài tăng cường về mỗi bên khe được chọn là 0,5 m tương ứng với chiều rộng cuộn lưới sợi thủy tinh bằng 1 m, là chiều rộng cuộn nhỏ nhất hiện cung cấp trên thị trường.

Có thể thấy rằng, khi không có tăng cường, ứng suất kéo đáy lớp BTN lớn nhất xuất hiện ở giữa khe giãn và đạt đến xấp xỉ 1,6 MPa. Giá trị này vượt quá khả năng kháng kéo của một số loại BTN thông thường, ví dụ BTN 4,75 mm hoặc BTN chặt có hàm lượng đá dăm ≥ 20% [15]. Khi có lưới sợi thủy tinh tăng cường, ứng suất kéo tại khe giãn giảm đáng kể, lần lượt xuống còn xấp xỉ 0,75 MPa và 0,5 MPa tương ứng với lưới 1 và lưới 2. Tuy nhiên, giá trị ứng suất kéo của BTN tại lân cận mép lưới lại tăng lên lần lượt xấp xỉ bằng 1,5 MPa và 1,7 MPa. Hiện tượng này cho thấy rằng, để giảm ứng suất kéo toàn bộ đáy lớp BTN cần phải tăng cường trên toàn bộ mặt đáy lớp.

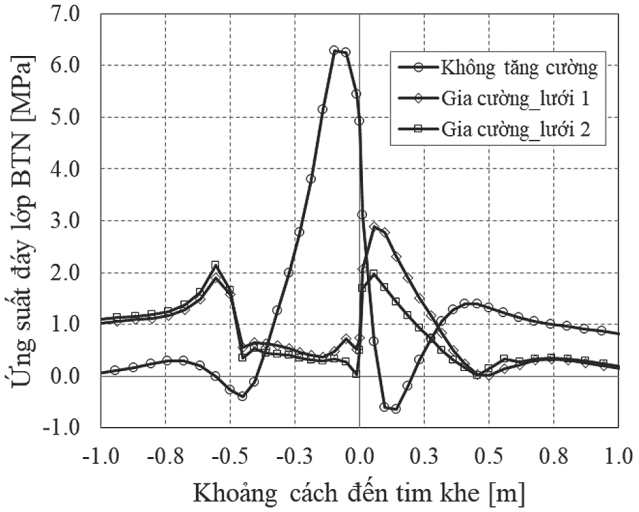


Hình 4.1: Ứng suất đáy lớp BTN do sự co ngắn của các tấm BTXM

4.2. Ứng suất trong lớp BTN do sự thay đổi nhiệt độ và tải trọng bánh xe

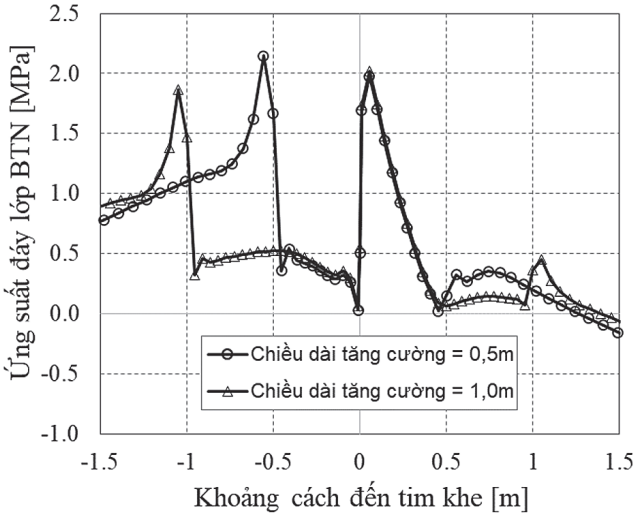
Hình 4.2 thể hiện ứng suất đáy lớp BTN khi chịu đồng thời của tải trọng bánh xe và sự thay đổi nhiệt độ. Quan sát thấy rằng, khi lớp BTN không có gia cường ứng suất kéo rất lớn xuất hiện gần khe giãn với giá trị bằng 6,3 MPa. Ứng suất kéo này vượt quá giới hạn chịu kéo của bất kỳ loại BTN thông thường nào, do vậy gây nứt lớp BTN. Trong khi đó, khi có gia cường lưới 1, ứng suất kéo lớn nhất giảm xuống còn xấp xỉ 3 MPa, giá trị này vẫn còn khá lớn; khi gia cường bằng lưới 2, ứng suất kéo lớn nhất giảm xuống còn 2,15 MPa. Với loại BTN chặt hàm lượng đá dăm ≥ 50% [15] (sức chịu kéo khoảng 2,2 - 2,8 MPa) thì ứng suất trên không gây nứt BTN.

So sánh với trường hợp chỉ có tác dụng của thay đổi nhiệt độ như trình bày ở phần trên, ta thấy ứng suất kéo đáy lớp BTN chủ yếu đến từ tải trọng bánh xe, chiếm khoảng 75%.



Hình 4.2: Ứng suất đáy lớp BTN do sự thay đổi nhiệt độ và tải trọng bánh xe

Để đánh giá ảnh hưởng của chiều dài tăng cường đến ứng suất đáy lớp BTN, khảo sát thêm trường hợp chiều dài tăng cường về mỗi bên của khe bằng 1,0 m và với lưới 2. *Hình 4.3* trình bày ứng suất đáy lớp cho hai chiều dài tăng cường 0,5 m và 1,0 m. Quan sát thấy rằng, khi chiều dài tăng cường tăng lên từ 0,5 m đến 1,0 m, giá trị ứng suất lớn nhất đáy lớp BTN giảm không đáng kể, từ 2,15 MPa xuống còn xấp xỉ 2,0 MPa. Điều này gợi ý rằng, chỉ cần gia cường về mỗi bên khe với chiều dài tối thiểu bằng một nửa chiều rộng cuộn lưới sợi thủy tinh nhỏ nhất, bằng 1 m.



Hình 4.3: Ứng suất đáy lớp BTN theo các chiều dài gia cường khác nhau

5. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu, một số nhận xét ban đầu có thể được rút ra là:

- Sự thay đổi nhiệt độ môi trường theo mùa và tải trọng bánh xe đặt sát mép tấm BTXM có thể gây ra vết nứt phản ánh cho lớp BTN của mặt đường hỗn hợp. Tải trọng bánh xe gây ra phần lớn ứng suất kéo của lớp BTN ở cạnh tấm.

- Có thể dùng lưới sợi thủy tinh để tăng cường lớp BTN mặt đường hỗn hợp ở khu vực khe nối các tấm BTXM nhằm ngăn ngừa vết nứt phản ánh. Sử dụng loại lưới có độ cứng dọc trục trung bình trở lên, EA≥ 2.200 kN/m, để gia cường lớp BTN.

- Chiều dài tăng cường về mỗi bên khe nối tấm BTXM có thể chọn bằng 0,5 m, tức là bằng một nửa chiều rộng của cuộn lưới sợi thủy tinh có chiều rộng nhỏ nhất được cung cấp trên thị trường.

- Nghiên cứu này bị giới hạn với điều kiện biên cạnh tấm BTXM tự do. Trường hợp điều kiện biên tấm là thép truyền lực kết hợp với quan trắc thực tế sẽ là một nghiên cứu mở rộng trong tương lai.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Học viện Kỹ thuật Quân sự trong Đề tài mã số 23.1.80.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Quang Phúc, Phạm Thanh Hà, Trần Nam Hưng (2/2011), *Nghiên cứu nứt phản ánh trong kết cấu mặt đường hỗn hợp*, Tạp chí GTVT.

[2]. Phạm Huy Khang, Trần Thị Thúy (2017), *Một số vấn đề cần chú ý khi sử dụng móng cứng và nửa cứng trong kết cấu mặt đường ô tô và sân bay ở Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số 6.

[3]. Trần Thị Thúy (2017), *Nghiên cứu sử dụng lưới địa kỹ thuật cốt sợi thủy tinh trong việc hạn chế nứt phản ánh trong kết cấu mặt đường hỗn hợp trong điều kiện Việt Nam*, Tạp chí Cầu đường, số 11.

[4]. Nguyễn Văn Hùng, Nguyễn Văn Long (2019), *Đánh giá khả năng sử dụng lưới địa kỹ thuật để gia cường mặt đường BTN trong điều kiện Việt Nam*, Tạp chí GTVT, số12.

[5]. Mai-Lan Nguyen, Juliette Blanc, Jean-Pierre Kerzrého and Pierre Hornych (2013), *Review of glass fibre grid use for pavement reinforcement and APT experiments at IFSTTAR*, Road Materials and Pavement Design, vol.14, no.S1.

[6]. Nguyễn Ngọc Lân, Phạm Thị Thanh Thủy (2018), *Thực nghiệm đánh giá dính bám giữa lớp bê tông asphalt với lớp BTXM*, Tạp chí GTVT, số 7.

[7]. Huang Y. H. (2004), *Pavement Analysis and Design*, Pearson Education, Inc.

[8]. *https://eu.adfors.com/download-center?f%5B0%5D=language%3Aen*.

[9]. Trần Nam Hưng (2024), *Mô hình ứng xử nhiệt-cơ của mặt đường cứng nhiều lớp dưới tác động đồng thời của nhiệt độ và tải trọng bánh xe*, Tạp chí GTVT, số 4.

[10]. Tran Nam Hung, Pham Duc Tiep (2023), *Predicting temperature distribution in Hanoi region's asphalt pavement through numerical simulation*, Journal of Science and Technique, vol.06, no.1.

[11]. *https://infopave.fhwa.dot.gov/Data/ClimateTool?mode=country*.

[12]. N. S. Correia, Ph.D.1; E. R. Esquivel, Ph.D.2; and J. G. Zornberg (2018), *Finite-Element Evaluations of Geogrid-Reinforced Asphalt Overlays over Flexible Pavements*, Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements, 144(2): 04018020.

[13]. Phạm Đức Thọ, Trần Nam Hưng (2023), *Sử dụng phần tử hữu hạn tiếp xúc mô phỏng sự làm việc của lớp cách ly mặt đường BTXM*, Tạp chí Khoa học GTVT, tập 74, số 2.

[14]. Trần Văn Xuân, Lê Thị Thùy Trang (2012), *Code Aster - Phần mềm tính toán phần tử hữu hạn*, Năng lượng hạt nhân, số 01, tuyển tập 02.

[15]. Tổng cục Đường bộ Việt Nam (2022), *Áo đường mềm - Các yêu cầu và chỉ dẫn thiết kế*, TCCS 38: 2022/TCĐBVN.

Ngày nhận bài: 01/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 18/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024

Xây dựng mô hình CatBoost để dự báo độ ổn định Marshall cho hỗn hợp bê tông nhựa chặt

■ **TS. MAI THỊ HẢI VÂN(*); KS. NGUYỄN VĂN NGỌC**
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: (*)vanmth@utt.edu.vn

TÓM TẮT: Bê tông nhựa (BTN) là hỗn hợp vật liệu có vai trò rất quan trọng trong xây dựng đường ô tô. Để đảm bảo được chất lượng của mặt đường BTN cần phải xác định được các đặc tính cơ học của vật liệu này. Trong đó, độ ổn định Marshall (MS) là một chỉ tiêu quan trọng. Phương pháp thường được sử dụng để xác định độ ổn định Marshall hiện nay là phương pháp thí nghiệm. Khi kết quả thí nghiệm không đạt yêu cầu hay có bất kỳ sự thay đổi nào trong thành phần hỗn hợp BTN như hàm lượng nhựa, loại nhựa, cấp phối cốt liệu... đều phải tiến hành lại thí nghiệm, gây tốn kém thời gian và chi phí. Vì vậy, nghiên cứu này đã xây dựng, so sánh 3 mô hình máy học XGB, CAT và KNN để lựa chọn một mô hình tối ưu làm công cụ dự báo MS. Kết quả so sánh đã đề xuất được một mô hình có khả năng dự báo độ ổn định một cách nhanh chóng, hiệu quả. Đồng thời, nghiên cứu cũng đưa ra được một hướng dẫn sử dụng mô hình đề xuất. Điều này giúp người sử dụng có thể dễ dàng, nhanh chóng dự báo chính xác được MS của BTN khi có sự thay đổi giá trị của các tham số đầu vào, tiết kiệm thời gian và chi phí.

TỪ KHÓA: Mô hình máy học, độ ổn định Marshall, bê tông nhựa, mô hình CatBoost.

ABSTRACT: Asphalt concrete is a commonly used material in road construction. It is essential to ascertain the material's properties in order to guarantee the quality of asphalt pavement. A significant criterion among these is Marshall stability (MS). Presently, experimental methods are frequently employed to ascertain MS. The test must be re-performed, which is time-consuming and costly, whenever the test results fail to meet the specifications or the asphalt mixture's composition changes (e.g., bitumen content, bitumen type, aggregate gradation). In order to determine the most effective model for predicting the MS of asphalt concrete, this research developed and compared three machine learning models: XGB, CAT and KNN. The comparison results propose a model that can predict MS efficiently and promptly. In addition, a manual for implementing the model is also furnished by the research. This saves time and money by enabling users to approximate the MS with greater precision and ease in response to changes in the values of input parameters.

KEYWORDS: Machine learning, Marshall stability, asphalt concrete, CatBoost model.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

BTN là vật liệu được sử dụng phổ biến trong xây dựng mặt đường ô tô do có nhiều ưu điểm như chịu lực tốt, mặt đường bằng phẳng, thi công nhanh và giá thành hợp lý. Các đặc tính cơ học của vật liệu không phù hợp gây ra nhiều nguy cơ hư hỏng như: khi nhiệt độ cao, mặt đường BTN bị hằn lún hoặc ngược lại; khi nhiệt độ thấp, BTN giòn, khả năng chống mỏi kém, mặt đường dễ bị bong tróc, nứt. Các nguy cơ hư hỏng trên làm giảm chất lượng khai thác, gây mất an toàn cho người tham gia giao thông và làm giảm tuổi thọ sử dụng của mặt đường BTN. Vì vậy, việc xác định (dự báo) được các đặc tính cơ học của BTN theo thành phần của chúng trong quá trình thiết kế hỗn hợp là rất quan trọng.

Các đặc tính cơ học của hỗn hợp BTN như MS, độ dẻo Marshall là những chỉ tiêu quan trọng dùng trong thiết kế và đánh giá khả năng chịu lực của hỗn hợp BTN. Phương pháp thông thường được sử dụng để xác định MS là phương pháp thí nghiệm [1]. Phương pháp này đòi hỏi nhiều thời gian, công sức và tay nghề của thí nghiệm viên. Khi kết quả thí nghiệm không đạt yêu cầu hay có bất kỳ sự thay đổi nào trong thành phần hỗn hợp BTN như hàm lượng nhựa, loại nhựa, cấp phối cốt liệu... đều phải tiến hành lại thí nghiệm, gây tốn kém thời gian và chi phí. Do đó, một phương pháp tiếp cận mới nhằm khắc phục các hạn chế trên cần được nghiên cứu.

Trong những thập kỷ gần đây, phương pháp tiếp cận trí tuệ nhân tạo (AI) dựa trên cơ sở các thuật toán học máy đã được sử dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực [2, 3]. Phương pháp máy học có ưu điểm là dễ thực hiện, nhanh chóng, hiệu quả, tận dụng được các nguồn dữ liệu thí nghiệm đã có sẵn và đặc biệt giải quyết được các bài toán phức tạp, có nhiều biến đầu vào mà mối quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra không được mô tả rõ ràng bằng các phương trình toán học.

Điều này rất phù hợp với các bài toán trong lĩnh vực kỹ thuật vật liệu. Cụ thể, đối với việc dự báo độ ổn định Marshall của BTN đã có một số nghiên cứu như Ozgan [3] hay Baldo và các cộng sự [4] sử dụng mô hình ANN, Gul và các cộng sự sử dụng các mô hình Artificial Neural Network (ANN), Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)... Do đó, việc nghiên cứu ứng dụng các mô hình máy học để dự báo MS của BTN sử dụng trong xây dựng đường ô tô có tính khả thi.

Để xây dựng được một mô hình máy học tối ưu nhằm dự báo MS, nghiên cứu này đã phát triển 3 mô hình máy học XGB, CAT và KNN dựa trên bộ dữ liệu thu thập. Hiệu suất dự báo của 3 mô hình này được so sánh, lựa chọn sau 15 mô phỏng. Trong đó, mỗi lần mô phỏng sẽ sử dụng một bộ dữ liệu xáo trộn ngẫu nhiên khác nhau để đảm bảo sự khách quan. Kết quả là, mô hình CAT được lựa chọn là mô hình có năng lực dự báo tốt nhất, được đề xuất là mô hình để dự báo MS. Điểm mới của nghiên cứu là đã đưa ra được hướng dẫn sử dụng mô hình CAT thông qua biểu đồ GUI, điều này giúp người sử dụng có thể dễ dàng, nhanh chóng dự báo chính xác được MS khi thay có sự đổi giá trị của các tham số đầu vào.

2. CƠ SỞ DỮ LIỆU

Nghiên cứu sử dụng bộ dữ liệu gồm 90 dữ liệu được thu thập từ các công trình nghiên cứu đã xuất bản trên các tạp chí quốc tế [4]. Loại BTN được xem xét trong nghiên cứu là BTN nhựa chặt, các mẫu BTN được thu thập từ 3 dự án quốc tế khác nhau, có hàm lượng nhựa và cấp phối cốt liệu khác nhau. Nhựa đường sử dụng gồm 2 loại khác nhau là nhựa đường thông thường và nhựa đường biến tính. BTN được sản xuất cả trong phòng thí nghiệm vật liệu làm đường và trong nhà máy sản xuất BTN. Điều này thể hiện tính đa dạng của bộ dữ liệu thu thập. Tính đa dạng này được thể hiện thông qua 9 tham số đầu vào (X_1 ¸ X_9). Phân tích thống kê chi tiết về các tham số này được trình bày trong *Bảng 2.1*. Tham số đầu ra chính là yếu tố cần dự báo, đó là độ ổn định Marshall của BTN (ký hiệu MS).

Bảng 2.1. Phân tích thống kê tham số đầu vào và đầu ra

Tên biến	Độ kim lún	Điểm hóa mềm	Lượng cốt liệu lọt sàng 2,36 mm	Lượng cốt liệu lọt sàng 4,75 mm	Lượng cốt liệu lọt sàng 9,5 mm	Hàm lượng nhựa	Độ rỗng dư	Độ rỗng cốt liệu	Độ rỗng lấp đầy nhựa	Độ ổn định Marshall
Ký hiệu	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	MS
Đơn vị	0,1 mm	0 °C	%	%	%	%	%	%	%	kN
Số lượng mẫu	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Trung bình	51,33	67,73	33,13	47,86	70,13	4,75	5,49	16,00	66,57	12,41
Độ lệch chuẩn	9,01	15,74	2,77	5,56	3,18	0,50	2,29	2,25	11,96	1,91
Nhỏ nhất	45	45,6	27,85	39,93	61,58	3,8	0,4	12,1	48	7,8
25%	45	45,6	32,03	44,41	68,64	4,4225	3,8	14,325	57,4	11,2
50%	45	78,8	33,22	46,27	69,66	4,81	5,5	15,45	65,35	12,5
75%	64	78,8	33,22	46,27	69,66	5	7,425	17,975	73,775	13,975
Lớn nhất	64	78,8	39,26	64,93	79,87	5,8	9,7	20,4	97,4	16,5

3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

3.1. Mô hình tăng cường độ dốc cực đại (Extreme Gradient Boosting - XGB)

XGB cải thiện thuật toán tăng cường độ dốc về mặt tốc độ và quy mô. Nó sử dụng nhiều cây tăng cường cùng lúc để quá trình học có thể diễn ra song song ở giai đoạn đào tạo. Đây là một thuật toán tăng cường có thể xử lý các tập dữ liệu mở rộng, bộ dữ liệu lớn. Các tính năng chính của XGB là xử lý song song, tối ưu hóa bộ nhớ đệm và xử lý ngoài.

3.2. Mô hình CatBoost (CAT)

CAT là thuật toán máy học phân loại dựa trên cây quyết định. Mô hình CAT xây dựng liên tiếp một họ các cây quyết định và cây sau sửa lỗi của cây trước bằng cách sử dụng kỹ thuật tăng tốc Gradient và đánh giá mức độ ưu tiên của các thuộc tính. Ưu điểm của mô hình CAT là nhanh, chính xác, giảm mức độ quá khớp (overfitting), giúp tiết kiệm thời gian, cải thiện kết quả đào tạo và rất dễ sử dụng, có khả năng xử lý bài toán có dữ liệu rời rạc hoặc có giá trị bị thiếu.

3.3. Mô hình láng giềng gần (K-Nearest Neighbors - KNN)

KNN là mô hình máy học có giám sát thuộc loại đơn giản nhất. KNN tìm đầu ra của một điểm dữ liệu mới bằng cách chỉ dựa vào thông tin của K điểm dữ liệu trong tập huấn luyện gần nhất với nó (K - hàng xóm), bất kể một số dữ liệu gần nhất này bị nhiễu. Nguyên tắc tính toán là đầu ra của một điểm dữ liệu bằng đầu ra của chính điểm dữ liệu đã biết gần nhất, hoặc giá trị trung bình có trọng số của các đầu ra của các điểm gần nhất, hoặc bằng mối quan hệ dựa trên khoảng cách đến các điểm gần nhất.

3.4. Đánh giá khả năng dự báo chính xác của mô hình máy học

Trong nghiên cứu này, 3 đại lượng thống kê là hệ số xác định (R^2), sai số tuyệt đối trung bình (MAE) và sai số bình phương trung bình (RMSE) được sử dụng để đánh giá khả năng dự báo của mô hình máy học. Mô hình có giá trị R^2 càng lớn (0£R^2£ 1), sai số MAE, RMSE càng nhỏ thì có khả năng dự báo càng chính xác và ngược lại. Công thức xác định như sau:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{k}\left(d_{TN,i} - d_{DB,i}\right)^2}{\sum_{i=1}^{k}\left(d_{TN,i} - \bar{d}_{TN}\right)^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\left(d_{TN,i} - d_{DB,i}\right)^2} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k}\left(d_{TN,i} - d_{DB,i}\right) \quad (3)$$

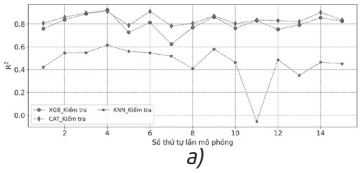
Trong đó: $d_{TN,i}$, $d_{DB,i}$ - Độ ổn định thí nghiệm, độ ổn định do mô hình dự báo của mẫu thứ i; $\bar{d}_{TN}$ - Độ ổn định thí nghiệm trung bình; k - Số lượng mẫu.

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ THẢO LUẬN

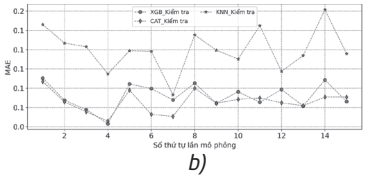
4.1. Xây dựng, so sánh và lựa chọn mô hình máy học tối ưu

Trong phần này, 3 mô hình máy học XGB, CAT, KNN được nghiên cứu và so sánh khả năng dự báo chọn ra mô hình máy học hiệu quả nhất khi dự báo MS của BTN. Để làm được như vậy, toàn bộ dữ liệu được chia ngẫu nhiên thành 2 phần: Phần dữ liệu đào tạo chiếm 20% (18 dữ liệu) và phần dữ liệu kiểm tra chiếm 80% (72 dữ liệu). Đầu tiên, phần dữ liệu đào tạo được sử dụng để kiểm tra và xác thực chéo mô hình. Sau khi đào tạo và xác thực, các mô hình sẽ được kiểm tra nhờ vào phần dữ liệu kiểm tra. Trong suốt quá trình đào tạo và xác thực, các mô hình không được biết đến phần dữ liệu kiểm tra. Do đó, kết quả đánh giá hiệu suất dự báo của các mô hình ở giai đoạn kiểm tra mang tính khách quan và có tầm quan trọng hơn so với sự đánh giá ở hai giai đoạn đào tạo và xác thực. Vì vậy, nghiên cứu sẽ dựa vào kết quả so sánh, đánh giá mô hình ở giai đoạn kiểm tra để lựa chọn ra mô hình hiệu quả nhất khi dự báo MS.

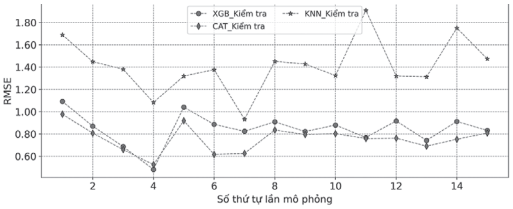
Hình 4.1 mô tả kết quả dự báo của 3 mô hình XGB, CAT, KNN sau 15 lần mô phỏng. Trong đó, mỗi lần mô phỏng sẽ sử dụng một bộ dữ liệu xáo trộn ngẫu nhiên khác nhau để đảm bảo sự khách quan. Hiệu suất dự báo của các mô hình được đánh giá thông qua 3 chỉ tiêu R^2 *(Hình 4.1a)*, MAE *(Hình 4.1b)* và RMSE *(Hình 4.1c)*. Kết quả đánh giá theo cả 3 tiêu chí tiêu đều cho thấy mô hình CAT có hiệu suất dự báo tốt nhất và ổn định nhất, tiếp theo đến mô hình XGB và hiệu suất dự báo kém nhất là mô hình KNN. Điều này thể hiện ở giá trị $R^2_{trung\ bình}$ của mô hình CAT, XGB, KNN ở giai đoạn kiểm tra lần lượt là 0,84, 0,79 và 0,54 và độ lệch chuẩn lần lượt là 0,04, 0,07, 0,11 *(Bảng 4.1)*. Tiếp theo, so sánh kết quả của 15 lần mô phỏng cho thấy mô hình CAT ở lần mô phỏng thứ 6 (ký hiệu là MC6) có năng dự báo tốt nhất, các sai số MAE, RMSE tương đối nhỏ so với các lần mô phỏng còn lại (R^2_{max} = 0,91). Đồng thời, kết quả này cũng cho thấy mô hình CAT đề xuất có khả năng dự báo MS chính xác. Do đó, đề xuất lựa chọn mô hình CAT để dự báo MS của BTN.



a)



b)



c)

Hình 4.1: So sánh kết quả dự báo của các mô hình XGB, CAT, KNN ở giai đoạn kiểm tra

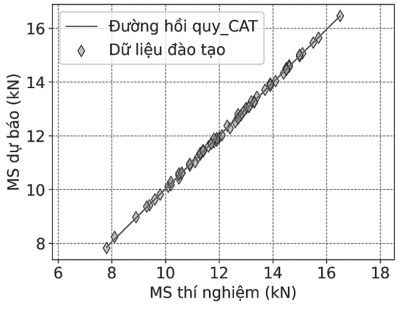
Bảng 4.1. Kết quả dự báo của các mô hình XGB, CAT và KNN sau 15 lần mô phỏng ở giai đoạn kiểm tra

Mô hình	Giá trị	RMSE	MAE	R^2
XGB	Trung bình	0,0973	0,0718	0,7996
	Độ lệch chuẩn	0,0159	0,0126	0,0717
	Min	0,0556	0,0431	0,6198
	Max	0,1255	0,0904	0,9231
CAT	Trung bình	0,0861	0,0658	0,8452
	Độ lệch chuẩn	0,0129	0,0109	0,0442
	Min	0,0603	0,0460	0,7815
	Max	0,1122	0,0868	0,9097
KNN	Trung bình	0,1500	0,1199	0,5420
	Độ lệch chuẩn	0,0245	0,0213	0,1147
	Min	0,0945	0,0732	0,2268
	Max	0,1899	0,1614	0,6765

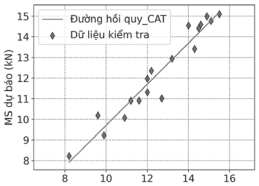
4.2. Kết quả dự báo độ ổn định Marshall bằng mô hình CAT

Nội dung phần này trình bày kết quả dự báo tiêu biểu (ứng với lần mô phỏng thứ 6) trong 15 lần mô phỏng của mô hình CAT khi dự báo MS. Kết quả này được thể hiện thông qua biểu đồ hồi quy *(Hình 4.2)* và hình vẽ so sánh sự chênh lệch giữa giá trị MS dự báo so với MS thí nghiệm *(Hình 4.3)*.

Trên *Hình 4.2*, trục hoành thể hiện giá trị MS thu được từ thí nghiệm, trục tung thể hiện giá trị MS do mô hình CAT dự báo. Đường hồi quy là đường lý tưởng khi giá trị dự báo trùng với giá trị thí nghiệm, có nghĩa là các điểm dữ liệu càng gần đường hồi quy thì hiệu suất dự báo của mô hình càng cao và ngược lại. *Hình 4.3a* thể hiện khả năng đào tạo của mô hình CAT rất tốt khi hầu hết các điểm dữ liệu đều nằm trên đường hồi quy ($R^2_{đào\ tạo}$ = 0,99). Ở giai đoạn kiểm tra *(Hình 4.3b)*, các điểm dữ liệu ở tương đối gần đường hồi quy ($R^2_{kiểm\ tra}$ = 0,91) cho thấy khả năng dự báo của mô hình CAT đề xuất rất tốt.



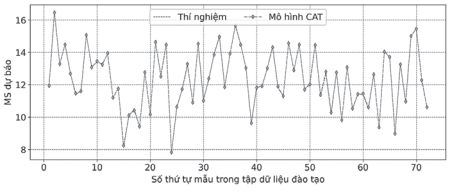
a)



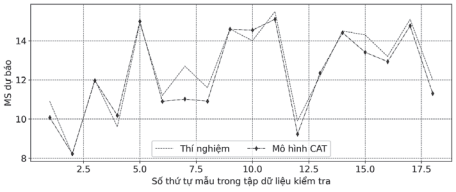
b)

Hình 4.2: Biểu đồ hồi quy ở giai đoạn: a) - Đào tạo; b) - Kiểm tra

Bên cạnh đó, hiệu suất dự báo của mô hình CAT còn được thể hiện thông qua sự chênh lệch hay trùng hợp giữa giá trị MS thí nghiệm với MS dự báo cho tập dữ liệu đào tạo *(Hình 4.3a)* và tập dữ liệu kiểm tra *(Hình 4.3b)*. Kết quả cho thấy, ở giai đoạn đào tạo, hầu hết các giá trị MS dự báo trùng với giá trị MS thí nghiệm. Ở giai đoạn kiểm tra, kết quả cũng tương tự, chỉ có một vài mẫu có sự sai khác không đáng kể (mẫu số 7 và 15). Tuy nhiên, sự sai khác là không đáng kể. Vì vậy, kết quả dự báo của mô hình CAT là đáng tin cậy.



a) - Tập dữ liệu đào tạo



b) - Tập dữ liệu kiểm tra

Hình 4.3: So sánh độ ổn định Marshall thực tế và độ ổn định Marshall dự báo bởi mô hình CAT cho: a) - Tập dữ liệu đào tạo, b) - Tập dữ liệu kiểm tra

Chi tiết kết quả điển hình khi dự báo MS bằng mô hình CAT được trình bày trong *Bảng 4.2*.

Bảng 4.2. Kết quả dự báo MS bằng mô hình CAT

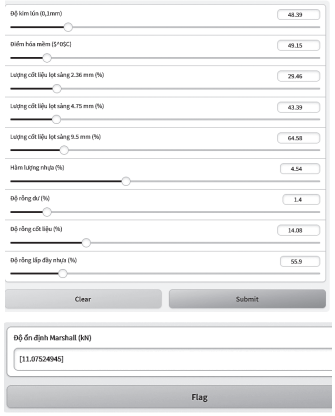
Giai đoạn	RMSE (kN)	MAE (kN)	R^2
Đào tạo	0,0534	0,0442	0,9992
Kiểm tra	0,6159	0,4597	0,9091

4.3. Hướng dẫn sử dụng mô hình CAT để dự báo độ ổn định Marshall

Dựa trên mô hình CAT đề xuất có thể nhanh chóng dự báo được MS của BTN thông qua biểu đồ GUI (Graphical User Interface). Để chạy code này cần có 2 file: File MS_BTN.pkl và file MS_BTN.ipynb

Các bước tiến hành:

- Đăng nhập tài khoản Google cá nhân;
- Mở thư mục Google Drive cá nhân;
- Sao chép hai tệp là MS_BTN.pkl và MS_BTN.ipynb vào thư mục Google Drive, trong My Drive;
- Nhấp chuột phải vào tệp MS_BTN.ipynb và chọn "Mở bằng Google Colab". Nếu thành công, cửa sổ code sẽ mở ra;
- Click vào 2 khổ code để thực hiện quá trình mô phỏng;
- Kết quả chạy 2 khổ code này sẽ xuất hiện giao diện như *Hình 4.4* (chỉ mất vài vài phút);
- Trên giao diện *Hình 4.4*, chọn các giá trị mong muốn của 9 tham số đầu bằng cách dùng chuột kéo các nút tròn trên từng thanh tham số đầu vào;
- Ấn nút "Submit", giá trị độ ổn định Marshall dự báo sẽ hiển thị ở ô tương ứng *(Hình 4.4)*.



Hình 4.4: Giao diện mô hình CAT dự báo MS

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện so sánh khả năng dự báo của 3 mô hình XGB, CAT và KNN sau 15 lần mô phỏng ngẫu nhiên thông qua 3 chỉ tiêu thống kê là R^2, MAE, RMSE. Kết quả nghiên cứu đã đề xuất được mô hình CAT có khả năng dự báo MS của BTN chính xác và ổn định nhất, kết quả tiêu biểu thể hiện ở MC6 với giá trị $R^2_{\text{kiểm tra}} = 0,91$. Kết quả này cho thấy mô hình CAT có hiệu suất dự báo cao, đáng tin cậy khi sử dụng để dự báo giá trị MS. Ngoài ra, một hướng dẫn sử dụng mô hình CAT thông qua biểu đồ GUI đã được đưa ra, rất đơn giản, dễ dàng. Điều này giúp người sử dụng có thể nhanh chóng dự báo chính xác được MS của BTN khi thay đổi giá trị của các tham số đầu vào, tiết kiệm thời gian và chi phí.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Tiêu chuẩn: TCVN 8860-1:2011 - BTN - Phương pháp thử - Phần 1: Xác định độ ổn định, độ dẻo Marshall*, Accessed: Feb. 20, 2024. [Online]. Available: *https://tieuchuanxaydung.vsqi.gov.vn/tieuchuan/view?sohieu=TCVN+8860-1%3A2011*.

[2]. H.-V. T. Mai, M. H. Nguyen, S. H. Trinh and H.-B. Ly (Mar. 2023), *Toward improved prediction of recycled brick aggregate concrete compressive strength by designing ensemble machine learning models*, Construction and Building Materials, vol.369, p.130613, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2023.130613.

[3]. E. Ozgan (May, 2011), *Artificial neural network based modelling of the Marshall Stability of asphalt concrete*, Expert Systems with Applications, vol.38, no.5, pp.6025-6030, doi: 10.1016/j.eswa.2010.11.018.

[4]. N. Baldo, E. Manthos and M. Pasetto (Jul., 2018), *Analysis of the Mechanical Behaviour of Asphalt Concretes Using Artificial Neural Networks*, Advances in Civil Engineering, p. e1650945, doi: 10.1155/2018/1650945.

Ngày nhận bài: 04/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 19/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Nghiên cứu tính toán ổn định mái dốc nạo vét tuyến luồng Cái Mép - Thị Vải

■ **TS. NGUYỄN THỊ DIỄM CHI**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: chintd@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Luồng Cái Mép - Thị Vải chạy theo hướng Bắc - Nam, gần như song song với QL51 và hợp với sông Gò Gia tại Cái Mép. Tuyến luồng bị ảnh hưởng bởi chế độ bán nhật triều với biên độ triều lớn nhất khoảng 4 m. Mỗi năm, sông Thị Vải thải ra biển 150,1 tấn bùn cát, tương đương với khoảng 57 triệu m^3 bùn cát. Để đáp ứng nhu cầu vận chuyển hàng hóa cho các tàu container cỡ lớn từ 160.000 DWT đến 200.000 DWT hoạt động an toàn mà không phải phụ thuộc thủy triều thì luồng tàu phải nạo vét đến độ sâu -15,5 m. Bài báo nghiên cứu ổn định mái dốc trong quá trình nạo vét tuyến luồng Cái Mép - Thị Vải.

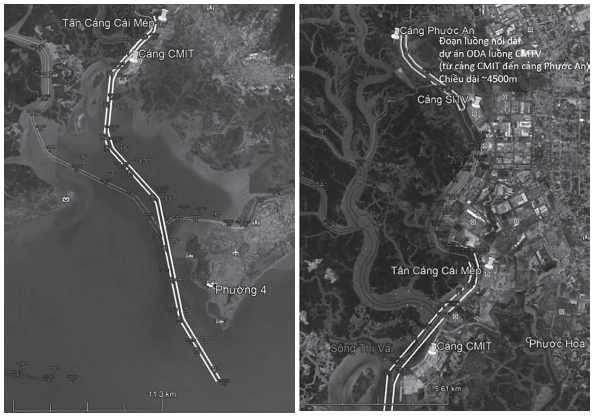
TỪ KHÓA: Luồng, nạo vét, ổn định, bùn cát.

ABSTRACT: The Cai Mep - Thi Vai channel flows from north to south, almost parallel to Highway 51 and joins the Go Gia River at Cai Mep. The channel is affected by the semi-diurnal tidal regime with the largest tidal amplitude about 4 m. Each year, Thi Vai River discharges 150.1 tons of mud into the sea, equivalent to about 57 million m^3 of mud. To meet the cargo transportation needs for large container ships from 160,000 DWT to 200,000 DWT to operate safely without depending on tides, the channel must be dredged to a depth of -15.5 m. This article studies slope stability during the dredged process of the Cai Mep - Thi Vai channel.

KEYWORDS: Channel, dredging, stabilization, mud and sand.

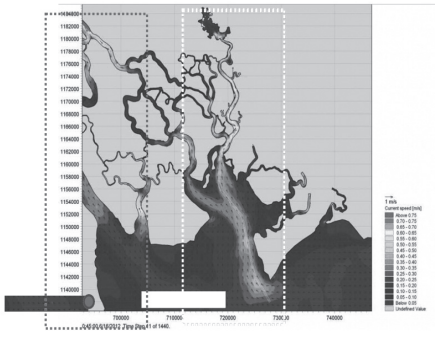
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sông Thị Vải có độ sâu trung bình của lòng sông từ 15 - 20 m chỗ sâu nhất là tại vị trí ngã ba đạt tới 60 m. Sông có chiều rộng trung bình từ 500 - 600 m, riêng đoạn chạy qua khu vực Cái Mép có chỗ rộng tới 1.000 m. Theo điều kiện địa chất cho thấy địa chất lớp mặt tại các lỗ khoan đều là bùn sét hữu cơ, trạng thái chảy. Ngoài ra, thực tế nạo vét duy tu hàng năm cho thấy các vật liệu đào sâu hơn cao độ thiết kế đều là đất bùn sét (đất nạo vét loại đất phù sa bùn lỏng).



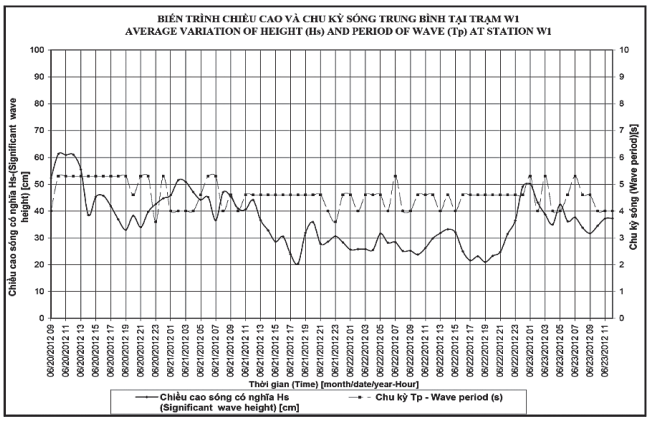
Hình 1.1: Vị trí tuyến luồng từ phao "0" đến Tân Cảng Cái Mép và tuyến luồng từ cảng SITV đến cảng Phước An

Độ ẩm trung bình nhiều năm của không khí thay đổi trong khoảng từ 78,1% đến 86,1%, độ ẩm trung bình năm thấp nhất là 65,3%. Lượng mưa trung bình năm là 1.437 mm, số ngày mưa trung bình trong năm là 122,8 ngày. Tháng có số ngày mưa trung bình lớn nhất là tháng 7 khoảng 20 ngày, tháng có số ngày mưa trung bình nhỏ nhất là tháng 2 khoảng 0,2 ngày. Trong mùa khô gió có hướng đặc trưng là hướng Bắc, Đông Bắc, trong mùa mưa hướng gió chủ đạo là Tây - Tây Nam. Tốc độ gió trung bình nhiều năm là 3,0 m/s. Bờ biển khu vực Nam bộ từ Bình Thuận đến Cà Mau, Kiên Giang là khu vực ít chịu ảnh hưởng của bão. Theo thống kê các cơn bão đổ bộ vào khu vực Nam bộ từ vùng biển Bình Thuận đến Cà Mau trong thời gian từ năm 1961 đến năm 2017 có 19 cơn bão. Dòng chảy trong khu vực Gành Rái, sông Cái Mép - Thị Vải bị chi phối chủ yếu từ thủy triều. Dòng triều chiếm khoảng 90% độ lớn dòng tổng cộng, còn dòng dư khoảng 10% và có giá trị khá lớn, thường vượt quá 1,5 m/s đến 2,5 m/s. Dòng chảy tại vịnh Gành Rái và trong sông Cái Mép - Thị Vải mang tính chất gần như thuận nghịch.



Hình 1.2: Mô hình trường dòng chảy tại khu vực nghiên cứu

Theo số liệu quan sát tại Sao Mai và Nghinh Phong, chiều cao sóng (H) lớn nhất là 1,2 m, chu kỳ sóng (T) là 3,8s và chiều dài sóng (L) là 45 m tại Sao Mai, còn tại mũi Nghinh Phong các giá trị này lần lượt là H = 1,97 m, T = 5,9 m và L = 57 m. Do đặc điểm tự nhiên vùng biển Vũng Tàu có địa hình đáy biển nông với độ sâu tự nhiên biến đổi nhỏ từ vài mét đến hơn 30 m, vịnh Gành Rái bị che khuất về nhiều hướng gió (ngoại trừ hướng Tây Nam) nên điều kiện hình thành tạo sóng là tương đối hạn chế.



Hình 1.3: Chiều cao và chu kỳ sóng trung bình tại trạm W1

Căn cứ theo đặc trưng điều kiện địa hình tự nhiên, điều kiện khí tượng thủy hải văn tại khu vực; khả năng hoạt động của tàu trên tuyến luồng, tuyến luồng được phân làm 2 đoạn luồng gồm:

- Đoạn luồng biển: Áp dụng cho đoạn luồng từ khu vực phao số "0" vào tới cửa sông Cái Mép;

- Đoạn luồng sông: Áp dụng cho đoạn luồng từ cửa sông Cái Mép vào tới khu vực cảng Phước An.

2. TÍNH TOÁN THÔNG SỐ KỸ THUẬT LUỒNG TÀU

2.1. Bề rộng tuyến chạy tàu

a) Theo quy trình thiết kế đê biển

Đối với kênh chạy tàu 1 chiều:

$$B_1 = B_{hđ} + 2C_1 + D_B \text{ (m)} \quad (1)$$

Đối với kênh chạy tàu 2 chiều:

$$B_2 = 2B_{hđ} + 2C_1 + D_B + C \text{ (m)} \quad (2)$$

Trong đó:

- $B_{hđ}$ - Chiều rộng dải hoạt động của tàu ở cao độ chiều sâu chạy tàu;

$$B_{hđ} = L.\sin(a_1+a_2) + B.\cos(a_1+a_2) + t.\sin(b).V_{max} \text{ (m)} \quad (3)$$

- C_1 - Dự trữ chiều rộng giữa dải hoạt động của tàu và mái dốc kênh (m);

- D_B - Dự trữ chiều rộng do sa bồi (m);

- C - Dự phòng chiều rộng giữa hai dải hoạt động của các tàu tránh nhau (m);

- L_t - Chiều dài tàu thiết kế (L_{pp}), (m);

- B_t - Chiều rộng tàu tính toán (m);

- T_c - Mớn nước tính toán của tàu (m);

- a_1+a_2 - Lần lượt là góc dạt do gió, dòng chảy tác dụng lên tàu (độ);

- t.sin(b) - Thời gian tàu thực hiện điều động trở lại hướng ban đầu khi chịu tác động của gió và dòng chảy, t.sin(b) = 3 (s);

- V_{max} - Vận tốc chạy tàu lớn nhất trên luồng (m/s).

b) Theo Tiêu chuẩn Luồng tàu biển - Yêu cầu thiết kế (TCVN 11419: 2016)

Bề rộng luồng 1 chiều:

$$W' = W_{BM} + \Sigma W_i + W_{BR} + W_{BG} \text{ (m)} \quad (4)$$

Bề rộng luồng 2 chiều:

$$W'' = 2W_{BM} + 2\Sigma W_i + W_{BR} + W_{BG} + W_P \text{ (m)} \quad (5)$$

Trong đó:

- W_{BM} - Chiều rộng dải hoạt động của tàu ở độ sâu chạy tàu (m);

- W_i - Dự trữ chiều rộng do gió, dòng chảy, sóng... (m);

- W_p - Dự trữ chiều rộng giữa hai chiều chạy tàu (m);

- W_{BR}, W_{BG} - Dự trữ chiều rộng cho giới hạn mái dốc luồng và những đoạn cạn ở phía bờ trái và phải (m);

c) Lựa chọn bề rộng tuyến chạy tàu

Trên cơ sở kết quả tính toán lý thuyết theo các tiêu chuẩn, quy chuẩn hiện hành, bề rộng khai thác luồng tàu được lựa chọn như sau:

- Đoạn luồng từ phao số "0" đến thượng lưu Cảng Container quốc tế Cái Mép (CMIT) bề rộng 350 m cho tàu 160.000 DWT đủ tải (cho phép tránh nhau với tàu đến 50.000 DWT), tàu 120.000 DWT khai thác hai chiều.

- Đoạn luồng từ thượng lưu Cảng Container quốc tế Cái Mép (CMIT) đến thượng lưu Cảng Container quốc tế Cái Mép bề rộng 310 m cho tàu 120.000 DWT đủ tải (cho phép tránh nhau với tàu đến 60.000 DWT), tàu 100.000 DWT khai thác hai chiều và tàu 160.000 DWT giảm tải khai thác một chiều.

- Đoạn luồng từ Cảng Container quốc tế Cái Mép đến thượng lưu cảng Phước An bề rộng 140 m cho tàu 60.000 DWT khai thác luồng 1 chiều.

2.2. Chiều sâu chạy tàu

**)Mực nước chạy tàu:*

Mực nước chạy tàu yêu cầu là mực nước liên tục trong khoảng thời gian đáp ứng được thời gian tàu hành trình an toàn trên luồng với với mớn nước thiết kế.

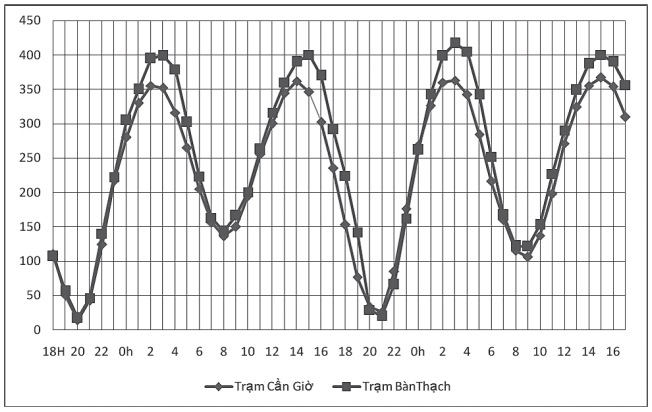
Đối với khu vực Cái Mép - Thị Vải, mực nước mang đặc trưng cơ bản của chế độ thủy triều bán nhật triều không đều (trong một ngày có hai lần triều lên và hai lần triều xuống). Như vậy, mực nước chạy tàu yêu cầu còn được xem xét tận dụng độ cao thủy triều, thời gian duy trì liên tục mực nước chạy tàu theo từng con triều để tàu có thể hành hải an toàn với mớn nước thiết kế.

Tổng hợp phân tích tần suất mực nước hàng giờ theo các chuỗi số liệu tại trạm Vũng Tàu từ năm 1979 đến năm 2022, cho thấy giá trị mực nước tương ứng với các tần suất là tương đồng nhau. Mực nước chạy tàu được xác định như sau:

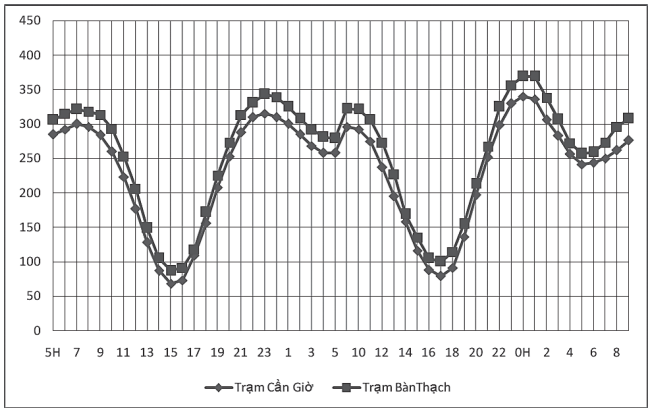
- Đoạn luồng từ phao số "0" đến thượng lưu Cảng Container quốc tế Cái Mép (CMIT), mực nước chạy tàu +2,0 m (hệ cao độ Hải đồ).

- Đoạn luồng từ thượng lưu Cảng Container quốc tế Cái Mép (CMIT) đến thượng lưu Cảng Container Cái Mép Thượng (TCIT và TCCT), mực nước chạy tàu +2,5 m (hệ cao độ Hải đồ).

- Đoạn luồng từ Cảng Container quốc tế Cái Mép đến thượng lưu cảng Phước An, mực nước chạy tàu +3,0 m (hệ cao độ Hải đồ).



Hình 2.1: Đường mực nước thực đo tại trạm Bàn Thạch và trạm Cần Giờ ngày triều cường mùa mưa



Hình 2.2: Đường mực nước thực đo tại trạm Bàn Thạch và trạm Cần Giờ ngày triều kém mùa mưa

Chiều sâu luồng được tính toán theo Tiêu chuẩn TCVN 11419:2016 Luồng tàu biển - Yêu cầu thiết kế và PIANC 121-2014 Harbour Approach Channels Design Guidelines.

2.3. Thông số kỹ thuật luồng tàu

Căn cứ kết quả tính toán thông số kỹ thuật luồng tàu, chuẩn tắc nạo vét như sau:

- Đoạn luồng từ khu vực từ phao "0" đến cảng CMIT:

+ Cao độ đáy thiết kế: H = -15,5 m (Hải đồ);

+ Bề rộng luồng: B = 350 m;

+ Mái dốc nạo vét luồng tàu: m = 5.

Đoạn luồng từ cảng CMIT đến thượng lưu bến cảng Tân cảng Cái Mép (TCIT và TCCT).

+ Cao độ đáy thiết kế: H = -14,0 m (Hải đồ);

+ Bề rộng luồng: B = 250 - 310 m;

+ Mái dốc nạo vét luồng tàu: m = 5.

- Đoạn từ thượng lưu bến SITV đến bến cảng khởi động Phước An.

+ Cao độ đáy thiết kế: H = -11,6 m (Hải đồ);

+ Bề rộng luồng: B = 140 m;

+ Mái dốc nạo vét luồng tàu: m = 5.

3. TÍNH TOÁN ỔN ĐỊNH MÁI DỐC NẠO VÉT

3.1. Nguyên tắc tính toán chung

Tính toán ổn định chung của công trình theo sơ đồ trượt sâu với giả thiết mặt trượt cung tròn cần thỏa mãn điều kiện sau đây:

Dùng trong trường hợp mái dốc ta-luy đường mới đắp trong đất sét bão hòa hoàn toàn ($\varphi_u = 0$). Cung trượt xuất hiện ở chân mái dốc hoặc cắt qua mái đất. Tại cung xuất hiện phá hoại với hệ số ổn định nhỏ nhất là cung giới hạn.

Giả sử khối trượt có trọng lượng W nằm trên cung trượt có bán kính R, tâm O bị dịch chuyển. Hệ số ổn định được tính như sau:

$$K = \frac{Mô{-}men\ chống\ trượt}{Mô{-}men\ gây\ trượt} = \frac{C_u R^2 \theta}{Wd} \quad (6)$$

Trong đó:

C_u - Lực dính không thoát nước;

θ - Góc nhìn cung trượt ở tâm O;

d - Khoảng cách từ trọng tâm khối trượt đến đường thẳng đứng đi qua O.

Trong trường hợp mái dốc không đồng nhất, có nhiều mặt trượt hay nhiều lớp thì hệ số ổn định được xác định như sau:

$$K = \frac{R^2 \sum C_u \theta_i}{\sum W_i d_i} \quad (7)$$

Khi ở điều kiện cân bằng giới hạn, khe nứt căng xuất hiện ở đỉnh mái dốc với độ sâu khe nứt z_o:

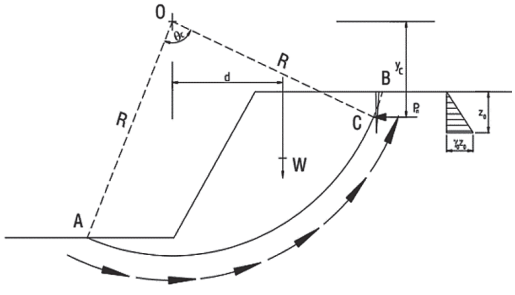
$$z_o = \frac{2C_u}{\gamma} \quad (8)$$

Chiều dài cung trượt thực tế - đoạn AC *(Hình 3.1)* kết thúc tại vị trí khe nứt. Nếu khe nứt chứa đầy nước thì tính thêm áp lực thủy tĩnh P_n tác dụng theo phương ngang.

Khi đó, áp lực thủy tĩnh P_n là lực gây trượt và hệ số ổn định được xác định như sau:

$$P_n = \frac{1}{2}\gamma_n z_0^2 \quad (9)$$

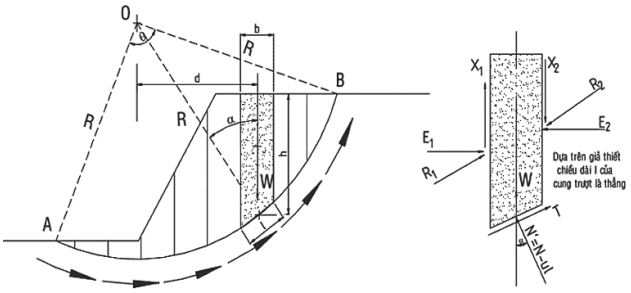
$$K = \frac{C_u R^2 \theta}{Wd + P_n y_c} \quad (10)$$



Hình 3.1: Cung trượt của mái dốc có xét đến khe nứt

Khi chịu áp lực nước, lỗ rỗng trong các khối đất đắp thay đổi thì phải kiểm tra ổn định trong điều kiện ứng suất hiệu quả. Có thể coi khối trượt như là một dãy các cung trượt có tâm ở bán kính R được chia thành các mảnh có bề rộng b bằng nhau do ứng suất thay đổi theo mặt trượt thử. Tại điểm cân bằng giới hạn, tổng mô-men phá hoại cân bằng với tổng mô-men các lực cắt dọc theo AB. Khi đó, hệ số ổn định xác định như sau:

$$K = \frac{\sum c'l + \sum N' tg\varphi'}{\sum W \sin\alpha}$$



Hình 3.2: Ổn định mái dốc theo ứng suất hiệu quả

Theo Điều II.1.1 Tiêu chuẩn 22TCN 262-2000, hệ số ổn định nhỏ nhất khi tính toán theo phương pháp phân mảnh cổ điển thì hệ số ổn định [K] = 1,2.

Việc tính toán hệ số K_{min} được thực hiện bằng phần mềm SLOPE.

3.2. Tính toán sức kháng cắt của nền đất

Lực dính của đất được khai báo trong phần mềm theo các chỉ tiêu cắt cánh hiện trường có kể đến hệ số điều chỉnh theo bảng V-1 Tiêu chuẩn 22TCN 262-2000 theo công thức sau:

$C = \mu S_u$

Trong đó:

S_u - Sức kháng cắt nguyên dạng không thoát nước từ thí nghiệm cắt cánh hiện trường;

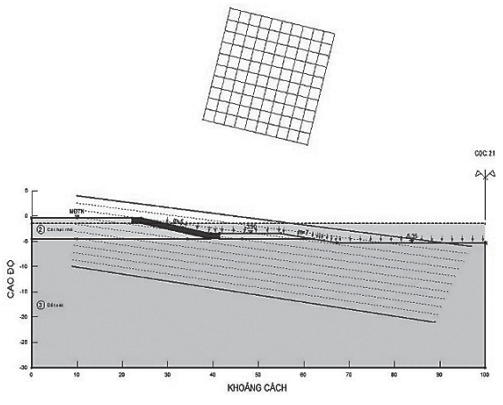
μ - Hệ số hiệu chỉnh xét đến ảnh hưởng bất đẳng hướng của đất, tốc độ cắt và tính phá hoại liên tiếp của nền đất yếu tùy thuộc vào chỉ số dẻo của đất theo bảng V-1 Tiêu chuẩn 22TCN 262-2000.

Trên cơ sở tài liệu địa hình khu nước, địa chất phân tích ở trên, kết quả tính toán như sau:

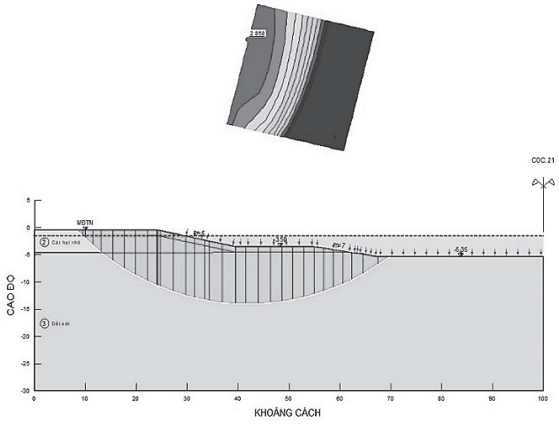
Lớp đất	Độ sâu m	Su T/m2	Ip %	m	C T/m²
1A*	1	1,49	60,7	0,745	1,11
1A	2 - 17	1,8-3,4	48,4	0,810	1,91
1B	18 - 19	3,77 - 4	42,7	0,841	3,407
3B	20 - 30	4,31	30,5	0,922	3,969
5	31	4,31	27,4	0,944	4,070

3.3. Kết quả tính toán ổn định

Tính toán bằng chương trình phần mềm Geo-Slope của See Dyke Engineering, phương pháp Bishop.



Hình 3.3: Mô hình tính toán ổn định mái đào luồng



Hình 3.4: Kết quả tính toán ổn định mái đào luồng

Kết quả tính toán ổn định mái luồng nạo vét:

Mặt cắt	PP tính	Kmin	Hệ số cho phép	Kết luận
MC1	Bishop	1,925	1,20	**Ổn định**

4. KẾT LUẬN

Để tính toán ổn định trượt của mái dốc thường sử dụng nguyên lý cân bằng giới hạn, trong đó độ bền của đất được xác định theo tiêu chuẩn bền cu-lông. Xuất phát từ quan sát các mặt trượt trong thực tế khi tính toán ổn định trượt, giả thiết mặt trượt có dạng cung tròn hoặc mặt trượt dạng gãy khúc. Kết quả tính toán mái luồng Cái Mép - Thị Vải bằng phần mềm Geo-Slope trên cơ sở phương trình cân bằng giới hạn và chia khối đất trượt thành các cột thẳng đứng theo phương pháp Bishop, là đảm bảo ổn định K_{min} > [K] = 1,20.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.72.

Tài liệu tham khảo

[1]. Đỗ Văn Đệ, Nguyễn Quốc Tới (2011), *Hướng dẫn sử dụng phần mềm GEO SLOPE*, NXB. Xây dựng.

[2]. *Tài liệu khảo sát luồng Cái Mép - Thị Vải.*

[3]. William H. McAnally et al (ASCE Task Committee on Management of Fluid Mud) (2007a), *Management of Fluid Mud in Estuaries, Bays, and Lakes. I: Present State of Understanding on Character and Behavior,* Journal of Hydraulic Engineering, vol.133, no.1, January 1, ©ASCE, ISSN 0733-9429/2007/1-9-22.

[4]. William H. McAnally et al (ASCE Task Committee on Management of Fluid Mud) (2007b), *Management of Fluid Mud in Estuaries, Bays, and Lakes. II: Measurement, Modeling, and Management,* Journal of Hydraulic Engineering, vol.133, no.1, January1, ©ASCE, ISSN 0733-9429/2007/1-23-38.

Ngày nhận bài: 01/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 19/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 02/4/2024

Cải thiện sức kháng ion clo và kéo dài tuổi thọ của công trình biển bằng bê tông tính năng cao sử dụng hàm lượng tro bay cao thay thế cốt liệu mịn

■ **TS. HỒ VĂN QUÂN(*); ThS. NGUYỄN HỮU TUÂN**
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng
■ **KS. PHẠM VĂN QUYỀN**
Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải
■ **TS. VŨ MINH NGẠN**
Trường Đại học Mỏ - Địa chất
Email: (*)hvquan@ute.udn.vn

TÓM TẮT: Với sự đô thị hóa nhanh chóng, cơ sở hạ tầng ngày càng được mở rộng và phát triển mạnh mẽ, nhu cầu sử dụng bê tông ngày càng tăng cao dẫn đến cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên, đặc biệt là cát sông (CS). Trong khi đó, tro bay (TB) thải từ các nhà máy nhiệt điện tích lũy ngày càng nhiều, chiếm diện tích đất làm bãi chứa và gây ô nhiễm môi trường. Việc nghiên cứu tận dụng nguồn TB thải dư thừa để thay thế một phần CS trong bê tông, giải quyết tình trạng thiếu hụt CS là vấn đề thời sự hiện nay. Đối với các công trình biển, độ thấm ion clo thấp là một trong những tiêu chí bắt buộc để kéo dài tuổi thọ sử dụng (T_{sd}). Bài báo trình bày ảnh hưởng của (35 - 65)% TB thay thế CS, 35% xỉ lò cao (XL) và 10% muội silic (MS) thay thế xi măng (XM) trong bê tông tính năng cao (HPC) đến độ thấm ion clo và ước tính T_{sd} của công trình bê tông cốt thép (BTCT) ở môi trường biển. Kết quả cho thấy các HPC chứa TB, XL và MS làm giảm đáng kể độ thấm ion clo và kéo dài T_{sd} của công trình biển. Các HPC chứa (35 - 65)% TB cho T_{sd} cao nhất, trong khi các HPC chứa 35% XL và 10% MS cho T_{sd} là gần tương tự nhau.

TỪ KHÓA: Tro bay, cát sông, độ thấm ion clo, tuổi thọ sử dụng.

ABSTRACT: With rapid urbanization, infrastructure is rapidly expanding and developing, resulting in an escalating demand for concrete, thus depleting natural resources, particularly river sand (RS). Simultaneously, the accumulation of fly ash (FA) from thermal power plants is increasing, occupying landfills and causing environmental pollution. The current pressing issue involves researching the utilization of surplus FA sources to partially replace RS in concrete, thereby addressing the RS shortage. Low chloride ion permeability is a mandatory criterion for prolonging the service life (T_{sd}) of marine structures. This study investigated the effects of replacing RS with (35 - 65)% FA, 35% ground granulated blast furnace slag (GGBFS) and 10% silica fume (SF) replacing cement in high performance concrete (HPC) on chloride ion permeability. Additionally, it estimated T_{sd} of reinforced concrete structures in marine environments. The results demonstrated that HPCs containing FA, GGBFS and SF substantially reduced the chlorite ion permeability and prolonged T_{sd} of marine structures. Notably, HPCs containing (35 - 65)% FA exhibited the highest T_{sd}, while those containing 35% GGBFS and 10% SF yielded similar T_{sd} values.

KEYWORDS: Fly ash, river sand, chloride ion permeability, service life.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với sự đô thị hóa nhanh chóng, cơ sở hạ tầng ngày càng được mở rộng và phát triển mạnh mẽ, nhu cầu sử dụng bê tông XM (BTXM) ngày càng tăng cao dẫn đến cạn kiệt tài nguyên thiên nhiên, đặc biệt là nguồn CS. Ở nước ta, lượng CS tiêu thụ khoảng khoảng 130 triệu m^3/năm cho việc sản xuất vữa và BTXM, dự kiến sẽ tăng lên lần lượt khoảng 170 - 190 triệu m^3/năm và khoảng 200 - 220 triệu m^3/năm vào năm 2025 và 2030 [1]. Việc khai thác CS từ thiên nhiên không những gây các tác hại cho môi trường mà còn gây xói lở bờ sông, ô nhiễm nguồn nước và lũ lụt [1, 2]. Để giảm tác động đến môi trường trong việc sản xuất BTXM, nhiều khu vực và quốc gia trên thế giới khuyến khích sử dụng vật liệu tái chế để thay thế cốt liệu tự nhiên [3]. Tại Việt Nam hiện có khoảng 29 nhà máy nhiệt điện đốt than đang hoạt động, phát thải ra khoảng 16 triệu tấn tro, xỉ

mỗi năm. Lượng tiêu thụ tro, xỉ thải tại các nhà máy nhiệt điện chỉ chiếm khoảng 48% [4]. Lượng tro, xỉ tồn đọng được chứa tại các bãi thải chiếm diện tích đất, lãng phí nguồn tài nguyên và gây ô nhiễm môi trường. Vì vậy, việc nghiên cứu tận dụng nguồn TB thải dư thừa để thay thế một phần CS trong BTXM, giải quyết tình trạng thiếu hụt CS là vấn đề thời sự hiện nay.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu sử dụng TB làm cốt liệu mịn cho vữa và BTXM [5 - 10], tuy nhiên chưa có nghiên cứu nào về HPC sử dụng TB thay thế một phần CS và ứng dụng cho công trình biển. Mục tiêu chính của nghiên cứu này là sử dụng (35 - 65)% TB thay thế CS trong HPC, sau đó đánh giá độ thấm ion clo và ước tính T_{sd} của các công trình BTCT ở môi trường biển. Bên cạnh đó, các HPC chứa 35% XL và 10% MS thay thế XM cũng được nghiên cứu, đánh giá để so sánh với các bê tông HPC chứa TB.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Vật liệu

XM portland PC50 có cường độ nén ở 28 ngày bằng 52,5 MPa, khối lượng riêng (KLR) bằng 3,10 g/cm^3, độ mịn Blaine bằng 3.520 cm^2/g phù hợp với TCVN 2682:2020. TB loại F có KLR = 2,26 g/cm^3, chỉ số hoạt tính cường độ ở 28 ngày bằng 89,6% phù hợp với TCVN 10302:2014. XL có KLR = 2,89 g/cm^3, độ mịn Blaine bằng 5.150 cm^2/g, chỉ số hoạt tính cường độ ở 28 ngày bằng 101,4% phù hợp với TCVN 11586:2016. MS có KLR = 2,15 g/cm^3, độ mịn Blaine bằng 25,5 m^2/g, chỉ số hoạt tính cường độ ở 28 ngày bằng 112,6% phù hợp với TCVN 8827:2011. Phụ gia siêu dẻo (SD) 3054 của Công ty TNHH Master Builders Solutions Việt Nam, có KLR = 1,09 g/cm^3 phù hợp với Tiêu chuẩn ASTM C494 loại G. Đá dăm (Đ) cỡ 5 - 10 mm, KLR = 2,75 g/cm^3 độ hút nước 1,26%, thành phần hạt phù hợp với TCVN 7570:06. CS có mô-đun độ lớn M_{dl} = 2,76, KLR = 2,66 g/cm^3, độ hút nước 0,92%, thành phần hạt phù hợp với TCVN 7570:06.

2.2. Thiết kế thành phần BTXM

Thành phần BTXM được thiết kế theo ACI 211.4R, gồm có HPC đối chứng không có phụ gia khoáng (0TB), các HPC sử dụng 35%, 50%, 65% TB thay thế CS (35TB, 50TB, 65TB), các HPC sử dụng 35% XL và 10% MS thay thế XM (35XL, 10MS). Trong đó, TB thay thế CS theo thể tích, XL và MS thay thế XM theo khối lượng. Liều lượng SD được điều chỉnh để đảm bảo độ sụt mục tiêu là 12 - 14 cm. Thành phần vật liệu của các HPC được ghi trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thành phần vật liệu của các HPC cho 1 m^3

Kí hiệu bê tông	X (kg)	N (lit)	TB (kg)	XL (kg)	MS (kg)	C (kg)	Đ (kg)	N/CKD	SD (kg)	SN (cm)
0TB	550,0	154	0	0	0	742,4	1.053	0,28	7,2	12-14
35TB	550,0	154	220,8	0	0	479,9	1.053	0,28	8,3	
50TB	550,0	154	315,4	0	0	360,5	1.053	0,28	11,6	
65TB	550,0	154	410,0	0	0	241,1	1.053	0,28	14,9	
35XL	357,5	154	0	192,5	0	733,8	1.053	0,28	5,8	
10MS	495,0	154	0	0	55	723,6	1.053	0,28	6,3	

2.3. Chuẩn bị mẫu và phương pháp thí nghiệm

Công tác đúc và dưỡng hộ các mẫu BTXM thực hiện theo TCVN 3105:2022, các mẫu sau khi đúc được giữ trong khuôn khoảng 24±2h, sau đó tháo khuôn và ngâm trong nước cho đến ngày thí nghiệm. Sử dụng các mẫu lập phương (100×100×100)mm để xác định cường độ nén (R_n) và các mẫu trụ d×h = (100×200)mm để xác định độ thấm ion clo.

Thí nghiệm R_n được tiến hành theo TCVN 3118:2022, kết quả R_n trên các mẫu lập phương (100×100×100)mm được qui đổi về mẫu trụ d×h = (150×300)mm. R_n được xác định ở 7, 28 và 56 ngày và kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 6 mẫu.

Thí nghiệm độ thấm ion clo (ĐTIC) được tiến hành theo và ASTM C1202, các mẫu trụ (100×200)mm được cắt thành các lát mẫu kích thước d×h = (100×50)mm, được xử lý quét chống thấm và hút chân không trước khi thí nghiệm. ĐTIC được xác định ở 28, 56, 90, 150 và 210 ngày và kết quả thí nghiệm là giá trị trung bình của 3 mẫu.

Thời gian bắt đầu ăn mòn cốt thép của công trình BTCT (tuổi thọ sử dụng T_{sd}) ở môi trường biển do thâm nhập ion clo được ước tính từ phương trình sau [11, 12]:

$$C_S\left[1-\text{erf}\left(\frac{x}{\sqrt{4.D_a(t).t}}\right)\right]=C_{Cr} \quad (1)$$

$$D_a(t)=D_{a28}\left(\frac{t_{28}}{t}\right)^m \quad (2)$$

Trong đó: x - Chiều dày lớp bê tông bảo vệ (mm); erf - Hàm sai số; t - Thời gian bắt đầu ăn mòn cốt thép (năm); D_{a28}, $D_a(t)$ - Hệ số khuyếch tán ion clo biểu kiến của bê tông ở 28 ngày và ở thời điểm t (mm^2/năm); theo Life 365 [11], $D_a(t)$ đạt giá trị nhỏ nhất khi t = 25 năm, khi t > 25 năm thì $D_a(t)$ = const; C_{Cr} - Nồng độ ion clo tới hạn gây ăn mòn cốt thép (% khối lượng bê tông (KLBT)); C_S - Nồng độ ion clo bề mặt của bê tông (% KLBT); m - Hệ suy giảm khuếch tán ion clo theo thời gian.

C_{CR} phụ thuộc vào loại chất kết dính (CKD), với các HPC 0TB, 35XL và 10MS, lấy $C_{Cr}^{0TB} = C_{Cr}^{35XL} = C_{Cr}^{10MS}$ = 0,45%CKD ≈ 0,098% KLBT; đối với các HPC chứa TB, lấy $C_{Cr}^{35TB} = C_{Cr}^{50TB} = C_{Cr}^{65TB}$ = 0,30%CKD ≈ 0,076% KLBT [12].

$D_a(t)$ của các HPC có thể tính gần đúng theo các công thức thực nghiệm từ ĐTIC như sau:

Đối với HPC 0TB không có phụ gia khoáng (PGK), tính theo Hooton và cs [13]:

$$D_a = 0{,}88.ĐTIC^{0,76} (10^{-14}\ m^2/s) \quad (3)$$

Đối với HPC sử dụng TB, XL và MS, tính theo Olek và cs [14]:

$$D_a = 2.10^{-15}.ĐTIC + 4.10^{-13}\ (m^2/s) \quad (4)$$

C_S chủ yếu phụ thuộc vào điều kiện phơi nhiễm, theo TCVN 12041:2017, ở vùng thủy triều C_S phụ thuộc vào thời gian phơi nhiễm t như sau:

$$C_{S1}(t) = 0{,}483.t^{0,308} \quad (5)$$

Theo kết quả nghiên cứu của V. Q. Ho và cs [15] khi khảo sát các công trình BTCT ven biển khu vực Đà Nẵng ở vùng thủy triều, C_S phụ thuộc vào thời gian phơi nhiễm t như sau:

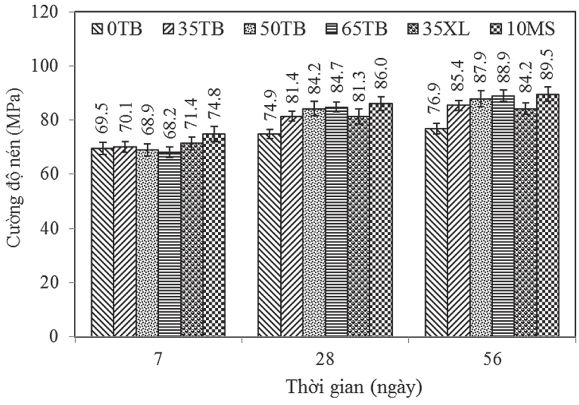
$$C_{S2}(t) = 0{,}291.t^{0,426} \quad (6)$$

Trong nghiên cứu này sẽ xét C_S cho cả hai trường hợp theo TCVN 12041:2017 (C_{S1}) và theo V. Q. Ho và cs (C_{S2}).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cường độ nén

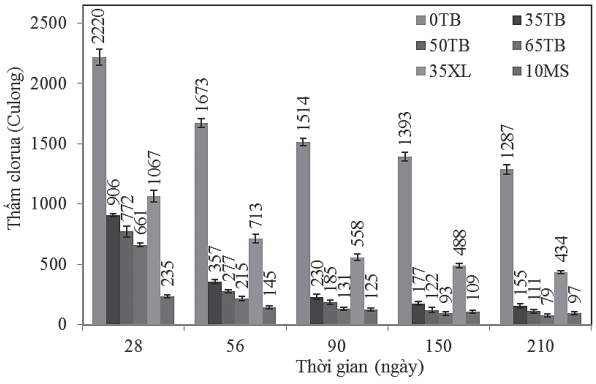
R_n của các HPC qui đổi về mẫu trụ d×h = (150×300)mm được thể hiện trên *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Cường độ nén của các HPC

R_n của các HPC chứa TB, XL, MS đều cao hơn HPC 0TB, trừ các HPC 50TB và 65TB có R_n ở 7 ngày nhỏ hơn một chút so với HPC 0TB. Sự suy giảm R_n của các HPC 50TB và 65TB ở 7 ngày là do lượng SD sử dụng nhiều làm kéo dài thời gian đông kết dẫn đến phát triển cường độ chậm. Từ 28 ngày về sau, sự gia tăng R_n của các HPC chứa TB rất lớn và tỉ lệ thuận với hàm lượng TB sử dụng. Sự gia tăng R_n của HPC 35XL kém hơn các HPC chứa TB, trong khi HPC 10MS có sự gia tăng R_n cao nhất. Ở 7 ngày, R_n của các HPC 35TB, 35XL, 10MS tăng lần lượt 0,9%, 2,7% và 7,6%; của HPC 50TB và 65TB giảm lần lượt 0,9% và 1,9% so với HPC 0TB. Trong khi ở 56 ngày, R_n của các HPC 35TB, 50TB, 65TB, 35XL và 10MS cao hơn lần lượt là 11,1%, 14,3%, 15,7%, 9,5% và 16,5% so với HPC 0TB. Sự gia tăng R_n của các HPC chứa TB, XL và MS là do cơ chế chèn khe và phản ứng puzolan, các hạt PGK mịn lấp đầy khe hở giữa các hạt làm tăng độ đặc, đồng thời phản ứng puzzolan của SiO_2 và Al_2O_3 có trong TB, XL và MS với $Ca(OH)_2$ thủy hóa từ XM tạo ra các sản phẩm CSH, CAH lấp đầy các lỗ rỗng, làm tăng độ đặc chắc dẫn đến gia tăng R_n [1, 6, 15]. Đối với các HPC chứa TB, một lượng TB đóng vai trò như CKD tham gia phản ứng puzolan làm giảm lượng nước tự do dẫn đến giảm tỉ lệ N/CKD và gia tăng R_n, lượng TB thay CS càng nhiều thì lượng nước tự do tiêu thụ càng nhiều và R_n của HPC có xu hướng gia tăng cao hơn.

3.2. Độ thấm ion clo



Hình 3.2: Độ thấm ion clo của các HPC

ĐTIC của các HPC được thể hiện trên *Hình 3.2*. ĐTIC của các HPC chứa TB, XL và MS giảm rất sâu so với HPC 0TB. Ở 28 ngày, ĐTIC của các HPC 35TB, 50TB, 65TB, 35XL và 10MS giảm lần lượt tương ứng bằng 59,2%, 65,2%, 70,2%, 51,9% và 89,4%

so với HPC 0TB; ở 90 và 210 ngày, sự suy giảm ĐTIC của các HPC này so với HPC 0TB lần lượt tương ứng là 84,8%, 87,8%, 91,3%, 63,2% và 91,7%; 88,0%, 91,4%, 93,9%, 66,3% và 92,5%. Theo phân loại ASTM C1202, ĐTIC ở 28 ngày của các HPC chứa TB và 10MS thuộc mức rất thấp (< 1.000 cu-lông), của các HPC 0TB và 35XL ở mức trung bình và thấp (2.220 và 1.067 cu-lông). ĐTIC của HPC 10MS giảm rất sâu ở 28 ngày nhưng sau đó tỉ lệ giảm thêm không đáng kể so với HPC 0TB. Ngược lại, ĐTIC của các HPC chứa TB giảm ít hơn ở tuổi sớm nhưng lại giảm rất sâu ở tuổi muộn, ở 210 ngày ĐTIC của các HPC chứa TB tương đương với HPC 10MS. Mức độ giảm ĐTIC theo thời gian của HPC 35XL lớn hơn HPC 10MS nhưng nhỏ hơn các HPC chứa TB, rõ ràng các HPC chứa TB hiệu quả nhất trong việc làm giảm ĐTIC ở tuổi muộn. ĐTIC của các HPC chứa TB, XL và MS giảm sâu là do cơ chế chèn khe và phản ứng puzolan như đã nêu. Bên cạnh đó, nhờ hàm lượng Al_2O_3 cao mà TB và XL còn có khả năng liên kết các ion clo góp phần làm giảm thêm ĐTIC [1, 15]. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây [7, 10].

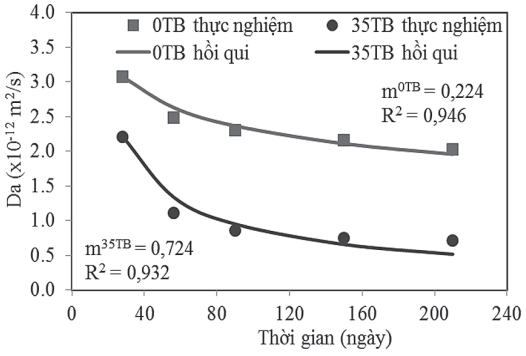
3.3. Hệ số suy giảm khuếch tán ion clo

Kết quả tính đổi $D_a(t)$ từ ĐTIC của các HPC được thể hiện trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Hệ số $D_a(t)$ và hệ số m của các HPC

HPC	D_a (10^{-12} m^2/s)					Hệ số m	R^2
	28 ngày	56 ngày	90 ngày	150 ngày	210 ngày		
0TB	3,07	2,48	2,30	2,16	2,03	0,224	0,946
35TB	2,21	1,11	0,86	0,75	0,71	0,724	0,932
50TB	1,94	0,95	0,77	0,64	0,62	0,732	0,928
65TB	1,72	0,83	0,66	0,59	0,56	0,736	0,914
35XL	2,53	1,83	1,52	1,38	1,27	0,385	0,965
10MS	0,87	0,69	0,65	0,61	0,60	0,215	0,876

Từ các hệ số $D_a(t)$ ở *Bảng 3.1*, hồi qui theo phương trình (2) xác định được các hệ số m và hệ số xác định R^2 của các HPC và được ghi trong *Bảng 3.1*. *Hình 3.3* là đồ thị hồi qui xác định hệ số m của các HPC 0TB và 35TB, các hệ số m của các HPC khác được xác định theo cách tương tự.

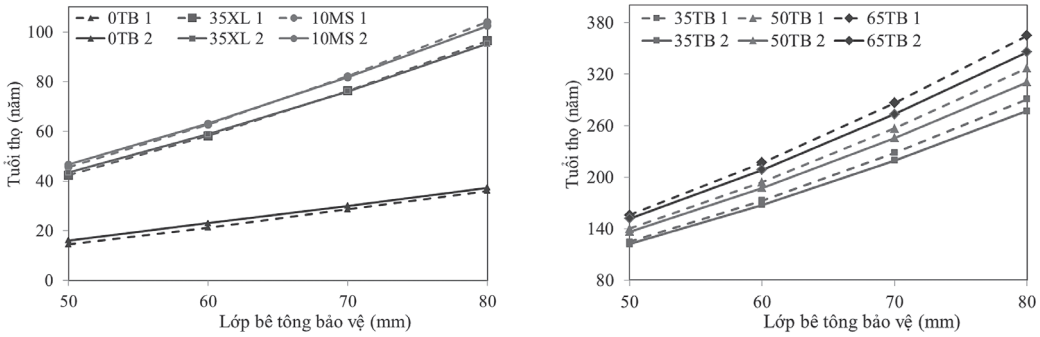


Hình 3.3: Hồi qui xác định hệ số m của các HPC

Life 365 [11], hệ số m khi tính toán T_{sd} không vượt quá 0,60, các HPC chứa TB có hệ số m ≥ 0,60, do vậy khi ước tính T_{sd} của các HPC chứa TB, lấy m = 0,60.

3.4. Ước tính tuổi thọ của các công trình bê tông cốt thép ở môi trường biển

Xét công trình BTCT ở vùng thủy triều, x_{min} ≥ 50 mm [12], chọn x = 50 - 80 mm. Các hệ số D_{a28} ở *Bảng 3.1* được qui đổi về (mm^2/năm). Kết hợp các phương trình (1), (2) và (5), (6) ước tính được T_{sd} của công trình BTCT cho hai trường hợp C_{S1} và C_{S2} được thể hiện trong *Hình 3.4*.



a) - Các HPC 0TB, 35XL và 10MS *b) - Các HPC 35TB, 50TB và 65TB*

Hình 3.4: Tuổi thọ sử dụng của các HPC

T_{sd} của các HPC ước tính cho hai trường hợp $C_{S1}(t)$ và $C_{S2}(t)$ là xấp xỉ nhau, sai số lớn nhất khoảng 10%. Khi t ≤ 70 năm, $C_{S1}(t)$ lớn hơn $C_{S2}(t)$ dẫn đến giảm T_{sd}, tuy nhiên khi t > 70 năm, $C_{S1}(t)$ lại nhỏ hơn $C_{S2}(t)$ làm tăng T_{sd}. Các HPC chứa TB, XL và MS cho T_{sd} lớn hơn rất nhiều so với HPC 0TB. Đối với HPC 0TB, khi x = 80 mm thì T_{sd} chỉ đạt khoảng 36 năm. Đối với các HPC 35TB, 50TB và 60TB, chỉ cần x_{min} = 50 mm để T_{sd} đạt trên 120 năm, trên 135 năm và trên 150 năm. Đối với các HPC 35XL và 10MS, cần x = 60 mm để T_{sd} đạt trên 50 năm, cần x = 70 mm để T_{sd} đạt trên 75 năm và cần x = 80 mm để T_{sd} đạt khoảng 100 năm. T_{sd} của các HPC chứa TB, XLvà MS lớn hơn lần lượt tương ứng 7,3 - 10,8 lần, 2,5 - 2,9 lần và 2,7 - 3,2 lần so với HPC 0TB. T_{sd} của các HPC chứa TB lớn nhất là do chúng có hệ số D_a thấp và hệ số m lớn nhất, HPC 10MS có D_a rất thấp nhưng hệ số m lại khá nhỏ nên T_{sd} giảm đáng kể so với các HPC chứa TB, HPC 35XL mặc dù có D_a cao hơn nhưng có hệ số m khá lớn nên T_{sd} xấp xỉ với HPC 10MS. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu [15, 16].

4. KẾT LUẬN

Các kết luận được rút ra từ nghiên cứu này như sau:

R_n ở 28 ngày của các HPC 35TB, 50TB, 65TB tăng (8,6 - 13,0)%, của HPC 35XL tăng 8,5% và của HPC 10MS tăng 14,8% so với HPC 0TB.

ĐTIC ở 28 ngày của các HPC 35TB, 50TB, 65TB, 35XL và 10MS giảm lần lượt tương ứng bằng 59,2%, 65,2%, 70,2%, 51,9% và 89,4% so với HPC 0TB. ĐTIC ở 28 ngày của các HPC chứa TB và MS thuộc mức rất thấp, của các HPC 0TB và 35XL thuộc mức trung bình và thấp.

T_{sd} của các HPC chứa TB, XL và MS lớn hơn nhiều lần so với HPC 0TB. Các HPC chứa (35 - 65)% TB chỉ cần x_{min} = 50 mm để đạt T_{sd} ≥ 120 năm, các HPC 35XL và 10MS cần x = 60 mm để đạt T_{sd} khoảng 50 năm. Việc sử dụng các HPC chứa (35 - 65)% TB thay thế CS và ứng dụng cho công trình biển là rất khả thi.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ kinh phí bởi Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng trong Đề tài mã số T2023-06-06.

Tài liệu tham khảo

[1]. T. P. Huynh, L. S. Ho, Q. V. Ho (2022), *Experimental investigation on the performance of concrete incorporating fine dune sand and ground granulated blast-furnace slag*, Construction and Building Materials, 347, 128512.

[2]. M. C. Collivignarelli, G. Cillari, P. Ricciardi, M. C. Miino, V. Torretta, E. C. Rada, A. Abbà (2020), *The production of sustainable concrete with the use of alternative aggregates: a review*, Sustainability, 12 (19), 7903.

[3]. S. Ray, M. Haque, M. N. Sakib, A. Ferdous Mita, M. D. Masnun Rahman, Bibhas B. Tanmoy (2021), *Use of ceramic wastes as aggregates in concrete production: A review*, Journal of Building Engineering, 43, 102567.

[4]. Bộ Công thương, *Xử lý nguồn tro, xỉ từ các nhà máy nhiệt điện: Tạo nguồn vật liệu xây dựng mới*, đăng ngày 11/4/2022.

[5]. R. Siddique (2003), *Effect of fine aggregate replacement with Class F fly ash on the mechanical properties of concrete*, Cem. Concr. Res., 33, 539-547.

[6]. D. Zhang, M. Mao, S. Zhang, Q. Yang (2019), *Influence of stress damage and high temperature on the freeze thaw resistance of concrete with fly ash as fine aggregate*, Construction and Building Materials, 229, 116845.

[7]. M. L. C. Surangi, P. Julnipitawong, S. Tangtermsiriku, Y. Ohgi and Y. Ishii (2020), *Using fly ash as a partial replacement for fine aggregate in concrete and its effects on concrete properties under different curing temperatures*, ASEAN Engineering Journal, 10 (2), pp.35-49.

[8]. T. Seo, M. Lee, C. Choi and Y. Ohno (2010), *Properties of drying shrinkage cracking of concrete containing fly ash as partial replacement of fine aggregate*, Magazine of Concrete Research, 62 (6), pp.427-433.

[9]. L. V. Trung, H. T. Phước, N. N. Sơn; H. V. Quân (2023), *Nghiên cứu sử dụng TB thay thế một phần cốt liệu mịn trong bê tông XM ứng dụng cho xây dựng mặt đường ô tô*, Tạp chí GTVT, số 8, tr.30-34.

[10]. M. Mao, Q. Ai, D. Zhang, S. Li, J. Li (2022), *Durability Performance of Concrete with Fly Ash as Fine Aggregate Eroded by Chloride Salt*, Adv. Mater. Sci. Eng., 6760385.

[11]. Life-365 (2020), *Service life prediction model and computer program for predicting the service life and life-cycle cost of reinforced concrete exposed to chlorides*, ACI Committe 365.

[12]. TCVN 12041:2017 (2017), *Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép - Yêu cầu chung về thiết kế độ bền lâu và tuổi thọ trong môi trường xâm thực*.

[13]. R. D. Hooton, M. D. A. Thomas and K. Standish (2001), *Prediction of chloride penetration in concrete*, p.419.

[14]. J. Olek, A. Lu, X. Feng, B. Magee (2012), *Performance-related specifications for concrete bridge superstructures*, vol.2: high performance concrete.

[15]. Q. V. Ho, T. H. M. Le and T. P. Huynh (2023), *The influence of pre-compression on the durability of high-performance concrete incorporating industrial by-products*, Proc IMechE Part L: J. Materials: Design and Applications, p.15.

[16]. Q. V. Ho, T. P. Huynh (2024), *Improving Corrosion Resistance and Prolonging the Service Life of High-performance Concrete Structures Using Fly Ash and Ground Granulated Blast-furnace Slag*, Periodica Polytechnica Civil Engineering, vol.68 (2), pp.669-683.

Ngày nhận bài: 26/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/5/2024
Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2024

Quản lý rủi ro trong xây dựng đường cao tốc tại Việt Nam

■ **ThS. TRẦN MINH ĐỨC; PGS. TS. NGUYỄN LƯƠNG HẢI(*)**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: (*)hainl@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Quản lý rủi ro đóng vai trò quan trọng trong hoạt động quản lý dự án xây dựng đường cao tốc, góp phần đảm bảo các mục tiêu của dự án. Nghiên cứu này nhằm nhận diện các rủi ro trong quá trình thi công xây dựng đường cao tốc theo vòng đời dự án. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất số phương pháp khắc phục, giảm thiểu rủi ro với quá trình xây dựng đường cao tốc tại Việt Nam.

TỪ KHÓA: Quản lý rủi ro, nhận diện rủi ro, đường cao tốc, xây dựng, vòng đời dự án.

ABSTRACT: Risk management plays a pivotal role in the management of highway construction projects, contributing to the achievement of project objectives. This study aims to identify risks encountered during the construction phase of highway projects throughout their lifecycle. Building upon this foundation, the research proposes several methods to mitigate and minimize risks associated with the construction process of highways in Vietnam.

KEYWORDS: Risk management, risk identification, highways, construction, project lifecycle.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xây dựng là một ngành nghề đặc thù, hoạt động đa dạng với nhiều lĩnh vực khác nhau nhằm mục đích sản xuất tập trung các sản phẩm không đồng nhất, theo thiết kế cố định, độc đáo, có độ phức tạp lớn và tiêu tốn chi phí cao [1], đặc biệt là với công trình có quy mô thi công lớn như đường cao tốc. Điều kiện thi công đường cao tốc hầu như không thể dự đoán trước do ảnh hưởng bởi rất nhiều thông số đầu vào và luôn ẩn chứa các yếu tố bất ngờ có thể ảnh hưởng tiêu cực đến các mục tiêu của dự án. Trong đó, điều kiện thời tiết, biến thiên địa chất và yếu tố ổn định của dòng vốn đầu tư thường là trở ngại lớn và khó lường nhất đối với quá trình thi công xây dựng [2]. Các dự án xây dựng đường cao tốc thường được lên kế hoạch để thực hiện trong thời gian dài và có ngân sách đặc biệt lớn dẫn tới kết quả thi công dự án đường cao tốc thường không ổn định. Đường cao tốc không chỉ tiêu tốn nhiều thời gian, chi phí mà còn là thành phẩm cố định, độc đáo, phức tạp, bền, yêu cầu sản xuất, phối hợp tại chỗ. Tất cả những yếu tố này đòi hỏi tiến độ, chương trình và giải pháp tạm thời khác nhau, tối ưu hóa và phù hợp nhất cho từng dự án.

Các doanh nghiệp xây dựng thông thường thường sẽ triển khai dự án với bộ máy kép chạy song song đặt tại trụ sở công ty và trên công trường, thực hiện liên tiếp các công việc không lặp lại theo đúng tiến độ dựa trên quy định hợp đồng với sự tham gia, hỗ trợ của rất nhiều nhà thầu phụ. Do những điều kiện về địa điểm thi công khó lường và sự thay đổi liên tục theo nhu cầu chủ đầu tư nên việc quản lý rủi ro một cách bài bản, khoa học, có tính linh hoạt cao là rất quan trọng trong xây dựng. Quản lý rủi ro một cách cẩn thận và chuyên nghiệp còn đòi hỏi phải sử dụng hiệu quả các nguồn tài nguyên sẵn có và quản lý có trách nhiệm một môi trường xây dựng lành mạnh dựa trên các nguyên tắc khắt khe về yêu cầu kĩ thuật. Mọi chi tiết trong thành phẩm đường cao tốc đều đòi hỏi sự tỉ mỉ, chính xác xuyên suốt từ thiết kế ý tưởng cho tới khi bàn giao đưa vào sử dụng. Quản lý rủi ro không chỉ quan trọng trong quá trình thi công hoàn thiện công trình mà còn phải hướng tới sự bền vững, hiệu quả khi đưa vào vận hành khai thác, sử dụng [1].

Đối với Việt Nam đang trong giai đoạn phát triển mạnh mẽ mạng lưới đường cao tốc, vì vậy quản lý rủi ro trong xây dựng đường cao tốc là hết sức cần thiết, nhằm tiết kiệm chi phí đầu tư, đồng thời đảm bảo các chỉ tiêu kinh tế, xã hội của dự án đầu tư.

2. CÁC LOẠI RỦI RO TRONG QUÁ TRÌNH XÂY DỰNG ĐƯỜNG CAO TỐC

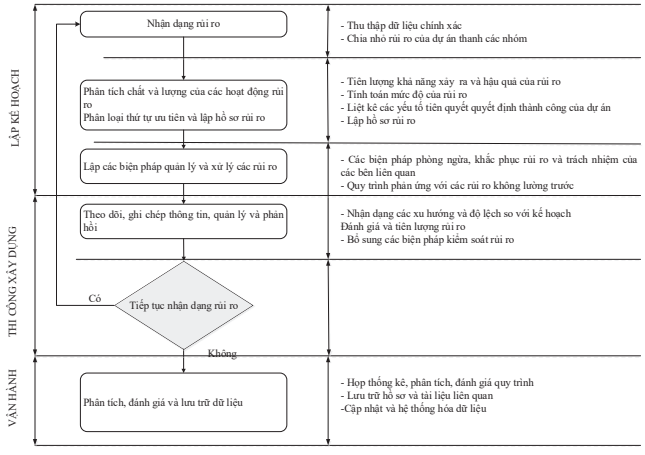
Một trong những yếu tố quan trọng nhất để phát triển kinh tế ở bất kì khu vực nào chính là cơ sở hạ tầng giao thông đảm bảo khả năng kết nối và khối lượng xe cộ hàng hóa lưu thông. Hầu hết mọi hàng hóa nội địa của Việt Nam chủ yếu được vận tải thông qua mạng lưới đường bộ, đặc biệt là các tuyến đường cao tốc huyết mạch, nối liền các khu vực kinh tế với nhau. Xem xét kỹ lưỡng những yếu tố này, việc xây dựng đường cao tốc đảm bảo các tiêu chí kỹ thuật, an toàn và tiết kiệm tối đa ngân sách nhà nước là rất khó khăn trong suốt thời gian dự kiến với nguồn lực thường tương đối eo hẹp. Chi phí xây dựng mỗi kilomet đường cao tốc đặc biệt cao, với đường cao tốc 4 làn xe, ước tính trung bình hiện nay khoảng 186 tỷ đồng.

Chính vì vậy, việc đánh giá rủi ro xây dựng công trình đường cao tốc tốn rất nhiều thời gian và nguồn lực, yêu cầu trình độ nhân sự rất cao, bắt đầu từ giai đoạn lập kế hoạch, thi công xây dựng cho tới giai đoạn khai thác vận hành, bảo trì bảo dưỡng. Những rủi ro thường gặp phải tại các công trình xây dựng quy mô lớn thường xuất phát từ quy trình

phức tạp, khí hậu thời tiết, nguồn tài chính, giải phóng mặt bằng và nhiều yếu tố thay đổi theo từng dự án cụ thể khác [2]. Từ việc phân loại xác định các thông số rủi ro tiềm ẩn và tầm ảnh hưởng của chúng tới dự án, có thể tối ưu hóa các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật của dự án xây dựng đường cao tốc như:

- Giảm thời gian di chuyển trung bình giữa các khu vực được kết nối;
- Tiết kiệm nhiên liệu, giảm chi phí vận hành phương tiện trên mỗi kilomet đường;
- Tăng độ an toàn để giảm thiểu các tai nạn đường bộ;
- Tăng tuổi thọ đường cao tốc, giãn chu kỳ bảo dưỡng bảo trì định kỳ;
- Giảm chi phí, thời gian thi công xây dựng đường cao tốc.

Việc phân loại xác định rủi ro thường sẽ được triển khai theo từng giai đoạn phát triển của dự án. Với dự án đường cao tốc, công tác quản lý rủi ro có thể được mô tả một cách khái quát như sau:



Hình 2.1: Quy trình quản lý rủi ro theo từng giai đoạn của dự án

2.1. Giai đoạn 1: Lập kế hoạch

Lập kế hoạch, thường bắt đầu từ lập các báo cáo nghiên cứu tiền khả thi, báo cáo nghiên cứu khả thi, là giai đoạn quan trọng nhất vì nó xác định sự phát triển chiến lược của bất kỳ hoạt động nào theo các yếu tố như:

- Tính kết nối: Các khu công nghiệp, nông nghiệp, kho bãi, khu vực địa lí được liên kết để vận chuyển hàng hóa.
- Tính kinh tế: Giảm chi phí đi lại trên mỗi kilomet đường, hoàn thành dự án trong phạm vi ngân sách, đồng thời tạo ra các đặc khu kinh tế và hành lang kinh tế.
- Tạo cơ sở hạ tầng để phát triển cho ngành du lịch, văn hóa, tôn giáo.

Việc lập kế hoạch được thực hiện theo mục tiêu đề ra của dự án. Những rủi ro gặp phải trong quá trình lập kế hoạch thường xuất phát từ những sai sót trong quá trình lập quy hoạch, thiết kế. Những sai sót liên quan đến quy hoạch, thiết kế có thể dẫn đến tổn thất rất lớn nếu không được khắc phục trước khi thi công. Những rủi ro thường gặp ở giai đoạn này bao gồm dữ liệu địa hình, báo cáo điều tra địa điểm, khảo sát địa chất, phương án đề xuất thiết kế ở mức kém [3]. Các rủi ro trong giai đoạn này hoàn toàn có các phương án khắc phục như:

- Thu thập dữ liệu chính xác và đáng tin cậy từ các nguồn thông tin địa phương và dự án trước đó, so sánh điểm tương đồng và khác biệt giữa dự án đã thực hiện và dự án sắp triển khai;
- Giảm thiểu sai sót trong việc thu thập và xử lí dữ liệu đầu vào;
- Tối ưu hóa độ chính xác trong bản vẽ thiết kế chi tiết và thông số kỹ thuật;
- Nhân sự tham gia cần đảm bảo đủ kinh nghiệm và năng lực chuyên môn trong các phương án đề xuất.

2.2. Giai đoạn 2: Thi công xây dựng

Quản lý rủi ro khi thi công: Các rủi ro có thể xảy ra do nhiều yếu tố bên trong và bên ngoài ảnh hưởng đến việc hoàn thành dự án và có thể kéo dài hàng tháng đến hàng năm tùy theo chiều dài của con đường. Các tai nạn hoặc rủi ro có thể được quản lý và ngay cả khi đã xảy ra sự cố, mất mát, nó có thể được giảm thiểu bằng các phương án, hành động thích hợp trong các kế hoạch giảm thiểu rủi ro. Do đó, luôn luôn cần có một nhóm chuyên gia dày dặn kinh nghiệm trong các dự án tương tự cùng nhau lập kế hoạch rủi ro và phối hợp với các nhà thầu xử lý các nội dung như:

- Thỏa thuận hợp đồng rõ ràng và được xác định rõ ràng giữa các bên;
- Trung gian giải quyết các tranh chấp và khoảng cách giao tiếp giữa các bên;
- Sửa đổi và phê duyệt các kế hoạch dự án;
- Điều chỉnh lại dự toán, đền bù, giao thông, thuế và cả chi phí vận chuyển nếu dự án ở những địa điểm xa xôi;
- Phân bổ và sắp xếp chi phí vào đúng thời điểm;
- Các quy trình an toàn và quy trình vận hành tiêu chuẩn nhằm giảm thiểu tai nạn cho người lao động và bảo vệ thiết bị;
- Thành lập đội ngũ chuyên gia để đánh giá xem xét kế hoạch, bản vẽ và quản lý các hoạt động thi công;
- Quản lý hiệu quả các điều kiện làm việc như ban đêm, khu vực ùn tắc giao thông, địa hình khu vực hiểm trở;
- Đấu thầu các nhà cung cấp vật liệu xây dựng để cắt giảm chi phí, tránh độc quyền.

Một số rủi ro hiện hữu thường gặp khi xây dựng đường cao tốc có thể kể đến như:

- Rủi ro giao thông: Điều phối, thiết kế phương án lưu thông phương tiện, hàng hóa không phù hợp dẫn đến ùn tắc, chậm trễ;
- Rủi ro giải phóng mặt bằng: Chậm trễ thu hồi đất dẫn đến tất cả mọi công tác khác bị chậm theo;
- Rủi ro về hạ tầng bổ trợ: Không có sẵn nhiên liệu, điện và các cơ sở hạ tầng cần thiết không được bổ sung, di dời vào đúng thời điểm làm trì hoãn công việc;
- Rủi ro về an toàn lao động: Tiếng ồn quá mức, lặp đi lặp lại gây ra các vấn đề về thính giác lâu dài, có thể gây mất tập trung nguy hiểm, môi trường lao động tập trung ẩn chứa nhiều nguy cơ tệ nạn, dịch bệnh, mất vệ sinh an toàn lao động;
- Rủi ro về thời tiết, điều kiện khí hậu ảnh hưởng trực tiếp tới sức khỏe người lao động và máy móc, vật tư thi công công trình;
- Rủi ro khi sử dụng máy móc, thiết bị: Trình độ của

người sử dụng vận hành không đạt yêu cầu, gây ra những tác hại lớn như tai nạn lao động, hư hỏng máy móc, chất lượng thi công không đảm bảo. Máy móc vật tư sau khi thi công chưa kiểm tra kỹ trước khi chuyển ra công trường, không được bảo dưỡng định kỳ đúng cách, thường xuyên dẫn đến hao mòn, hỏng hóc;

- Rủi ro trong quá trình giám sát, nghiệm thu, bàn giao: Các rủi ro trong thi công xây dựng đến từ các nguyên nhân chủ quan như: Người giám sát kiểm tra không thực hiện theo quy chế, có sự tiêu cực giữa giám sát thi công của chủ đầu tư cũng như điều hành thi công của nhà thầu;

- Rủi ro khi xử lý các thủ tục hành chính, pháp lý: Rào cản về thủ tục hành chính vẫn luôn ảnh hưởng không nhỏ đến khả năng và tiến độ hoàn thành của dự án. Một số rủi ro có thể xảy ra như: Thay đổi chính sách thuế làm thay đổi các khoản thu nhập, thay đổi hạn ngạch, thuế quan, thay đổi các quy định về mức lương tối thiểu hay chế độ làm việc. Ngoài ra, còn một số rủi ro khác như Chính phủ áp dụng biện pháp lãi suất để quản lý và kiểm soát lạm phát, hay quy định về kiểm soát chất thải, bảo vệ môi trường.

2.3. Giai đoạn 3: Vận hành và bảo trì

Sau khi xây dựng, các dự án sẽ được bàn giao cho các bên liên quan tự vận hành và bảo trì hoặc được cung cấp trên cơ sở hợp đồng. Nếu không được bảo trì đúng cách, tuổi thọ của đường sẽ giảm và đường dễ bị xuống cấp, hư hỏng, gây bất tiện cho người sử dụng và còn gây ra tai nạn. Những quy trình vận hành còn thiếu sót như vậy có thể được coi là rủi ro và cần phải có phương án quản lý cơ sở hạ tầng đường bộ phù hợp [4]. Rủi ro trong vận hành và bảo trì bao gồm:

- Chi phí vận hành và chi phí bảo trì có thể tăng cao dẫn đến doanh thu từ lượng xe lưu thông thấp hơn dự kiến;

- Mức độ ô nhiễm không khí và tiếng ồn cũng tăng do tiêu chuẩn vận hành kém;

- Tỷ lệ tai nạn tăng do không bảo trì các đoạn đường bị hư hỏng.

Quản lý rủi ro trong vận hành và bảo trì bao gồm:

- Nghiên cứu khả thi để xác định các khu vực dễ bị rủi ro;

- Thực hiện quy trình nghiệp vụ trong lãnh đạo và kiểm soát các hoạt động;

- Ưu tiên ngân sách hiệu quả cho hoạt động vận hành và bảo trì để kiểm tra rủi ro tài chính;

- Tư vấn chuyên môn để thiết lập các tiêu chuẩn vận hành an toàn và chất lượng;

- Xử lý lực lượng lao động hiệu quả.

Ngoài ra cũng cần duy trì các hoạt động trên đường định kỳ như:

- Kiểm soát giao thông phương tiện;

- Giữ biển báo và khoảng cách tầm nhìn rõ ràng;

- Kiểm tra và sửa chữa định kỳ nếu có hư hỏng;

- Theo dõi kiểm kê hoặc cơ sở dữ liệu trên đường.

3. KẾ HOẠCH QUẢN LÝ RỦI RO

Quản lý rủi ro đã được phân loại thành một hệ thống dựa trên các giai đoạn cụ thể trong suốt vòng đời dự án mà người ta có thể lập kế hoạch để tránh hoặc giảm thiểu tác động của rủi ro trong xây dựng đường cao tốc. Các giai đoạn này được tổ chức dựa trên các yếu tố rủi ro được xác định bởi các chuyên gia giàu kinh nghiệm và chuyên môn cùng các công cụ hỗ trợ và công nghệ tiên tiến nhất. Với dự án có ngân sách vốn đầu tư khổng lồ như đường cao tốc, có thể thấy thiệt hại sẽ là vô cùng lớn nếu như công tác quản lý rủi ro yếu kém, lỏng lẻo, đặc biệt là khi xảy ra phản ứng rủi ro dây chuyền. Vì vậy, các giám đốc dự án hoặc chuyên viên/nhóm chuyên gia quản lý rủi ro chuyên trách cần phải:

- Xác định rõ những tồn tại, hạn chế của dự án và các yếu tố gây chậm trễ tiến độ là rủi ro;

- Xác định và đánh giá các rủi ro liên quan đến dự án bằng khảo sát về các dự án tương tự để phân tích, đánh giá, so sánh rủi ro trong dữ liệu đã thu thập trước đó;

- Giám sát rủi ro để chuẩn bị kế hoạch ứng phó rủi ro và thực hiện nếu có rủi ro;

- Xem xét các rủi ro từ kết quả phân tích, những rủi ro nghiêm trọng nhất được xác định theo kế hoạch;

- Liên tục theo dõi, điều chỉnh kế hoạch thực hiện dự án nếu có bất kì mối lo ngại nào được xác định, dựa trên mức độ cấp bách thực tế;

- Rủi ro cũng có thể được chia sẻ với các bên liên quan để tăng lợi ích tiềm năng chung trong khoảng thời gian thực hiện dự án;

- Kiểm soát toàn bộ dự án bằng các chiến lược hoặc hệ thống cảnh báo để xác định và ứng phó với các rủi ro đã biết;

- Chấp nhận một số rủi ro không thể tránh khỏi và lập kế hoạch tận dụng những lợi ích tích cực từ chúng.

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân loại các rủi ro có thể xảy ra khi triển khai đầu tư xây dựng dự án đường cao tốc theo hướng tổng quát và phân chia cụ thể theo từng giai đoạn trong vòng đời dự án. Đồng thời, trình bày các bước lập kế hoạch quản lý rủi ro cho dự án đường cao tốc. Trên cơ sở đó, các nhà quản lý có thể phân tích chi tiết các phương án phòng ngừa, giảm thiểu và triệt tiêu rủi ro cho dự án đầu tư xây dựng đường cao tốc.

Tài liệu tham khảo

[1]. PMBOK® *Guide - Seventh Edition.*

[2]. Kasapoğlu, E. (2018), *Risk management in construction, Sustainable Buildings: Interaction between a Holistic Conceptual Act and Material Properties*, 49-71.

[3]. PMI, P. (2019), *The standard for risk management in portfolios, programs and projects*, In Project Management Institute.

[4]. U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration (October, 2006), *Risk assessment and allocation for highway construction Management.*

Ngày nhận bài: 01/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 25/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2024

Nghiên cứu ứng dụng công nghệ radar xuyên đất dò tìm đối tượng ngầm phục vụ công tác thành lập bản đồ công trình ngầm

■ **TS. TRẦN QUANG HỌC**
Trường Đại học Giao thông vận tải
Email: hoctq@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Công nghệ radar xuyên đất (Ground Penetrating Radar - GPR) là phương pháp địa vật lý sử dụng sóng điện từ tần số cao (từ 10 MHz đến 3.000 MHz), nhằm phát hiện các đối tượng ngầm dưới mặt đất như kim loại, phi kim... mà không cần đào hay phá hủy. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPR đã được thực hiện trong những năm gần đây trong việc dò tìm các đối tượng công trình ngầm. Tuy nhiên, ứng dụng trong công tác thành lập bản đồ công trình ngầm vẫn còn hạn chế. Vì vậy, trong bài báo này, nhóm tác giả trình bày sâu cơ sở lý thuyết và kiểm chứng thực nghiệm để khẳng định khả năng ứng dụng của phương pháp GPR trong thành lập bản đồ công trình ngầm. Từ đó, nhóm tác giả cũng đề xuất quy trình thành lập bản đồ công trình ngầm bằng phương pháp GPR tại Việt Nam.

TỪ KHÓA: Công nghệ radar xuyên đất - GPR, bản đồ công trình ngầm.

ABSTRACT: Ground Penetrating Radar (GPR) technology is a geophysical method that uses high-frequency electromagnetic waves (from 10 MHz to 3,000 MHz) to detect underground objects such as metals, non-metals, etc., without the need for excavation or destruction. Research on the application of GPR technology has been conducted in recent years for locating underground construction objects. However, its application in creating underground construction maps is still limited. Therefore, in this paper, the authors present the theoretical basis and experimental verification to confirm the applicability of the GPR method in creating underground construction maps. From this, the authors also propose a process for creating underground construction maps using the GPR method in Vietnam.

KEYWORDS: Ground Penetrating Radar - GPR, underground construction map.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay ở Việt Nam, nhu cầu thành lập bản đồ công trình ngầm ở các khu vực đô thị là rất cấp thiết, nhằm phục vụ cho công tác thiết kế, thi công và quản lý các công trình cơ sở hạ tầng cũng như ngầm hóa các tuyến cáp trên cao. Trong khi đó, hồ sơ tài liệu về công trình ngầm ở nước ta từ trước đến nay chưa được quản lý thống nhất và đặc biệt là chưa hề có bản đồ công trình ngầm đúng với ý nghĩa của nó. Đây cũng chính là khó khăn rất lớn cho các đơn vị thiết kế và thi công các công trình quan trọng trong khu vực đô thị. Tất cả các yếu tố đã nêu trên đặt ra một yêu cầu mang tính cấp bách, đó là cần phải thành lập bản đồ công trình ngầm ở khu vực đô thị với mục đích quản lý, khai thác và quy hoạch phát triển không gian ngầm ở các khu vực đô thị tại Việt Nam.

Ở nước ngoài, theo các nghiên cứu [1, 2], việc ứng dụng công nghệ GPR để phát hiện và khoanh vùng nhiều hang karst trên cả một dải núi dài và đã đánh giá được mức độ chứa nước trong các hang hốc làm cơ sở cho việc khai thác nguồn nước ngầm. Hoặc tại Trung Quốc [1], công nghệ georada đã được sử dụng có hiệu quả trong việc khảo sát nền móng đập Tam Hiệp và đã tìm ra nhiều vị trí hang hốc trong đá, đánh giá được độ nứt nẻ và mức độ chứa nước trong các khối đá gốc. Tại Mỹ [2] đã sử dụng phương pháp GPR để xác định các ranh giới nước mặn, nước nhạt cũng như ranh giới nước sạch và nước bị ô nhiễm đối với các tầng chứa nước gần mặt đất, ngoài ra còn phát hiện ra nhiều thấu kính chứa nước ngay trên đỉnh các mỏ đang khai thác hầm lò hoặc đã tìm ra vị trí các đường hầm lò cổ, các giếng lò cổ đã bị lấp đầy bằng các vật liệu trầm tích. Sử dụng công nghệ GPR để tìm kiếm hang hốc, đường hầm, công trình ngầm trong các thành phố, xác định vị trí khảo cổ học.

Tại Việt Nam, năm 2002 - 2005, PGS. TS. Phan Văn Hiến (Trường Đại học Mỏ - Địa chất) thực hiện Đề tài "Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hiện đại điều tra, lập bản đồ công trình ngầm khu vực thành phố Hà Nội" [3], đây là nghiên cứu đầu tiên ở Việt Nam ứng dụng công nghệ GeoRadar để điều tra, dò tìm công trình ngầm, lập bản đồ công trình ngầm ở nước ta. Năm 2008, Đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ: "Ứng dụng phương pháp GeoRada trong điều tra tai biến địa chất tìm kiếm nước dưới đất và khoáng sản kim loại" [4], do Liên đoàn vật lý địa chất đã thực hiện với sản phẩm của đề tài là: Quy trình công nghệ trong điều tra tai biến địa chất và tìm kiếm nước ngầm trong các đới phá hủy, dập vỡ và hang carst.

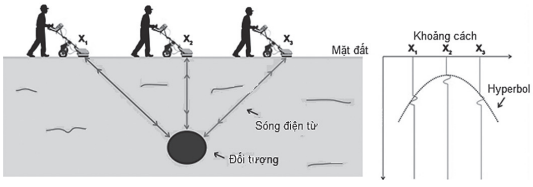
Như vậy, việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ GPR trong khảo sát thăm dò địa chất nhằm phát hiện các hang động, hố các-tơ, trên thế giới và Việt Nam đã được nghiên cứu và ứng dụng nhiều. Tuy nhiên, công tác nghiên cứu và

triển khai thành lập bản đồ công trình ngầm tại các khu đô thị, dân cư, khu công nghiệp còn hạn chế; chưa xây dựng được quy định pháp lý, tiêu chuẩn về công tác thành lập bản đồ công trình ngầm với ứng dụng công nghệ GPR. Vì vậy, cần thêm các nghiên cứu, với ứng dụng công nghệ mới để từ đó góp phần hoàn thiện cơ sở lý thuyết và khoa học trong công tác thành lập bản đồ công trình ngầm tại Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tổng quan về công nghệ GPR

Radar xuyên đất GPR là một phương pháp địa vật lý thăm dò, sử dụng sóng điện từ ở dải tần từ 10 - 3.000 MHz. Sóng điện từ sẽ được phát từ ăng-ten phát và lan truyền vào môi trường đất đá. Khi gặp bề mặt phân cách giữa các lớp vật liệu, sóng điện từ sẽ phản xạ lại và được thu nhận bằng ăng-ten thu. Dựa vào thời gian từ lúc phát sóng đến lúc thu, sẽ xác định được vị trí và độ sâu đối tượng [5].



Hình 2.1: Minh họa nguyên lý hoạt động của phương pháp GPR

Công nghệ radar xuyên đất (GPR) là công nghệ tiên tiến nhất hiện nay, công nghệ ứng dụng với mục đích định vị các công trình ngầm tiện ích và kiểm tra các kết cấu bê tông. Sử dụng công nghệ radar xuyên đất để xuyên vào các lớp dưới mặt đất và bên trong các lớp bê tông để khảo sát và xác định định vị tất cả các công trình ngầm.

Các đối tượng như đường ống, dây cáp, công trình ngầm, rễ cây và đất đá sẽ phản xạ theo dạng hình Hyperbol trên màn hình của thiết bị GPR. Hình Hyperbol xuất hiện là khi sóng GPR không xuyên vào lòng đất theo dạng chùm tia bức xạ trông giống như hình nón dưới dạng 3D. Tín hiệu phản xạ có thể xuất hiện mặc dù những đối tượng không trực tiếp ở ngay dưới thiết bị cảm biến của GPR.

Nguyên lý đo độ sâu: Radar xuyên đất ghi lại thời gian sóng vô tuyến truyền đến mục tiêu và quay lại; nó không đo độ sâu tới mục tiêu đó một cách trực tiếp. Độ sâu tới mục tiêu được tính toán dựa trên vận tốc mà sóng truyền đến mục tiêu và quay lại.

Nguyên lý xác định độ sâu của đối tượng ngầm được xác định như sau:

$$D = \frac{V.T}{2}$$

Trong đó: D - Độ sâu; *V* - Vận tốc sóng; *T* - Thời gian sóng truyền sóng 2 chiều.

Độ chính xác xác định độ sâu phụ thuộc vào tần số radar, công suất phát, hằng số điện môi của đất, cũng như hình dạng và đặc tính của đối tượng.

2.2. Bản đồ công trình ngầm

Bản đồ công trình ngầm [6], là một công cụ quan trọng giúp thể hiện đầy đủ thông tin về quy hoạch, phân vùng và tình trạng hiện tại của các công trình ẩn sau lớp đất hoặc dưới lòng nước. Được thiết kế để cung cấp cái nhìn toàn diện về cơ sở hạ tầng ngầm, bản đồ này không chỉ giúp quản lý môi trường mà còn đóng vai trò quan trọng trong quá trình quy hoạch đô thị và phát triển hạ tầng.

Các yếu tố quyết định trên bản đồ công trình ngầm bao gồm quy hoạch, tổ chức không gian và hiện trạng của hệ thống dưới mặt đất hoặc nước. Điều này mang lại lợi ích lớn trong việc đảm bảo an toàn và hiệu quả trong quản lý tài nguyên, ngăn chặn xung đột giữa các dự án và tạo ra một kế hoạch bền vững cho sự phát triển. Ngoài ra, bản đồ công trình ngầm không chỉ hỗ trợ các cơ quan quản lý mà còn là công cụ quan trọng cho các nhà đầu tư và nhà phát triển, giúp họ hiểu rõ hơn về tiềm năng và rủi ro của khu vực đang quan tâm. Việc sử dụng thông tin chính xác và đầy đủ từ bản đồ này đồng thời giúp tăng cường khả năng dự đoán và quản lý rủi ro trong quá trình triển khai dự án.

Bản đồ công trình ngầm là bản đồ chuyên đề thể hiện các đối tượng công trình ngầm trong một hệ tọa độ và hệ thống ký hiệu quy ước thống nhất. Các đối tượng được thể hiện rõ về vị trí, kích thước, chất liệu. Bản đồ công trình ngầm được thành lập ở tỷ lệ từ 1:500 đến 1:2000 theo mục đích sử dụng. Căn cứ vào bảng phân loại công trình ngầm và các quy tắc quản lý công trình ngầm, nhóm tác giả đề xuất nội dung bản đồ công trình ngầm với 4 nhóm lớp đối tượng:

1. Nhóm lớp cơ sở toán học: Khung bản đồ, lưới kilomet hoặc lưới kinh vĩ tuyến, chú dẫn trình bày ngoài khung và các nội dung có liên quan.

2. Nhóm cơ sở địa lý: Thủy hệ, hệ thống giao thông công trình trên mặt đất.

3. Nhóm hạ tầng kỹ thuật: Bao gồm các hệ thống nước (cấp nước, thoát nước thải, thoát nước mưa), hệ thống điện, hệ thống viễn thông.

4. Nhóm công trình ngầm khác: Bao gồm các hệ thống công trình ngầm như bãi đỗ xe ngầm, công trình giao thông ngầm...

2.3. Đề xuất quy trình thành lập bản đồ công trình ngầm

Căn cứ vào nội dung của bản đồ công trình ngầm, nhóm tác giả đề xuất quy trình thành lập bản đồ công trình ngầm ứng dụng công nghệ GPR như sau:

1. Thu nhập dữ liệu bản đồ: Trước tiên cần thu thập dữ liệu bản đồ tỷ lệ lớn nhất của khu vực cần dò quét, các bản đồ hoàn công trong quá trình thi công các công trình ngầm.

2. Khảo sát thực địa: Tiến hành khảo sát hiện trường để lên kế hoạch thực hiện.

3. Dò tìm công trình ngầm: Tiến hàng dò quét tìm công trình ngầm theo phương án đã lên kế hoạch.

4. Đo nối tọa độ và độ cao: Sau khi xác định được vị trí của đối tượng, cần thiết phải đo nối tọa độ, độ cao của đối tượng để cập nhật lên bản đồ. Sử dụng công nghệ GNSS RTK hoặc đo nối bằng máy toàn đạc điện tử.

5. Phân tích và xử lý số liệu: Dữ liệu dò quét được đưa vào phần mềm để xử lý nâng cao chất lượng hình ảnh để phục vụ cho công tác phân tích dữ liệu.

6. Xây dựng cơ sở dữ liệu công trình ngầm: Sử dụng các thông tin khi thiết kế và hoàn công công trình ngầm, xây dựng cơ sở dữ liệu bản đồ công trình ngầm theo các đối tượng để phục vụ cho công tác lưu trữ quản lý thông tin công trình ngầm.

7. Biên tập trình bày nội dung bản đồ: Kết hợp bản đồ hiện trạng trên mặt đất, các đối tượng dò tìm được dưới mặt đất, sử dụng các ký hiệu, màu sắc để biên tập thành lập bản đồ công trình ngầm.

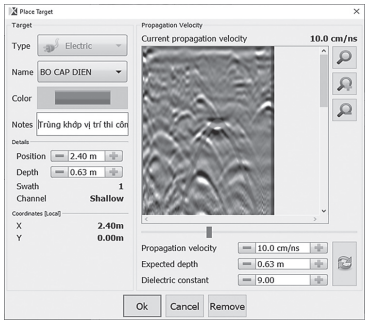
8. Kiểm tra giao nộp sản phẩm: Tiến hành kiểm tra tất cả các bước trong quá trình thực hiện; hoàn thiện báo cáo thuyết minh, các biên bản nghiệm thu hiện trường, trong phòng, đóng gói và giao nộp sản phẩm cho chủ đầu tư.

2.4. Thực nghiệm dò tìm đối tượng công trình ngầm

Khu vực thực nghiệm là một tuyến hẻm tại TP. Hồ Chí Minh, đây là tuyến hẻm do đơn vị quản lý nhà nước đang tiến hành số hóa lại dữ liệu tuyến cáp điện ngầm hiện hữu để đưa vào phần mềm GIS phục vụ công tác quản lý vận hành lưới điện [7]. Trong tuyến này, cũng có một số vị trí đang sửa chữa, có mương đào để có điều kiện kiểm tra đối chứng độ chính xác của thiết bị. Thiết bị sử dụng là máy GPR DS2000 của hãng Leica Geosystems, máy có 2 tần số 250 Hz và 700 Hz, tần số lấy mẫu 400 Hz [8].

Hình 2.2: Khu vực thực nghiệm dò tìm các đối tượng ngầm

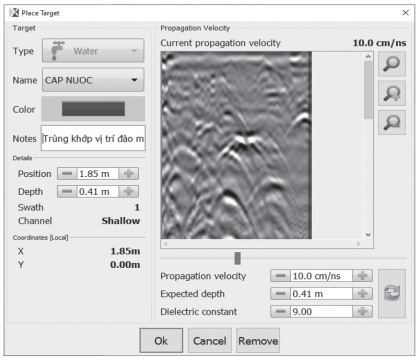
** Thực nghiệm tại vị trí 1:* Dò tìm đường cáp điện trung thế.

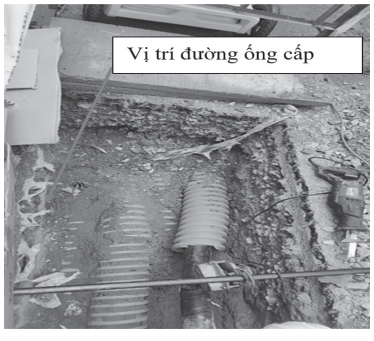


Hình 2.3: Kết quả thực nghiệm tại khu vực số 1

Dựa trên kết quả xử lý dữ liệu GPR, tín hiệu điển hình của bó cáp điện với các Hyperbol nằm gần sát nhau như *Hình 2.3*. Độ sâu bó cáp điện dò được là 0,63 m, kết quả đo kiểm tra khi thi công là 0,62 m.

** Thực nghiệm tại vị trí 2:* Dò tìm đường ống cấp nước.



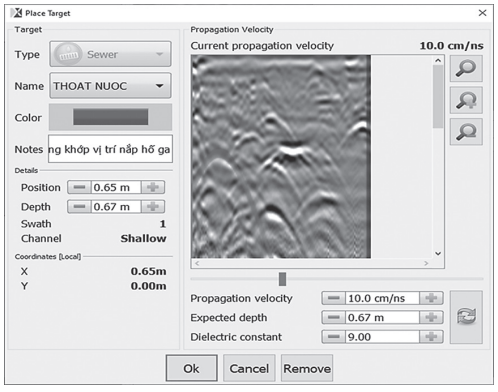


Hình 2.4: Hình ảnh dò tìm đường ống cấp nước

Kết quả phân tích hình ảnh từ dữ GPR cho thấy tín hiệu "vọng" điển hình của đường ống dẫn nước (phi kim) với các Hyperbol đồng trục thẳng đứng như *Hình 2.4*. Độ sâu đường cấp nước trên phần mềm là 0,41 m, kết quả đo kiểm tra khi thi công là 0,42 m.

** Thực nghiệm tại vị trí 3:* Dò tìm đường cống thoát nước.

Kết quả phân tích hình ảnh từ dữ GPR cho thấy có đỉnh parabol nằm ở độ sâu 0,67 m như *Hình 2.5*, kiểm tra theo tuyến đường công thoát nước tới vị trí hố ga, đo kiểm tra độ cao đỉnh ống công nhận được là 0,65 m.



Hình 2.5: Hình ảnh dò tìm đường ống cấp nước

Để cập nhật dữ liệu các đối tượng công trình ngầm lên bản đồ, có thể sử dụng máy toàn đạc điện tử, công nghệ GNSS RTK để đo xác định tọa độ các đối tượng công trình ngầm đã được xác định và đánh dấu trên thực địa. Trong thực nghiệm này sử dụng thiết bị định vị vệ tinh Meridian M5 tiến hành đo xác định tọa độ các vị trí đã đánh dấu trên thực địa, tọa độ các điểm này được xác định trong hệ tọa độ VN-2000. Sau khi có dữ liệu tọa độ các điểm, có thể sử dụng các phần mềm để vẽ đối tượng ngầm, đồng bộ với bản đồ hiện trạng trên mặt đất sẽ cho bản đồ công trình ngầm. Trên *Hình 2.6* thể hiện các đối tượng công trình ngầm là đường cấp điện trung thế trên nền bản đồ Google Map để tiện cho việc theo dõi và quản lý.

Hình 2.6: Các đối tượng công trình ngầm được thể hiện trên nền bản đồ Google map

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Công nghệ GPR có nhiều ưu điểm cho phép xác định chính xác vị trí, độ sâu các đối tượng ngầm cấu tạo bằng chất liệu kim loại hay phi kim loại, hoặc xác định các dị thường trong cấu trúc ngầm mà không cần phá hủy. Sử dụng công nghệ này rất thuận tiện trong các khu đô thị, khu vực kiến trúc hoặc văn hóa.

Ngược lại, công nghệ này không tự phân loại đối tượng như vật liệu, kích thước, chủng loại của các công trình ngầm. Độ chính xác của kết quả dò tìm đối tượng công trình ngầm phụ thuộc vào kinh nghiệm của người xử lý dữ liệu, phân tích hình ảnh nhận được. Để nâng cao độ chính xác cần phải sử dụng kết hợp các bản vẽ hoàn công (nếu có), khảo sát các dấu hiệu tại hiện trường, sử dụng kết hợp với các thiết bị khác... để thu được thông tin đầy đủ hơn về các đối tượng công trình ngầm.

4. KẾT LUẬN

Quá trình nghiên cứu lý thuyết về công nghệ GPR và thực nghiệm để xác định vị trí các đối tượng công trình ngầm có thể rút ra một số kết luận như sau:

- Phương pháp GPR là phương pháp khảo sát không phá hủy, dữ liệu khảo sát được thu thập ngay tại hiện trường; phát hiện được nhiều loại vật liệu khác nhau như các vật thể kim loại và phi kim cũng như các khoảng trống bất thường dưới lòng đất;
- Hoàn toàn có thể ứng dụng công nghệ GPR trong khảo sát dò tìm đối tượng công trình ngầm phục vụ các công tác thiết kế, quy hoạch xây dựng và quản lý công trình ngầm tại Việt Nam;
- Cần có cơ sở pháp lý của Nhà nước về quy trình thực hiện thành lập bản đồ bằng công nghệ GPR, cũng như định mức đơn giá cho công tác này để làm cơ sở thực hiện.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-CT-010. Nhóm tác giả xin cảm ơn Công ty TNHH Chuyển giao Công nghệ cao Quốc tế (ILTech Co., Ltd) đã hỗ trợ nhóm phần thực nghiệm.

Tài liệu tham khảo

[1]. *The applications of GPR to civil engineering in China, https://ieeexplore.ieee.org/document/615848.*

[2]. *Ground penetrating radar imaging of the freshwater/saltwater interface on a carbonate island, Key Largo, Florida, https://www.researchgate.net/publication/253867768_Ground_penetrating_radar_imaging_of_the_freshwatersaltwater_interface_on_a_carbonate_island_Key_Largo_Florida.*

[3]. Phan Văn Hiến (2002 - 2005), *Đề tài "Nghiên cứu ứng dụng phương pháp hiện đại điều tra, lập bản đồ công trình ngầm khu vực thành phố Hà Nội".*

[4]. Liên đoàn Địa vật lý (2008), *Đề tài "Ứng dung phương pháp GeoRada trong điều tra tai biến địa chất tìm kiếm nước dưới đất và khoáng sản kim loại".*

[5]. *https://iltech.com.vn/vn/cong-nghe-radar-xuyen-dat-la-gi-loi-the-cua-cong-nghe-ung-dung.html.*

[6]. Quốc hội Việt Nam, *Luật Đo đạc và Bản đồ số 27/2018/QH14 ngày 14/6/2018.*

[7]. *https://iltech.com.vn/vn/iltech-nhanh-chong-chuyen-giao-xong-thiet-bi-radar-xuyen-dat-va-thiet-bi-dinh-vi-ve-tinh-gnss.html.*

[8]. *Leica DS2000 User Manual.*

Ngày nhận bài: 03/5/2024
Ngày nhận bài sửa: 13/5/2024
Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2024

Nghiên cứu đánh giá tình hình tai nạn giao thông trên địa bàn Hà Nội giai đoạn 2018 - 2022

■ **TS. NGUYỄN XUÂN HIỀN(*); LÊ QUANG MINH; ĐÀO GIA HIẾU**
NGHIÊM MẠNH HÙNG; LÊ THANH HẢI; NGUYỄN TIẾN ĐẠT
Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **TS. HÀ VĂN MUÔN**
Trường Đại học Thông tin liên lạc
Email: (*)hiennx@utc.edu.vn

TÓM TẮT: TNGT đang là một vấn đề nhức nhối tại Việt Nam, đặc biệt là tại những thành phố lớn như Thủ đô Hà Nội. TNGT gây ra nhiều hậu quả nghiêm trọng về người và tài sản, ảnh hưởng đến sự phát triển kinh tế - xã hội của Thành phố. Bài báo nghiên cứu đánh giá tình hình TNGT trên địa bàn TP. Hà Nội trong những năm gần đây, đưa ra cái nhìn tổng quan về thực trạng TNGT, từ đó đề xuất các giải pháp phù hợp nhằm giảm thiểu TNGT; nâng cao nhận thức của người dân về ATGT; góp phần xây dựng một môi trường giao thông an toàn và văn minh.

TỪ KHÓA: Tai nạn giao thông, an toàn giao thông, TP. Hà Nội, 4Es.

ABSTRACT: Traffic accidents are a pressing issue in Vietnam, especially in major cities like the capital, Hanoi. Traffic accidents result in serious consequences for both people and property, impacting the city's socio-economic development. This article examines the situation of traffic accidents in Hanoi in recent years, providing an overview of the current situation and proposing suitable solutions to minimize traffic accidents, enhance public awareness of traffic safety, and contribute to building a safe and civilized traffic environment.

KEYWORDS: Traffic accidents, traffic safety, Hanoi city, 4Es.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

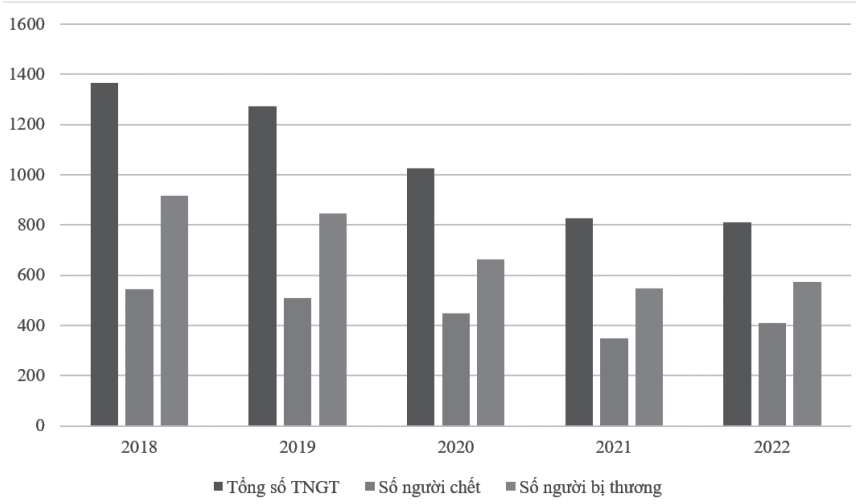
Trên hành trình phát triển của xã hội hiện đại, ATGT nổi lên như một vấn đề nhức nhối, thu hút sự quan tâm của cộng đồng quốc tế. Tính đến năm 2021, số vụ tử vong do TNGT vẫn ở mức cao, lên đến 1,19 triệu vụ, tập trung chủ yếu ở các quốc gia có thu nhập thấp và các vùng như châu Phi, Đông Nam Á, Tây Á... [1]. TNGT cũng gây ra những hậu quả nặng nề về kinh tế và xã hội, trở thành một trong những vấn đề lớn nhất về phòng chống thương tích và sức khỏe cộng đồng trên thế giới.

Tại Việt Nam, cùng với sự phát triển của kinh tế, số lượng phương tiện cơ giới đường bộ đã tăng đột biến, nhưng cơ sở hạ tầng giao thông chưa đủ để đáp ứng [2, 3, 4, 10]. Số vụ TNGT đường bộ vẫn ở mức cao, đặc biệt là tại các thành phố lớn như Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh. Một số nhà nghiên cứu [7, 8, 9] cũng đã phân tích, đánh giá tình hình TNGT trên địa bàn Hà Nội, tuy nhiên, số liệu về TNGT thay đổi theo từng năm và cần phải đánh giá chính xác từng giai đoạn. Chính vì vậy, bài báo này tập trung nghiên cứu đánh giá tình hình TNGT trên địa bàn TP. Hà Nội trong giai đoạn 2018 - 2022, đưa ra cái nhìn tổng quan về thực trạng TNGT, từ đó đề xuất các giải pháp phù hợp nhằm giảm thiểu TNGT và các hậu quả của nó.

2. TÌNH HÌNH TNGT TRÊN ĐỊA BÀN TP. HÀ NỘI GIAI ĐOẠN 2018 - 2022

2.1. Tình hình TNGT tại Hà Nội

Số liệu thống kê cho thấy, số vụ tai nạn và tử vong do TNGT có xu hướng giảm theo cả 3 tiêu chí, tuy nhiên số lượng vẫn ở mức cao *(Hình 2.1, Bảng 2.1)* [3, 5, 6]. Sự giảm này diễn ra không đồng đều, đặc biệt phân hóa ở các quận, huyện khác nhau (số vụ TNGT đang tập trung cao ở các quận như Hoàng Mai, Long Biên). Quan sát trên thực tế cho thấy, trong giờ cao điểm, trên một số tuyến trục chính nội đô, đường vành đai... do lưu lượng phương tiện tăng cao, xảy ra va chạm giao thông; thi công công trình gây cản trở giao thông, tiềm ẩn nguy cơ ùn tắc cục bộ. Một bộ phận người dân và doanh nghiệp vận tải chưa tự giác chấp hành pháp luật về trật tự, ATGT: Vi phạm nồng độ cồn, đi vào đường cấm, đường ngược chiều, không đội mũ bảo hiểm khi đi mô tô, xe gắn máy, xe đạp điện... Điều đó cho thấy tình hình TNGT tại Hà Nội vẫn là một vấn đề đáng lo ngại.



Nguồn: Ban ATGT TP. Hà Nội

Hình 1.1: Tình hình TNGT tại Hà Nội, giai đoạn 2018 - 2022

Bảng 1.1. TNGT tại các quận chính trên địa bàn Hà Nội, giai đoạn 2018 - 2022

Địa bàn	2018			2019			2020			2021			2022		
	Tổng số TNGT	Số người chết	Số người bị thương	Tổng số TNGT	Số người chết	Số người bị thương	Tổng số TNGT	Số người chết	Số người bị thương	Tổng số TNGT	Số người chết	Số người bị thương	Tổng số TNGT	Số người chết	Số người bị thương
Hoàn Kiếm	25	5	19	19	6	11	23	8	15	10	4	11	17	4	14
Ba Đình	78	9	48	80	13	37	38	15	21	31	6	21	15	5	11
Tây Hồ	51	18	25	60	14	29	36	12	13	23	10	9	11	7	8
Đống Đa	35	24	16	21	6	7	22	7	7	20	6	5	16	6	16
H.B.Trưng	35	17	30	24	16	15	20	13	11	17	5	19	23	11	20
Hoàng Mai	76	20	46	102	23	81	79	16	71	73	18	63	47	21	38
Long Biên	98	29	56	102	39	73	59	19	35	27	14	11	48	27	23
Cầu Giấy	46	12	29	59	14	40	50	11	23	40	7	16	16	4	10
Thanh Xuân	7	5	2	19	9	13	13	4	11	10	7	5	6	2	2

Nguồn: Ban ATGT TP. Hà Nội

2.2. Phân tích một số yếu tố ảnh hưởng và nguyên nhân chính TNGT trên địa bàn TP. Hà Nội

2.2.1. Một số yếu tố khách quan

- Ảnh hưởng tầm nhìn:

Tầm nhìn là yếu tố quan trọng hàng đầu để đảm bảo ATGT. Ở Hà Nội, đường hẹp và mật độ xe cao tạo ra hạn chế về tầm nhìn, gây mất tập trung và làm giảm hiệu quả của biển báo và đèn tín hiệu, tăng nguy cơ TNGT cho người và phương tiện tham gia giao thông.

- Sự gia tăng dân số và số lượng xe cộ:

Sự gia tăng dân số và số lượng xe cộ đang tạo ra áp lực lớn lên giao thông, gây ùn tắc và tăng nguy cơ tai nạn. Như trên *Bảng 2.2* cho thấy, tốc độ tăng dân số trung bình là 1,7%, trong khi đó tốc độ tăng trung bình của phương tiện giao thông đường bộ mỗi năm là 4 - 5%. Điều này gây ra áp lực cho hệ thống giao thông TP. Hà Nội.

Bảng 2.2. Số liệu về dân số và phương tiện giao thông đường bộ tại TP. Hà Nội giai đoạn 2018 - 2023

Năm	2018	2019	2020	2021	2022
Dân số (nghìn người)	7.914,5	8.093,9	8.246,54	8.330,83	8.435,65
Phương tiện (xe)	6.501.167	6.598.683	6.680.980	6.713.703	7.554.838

Nguồn: Tổng cục Thống kê, Cục Đăng kiểm Việt Nam

- Cơ sở hạ tầng không đủ:

Cơ sở hạ tầng giao thông ở Hà Nội không đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về di chuyển, dẫn đến ùn tắc và tăng nguy cơ tai nạn. Với tốc độ tăng trưởng diện tích đất dành cho giao thông đạt 0,35%/năm không theo kịp tốc độ gia tăng phương tiện từ 4 - 5%/năm [6, 7]. Đường phố chật hẹp và xuống cấp tạo ra các "điểm đen" giao thông. Ngoài ra, biện pháp an toàn gặp khó khăn do thiếu hụt cơ sở hạ tầng, làm cho môi trường giao thông không an toàn và không thân thiện.

- Thời tiết và điều kiện đường:

Thời tiết và điều kiện đường như mưa bão, sương mù hoặc điều kiện đường xấu có thể gây ra tình trạng mất ATGT tại Hà Nội. Các yếu tố này làm giảm tầm nhìn và tăng khả năng trơn trượt trên mặt đường, gây ra nguy cơ tai nạn.

- Tình trạng khẩn cấp và sự cố giao thông:

Sự cố như TNGT, hỏng hóc xe cộ hoặc các sự cố khác về vật liệu gây ra các điểm ùn tắc và tăng nguy cơ tai nạn tại Hà Nội. Thời gian xảy ra TNGT thường rơi vào ban ngày, các giờ cao điểm *(Bảng 2.3)*, dẫn đến sự gián đoạn trong luồng giao thông, làm tăng áp lực lên hệ thống giao thông, từ đó tăng nguy cơ xảy ra các tai nạn phụ và tai nạn liên hoàn.

Bảng 2.3. Số vụ TNGT theo giờ tại TP. Hà Nội giai đoạn 2018 - 2022

Thời gian	00h - 06h	06h - 12h	12h -18h	18h - 22h	22h - 00h
2018	198	264	321	255	117
2019	204	270	377	263	158
2020	150	221	296	227	130
2021	143	182	216	194	92
2022	98	176	241	200	97

Nguồn: Ban ATGT TP. Hà Nội

- Hệ thống giao thông công cộng:

Các lực lượng tham gia vận tải công cộng bao gồm xe buýt, tàu điện hiện mới đáp ứng được khoảng 18% nhu cầu đi lại của người dân [2, 7, 9]. Nguyên nhân gây ra tình trạng trên là do không có đường dành riêng cho xe buýt, tốc độ di chuyển chậm hơn xe máy, người dân tiếp cận với xe buýt chưa thuận tiện và một số chỗ còn chưa an toàn. Xe buýt tốc độ khai thác trung bình mới đạt 14 - 15 km/giờ, còn xe máy đạt tốc độ trung bình nhanh hơn từ 17 - 18 km/giờ.

2.2.2. Một số yếu tố chủ quan

- Thiếu ý thức và nhận thức về ATGT:

Thiếu ý thức và nhận thức về ATGT đóng một vai trò quan trọng trong việc gây ra TNGT tại Hà Nội. Sự thiếu ý thức về ATGT có thể dẫn đến vi phạm luật như vượt đèn đỏ, sử dụng điện thoại khi lái xe... Hành vi này gây nguy cơ tai nạn và tạo môi trường giao thông không an toàn. Thiếu nhận thức cũng thể hiện qua việc không tuân thủ các biện pháp an toàn như đội mũ bảo hiểm, sử dụng dây an toàn và tuân thủ tốc độ.

- Kỹ năng lái xe kém:

Thiếu kỹ năng lái xe an toàn có thể dẫn đến nguy cơ TNGT. Một số tài xế không có đủ kinh nghiệm hoặc đào tạo không đúng cách, khiến họ không thể xử lý tình huống nguy hiểm trên đường. Các hành vi không an toàn như lái quá nhanh cũng có thể là hậu quả của thiếu kỹ năng lái xe, tạo ra một môi trường giao thông không ổn định và nguy cơ tai nạn cao.

- Vi phạm luật lệ giao thông:

Vi phạm luật giao thông như không chú ý quan sát, đi sai phần đường, vi phạm về tốc độ... có thể gây ra tai nạn. Các hành vi này làm tăng nguy cơ va chạm và khó khăn trong việc phản ứng kịp thời, đặc biệt là khi lái xe quá tốc độ và vượt ẩu.

- Thiếu hiểu biết về pháp luật, hình phạt chưa đủ tính răn đe:

Một số người tham gia giao thông có thể không hiểu rõ về luật giao thông, dẫn đến hành vi vi phạm như vượt ẩu, chạy quá tốc độ. Thiếu hiểu biết về luật lệ cũng gây ra xung đột và không an toàn trong giao thông, đặc biệt ở TP. như Hà Nội.

- Không đảm bảo an toàn cho người đi bộ và xe đạp:

Sự thiếu chú ý và vi phạm quy tắc giao thông của người đi bộ và xe đạp tạo ra môi trường không an toàn trên đường. Không chia sẻ đường, không tuân thủ quyền ưu tiên, không tuân thủ vạch kẻ đường và không đảm bảo an toàn cho người đi bộ và người đi xe đạp không chỉ là hành vi không an toàn mà còn ảnh hưởng đến tình trạng ATGT tại Hà Nội.

2.2.3. Phân tích một số nguyên nhân gây TNGT tại TP. Hà Nội

Kết quả phân tích *(Bảng 2.4)* cho thấy, nguyên nhân chủ yếu gây ra TNGT trên địa bàn TP. Hà Nội giai đoạn 2018 - 2022 là do không chú ý quan sát, đi sai phần đường và vi phạm về tốc độ, cũng như khoảng cách của người tham gia giao thông. Có thể thấy, nguyên nhân tập trung vào lỗi của bản thân người tham gia giao thông. Ngoài ra, các nguyên nhân khác như vượt sai quy định, lỗi chuyển hướng, vi phạm về khoảng cách an toàn cũng là nguyên nhân chính gây ra TNGT.

Bảng 2.4. Các nguyên nhân chính gây TNGT tại TP. Hà Nội giai đoạn 2018 - 2022

Nguyên nhân	2018	2019	2020	2021	2022
Không chú ý quan sát	457	428	309	270	223
Sai phần đường	233	211	154	153	154
Vượt sai quy định	68	54	30	23	74
Vi phạm về tốc độ	129	66	145	110	106
Chuyển hướng sai quy định	112	108	57	54	79
Đi vào đường cấm	11	14	15	10	4
Vi phạm về khoảng cách	122	113	109	79	69
Nguyên nhân khác	234	276	196	127	96

Nguồn: Ban ATGT TP. Hà Nội

3. ĐỀ XUẤT CÁC GIẢI PHÁP TĂNG CƯỜNG ATGT TRÊN ĐỊA BÀN TP. HÀ NỘI

Hiện nay, Hà Nội đang áp dụng nhiều biện pháp để nâng cao ATGT trên địa bàn thành phố như: Tăng cường kiểm soát, xử lý nghiêm các trường hợp vi phạm và nâng cao ý thức của người dân... Tuy nhiên, có nhiều biện pháp chưa phát huy được hiệu quả trong việc đảm bảo ATGT, giảm tỷ lệ TNGT.

Để giải quyết vấn đề mất ATGT tại Hà Nội cần tiếp cận một cách toàn diện, từ nhiều khía cạnh. Vì vậy, trên cơ sở thực tiễn ứng dụng và kế thừa, phát triển các nghiên cứu đã công bố, nhóm tác giả đã tổng hợp và đề xuất các giải pháp xoay quanh 4 nhóm giải pháp đảm bảo ATGT (4Es) - Giáo dục, Kỹ thuật, Thực thi pháp luật và Ứng phó sau tai nạn để đưa ra giải pháp tối ưu cho việc nâng cao ATGT, giảm thiểu TNGT tại Hà Nội.

- Kỹ thuật:

Sử dụng công nghệ IoT (Internet of Things) trong hạ tầng giao thông: Lắp đặt các cảm biến thông minh trên đường để theo dõi và đánh giá tình trạng giao thông, từ đó cung cấp thông tin liên tục về điều kiện đường và giúp điều chỉnh luồng giao thông một cách hiệu quả.

Áp dụng công nghệ AI (Trí tuệ nhân tạo) vào thiết kế: Sử dụng các thuật toán máy học để phân tích dữ liệu và đưa ra các đề xuất thiết kế đường thông minh, nhằm tối ưu hóa luồng giao thông và giảm nguy cơ tai nạn.

- Giáo dục:

Phát triển ứng dụng di động cho giáo dục giao thông: Xây dựng các ứng dụng di động cung cấp thông tin và hướng dẫn về quy tắc giao thông, kỹ năng lái xe an toàn và nhận thức về tình hình giao thông, giúp người dùng tiếp cận thông tin một cách dễ dàng và linh hoạt.

Sử dụng trò chơi giáo dục trên nền tảng trực tuyến: Tạo ra các trò chơi trực tuyến về giao thông dành cho trẻ em và người lớn để họ có thể học và rèn luyện kỹ năng ATGT một cách thú vị và hấp dẫn.

- Thực thi pháp luật:

Sử dụng hệ thống camera giám sát thông minh: Áp dụng công nghệ nhận dạng biển số để tự động phát hiện vi phạm và hành vi lái xe không an toàn, từ đó giúp cải thiện hiệu suất của lực lượng cảnh sát giao thông và tăng cường sự tuân thủ quy tắc giao thông.

Phát triển ứng dụng di động cho báo cáo vi phạm: Tạo ra các ứng dụng di động cho phép người dân báo cáo các vi phạm giao thông trực tiếp thông qua hình ảnh hoặc video, giúp tăng cường sự tham gia của cộng đồng vào việc thực thi quy tắc giao thông.

- Ứng phó sau tai nạn:

Sử dụng máy bay không người lái để cứu hộ: Sử dụng máy bay không người lái trang bị camera và các thiết bị cảm biến để nhanh chóng định vị và cung cấp sơ cứu tại hiện trường TNGT, đặc biệt là trong các khu vực khó tiếp cận.

Xây dựng giải pháp định tuyến cho phương tiện cứu hộ đến vị trí tai nạn và đưa người gặp tai nạn đi cấp cứu kịp thời: Giải pháp định tuyến sử dụng lý thuyết đồ thị (Dijkstra, Bellman-Ford, A*), tích hợp công nghệ GIS, Google Maps vào các hệ thống ứng dụng thông minh, giúp giảm thời gian phản ứng và cải thiện khả năng cứu hộ sau tai nạn.

4. KẾT LUẬN

Tình hình TNGT tại Việt Nam, đặc biệt là tại Thủ đô Hà Nội vẫn đang là một vấn đề đáng quan ngại. Mặc dù đã có nhiều biện pháp và chiến lược nhằm cải thiện tình trạng này, nhưng số liệu vẫn cho thấy số vụ tai nạn và số người thiệt mạng vẫn còn cao. Trong khi các biện pháp như tăng cường kiểm soát, xử lý nghiêm các trường hợp vi phạm và nâng cao ý thức của người dân đã được triển khai thì việc đảm bảo ATGT vẫn là một thách thức lớn đối với chính quyền và cộng đồng.

Để giải quyết vấn đề này cần sự hợp tác chặt chẽ giữa Chính phủ, cơ quan chức năng, cộng đồng và bám sát theo 4 nhóm giải pháp nâng cao ATGT (4Es). Hướng nghiên cứu tiếp theo của nhóm là tập trung vào giải pháp ứng phó sau tai nạn: Xây dựng giải pháp định tuyến cho phương tiện cứu hộ trên địa bàn TP. Hà Nội dựa trên lý thuyết đồ thị, nhằm tìm đường đi ngắn nhất cho các phương tiện cứu hộ và kịp thời cấp cứu nạn nhân trong TNGT.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học GTVT trong Đề tài mã số T2024-MT-001.

Tài liệu tham khảo

[1]. WHO, *Global status report on road safety 2023*.

[2]. Trần Thị Vân Anh, Alina F. Burlacu, Martin Small, Mirick Paala, Nguyễn Hữu Đức, Lê Huy Trí (2021), *Đánh giá dữ liệu an toàn giao thông đường bộ Việt Nam nhằm thành lập trung tâm thông tin an toàn giao thông quốc gia: Báo cáo cuối kỳ*, World Bank Group.

[3]. Tổng cục Thống kê, *https://www.gso.gov.vn/*.

[4]. Cục Đăng kiểm Việt Nam, *Cổng thông tin điện tử Cục Đăng kiểm (vr.org.vn)*.

[5]. Ủy ban ATGT Quốc gia, *antoangiaothong.gov.vn*.

[6]. Giao thông Hà Nội *(Internet: Giao thông 24h | Giao thông Hà Nội)*.

[7]. Rui-Fang MOU, Xuan-Can VUONG, Trong-Thuat Vu (2019), *Analysis of road accident in Hanoi, Vietnam*, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol.12.

[8]. Khuất Việt Hùng, Nguyễn Văn Trường (2009), *Một số kết quả phân tích tai nạn giao thông thành phố Hà Nội giai đoạn 2005 - 2008*.

[9]. Nguyen Hoang Hai (2009), *Traffic accidents in Hanoi: data collection and analysis*, 4th IRTAD conference, Korea.

[10]. Nguyễn Đình Tứ, Nguyễn Hồng Thái (2024), *Nguyên nhân và giải pháp giảm thiểu tai nạn giao thông đường bộ Việt Nam*, Tạp chí Khoa học công nghệ.

Ngày nhận bài: 15/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 26/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 13/5/2024

Nghiên cứu sử dụng cốt thanh GFRP thay thế cốt thép truyền thống trong kết cấu dầm bê tông cốt thép

■ **TS. NGUYỄN ANH TUẤN(*); ThS. ĐÀO QUANG HUY; ThS. PHẠM NGỌC TRƯỜNG**
Trường Đại học Công nghệ Giao thông vận tải
Email: (*)tuanna@utt.edu.vn

TÓM TẮT: Bê tông cốt thanh thủy tinh (GFRP-Glass Fiber Reinforced Polymers) được sử dụng từ khá lâu trong xây dựng công trình và ngày càng chứng minh được tính ưu việt của mình và nó hoàn toàn có thể thay thế cho bê tông cốt thép thông thường. Tiêu chuẩn về vật liệu và kết cấu bê tông cốt GFRP đã được xây dựng từ lâu và ngày càng hoàn thiện. Có thể sử dụng TCVN 11823-2017 hoặc ACI.1R-06 để tính toán thiết kế dầm cầu. Bài báo trình bày một ví dụ tính toán và sử dụng dầm bê tông cốt GFRP cho cầu.

TỪ KHÓA: Vật liệu GFRP, bê tông cốt GFRP, dầm bê tông cốt thép, tăng cường.

ABSTRACT: GFRP-reinforced concrete has been used for a long time in project construction and has increasingly proven its superiority as a substitute for reinforced concrete, especially for structures that are frequently wet, salty, magnetic contamination... Standards of materials and structures of GFRP reinforced concrete are increasingly improving. TCVN 11823:2017 or ACI. 440.1R-06 can be used to design bridge girders, what have many similarities. This article, presents an idea of calculating and using GFRP reinforced concrete for bridge structure.

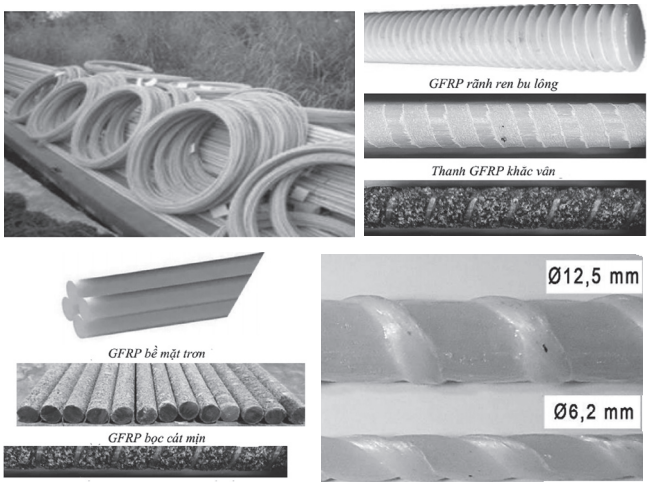
KEYWORDS: GFRP material, Glass Fiber Reinforced Polymers, beam, reinforced, deflection, cracked.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu Glass Fiber Reinforced Polymer (GFRP) có nhiều tính năng kỹ thuật phù hợp cho xây dựng kết cấu công trình. Thanh GFRP đã được nhiều nghiên cứu chứng minh tính hiệu quả kinh tế và kỹ thuật khi so sánh với giải pháp sử dụng cốt thép truyền thống như khối lượng nhẹ, khả năng chống ăn mòn tốt, tiết kiệm chi phí vận chuyển và bảo quản.

Trong phạm vi bài báo, tác giả trình bày một cách tính toán và ứng dụng kết cấu dầm bê tông cốt GFRP thay thế cho dầm bê tông cốt thép truyền thống.

2. MỘT SỐ TÍNH CHẤT CỦA VẬT LIỆU GFRP



Hình 2.1: Một số quy cách vật liệu GFRP sử dụng trong xây dựng [4]

Bảng 2.1. Một số tính chất vật lý và hóa học

Vật liệu	Trọng lượng (g/cm³)	Hệ số giãn dài, ở 20°C, (×10⁻⁶/°C)	Hệ số giãn nở thể tích, ở 20°C (×10⁻⁶/°C)	Độ giãn dài, ở 20°C, (mm)	Dẫn điện	Ghi chú
GFRP	1,25 - 2,10	8,50	25,50	0,24	Không	Phụ thuộc thành phần
Thép thường	7,85	11 - 13	33 - 39	0,24	Có	Phụ thuộc thành phần
Bê tông thường	2,2 - 2,5	12	36	-	Không	Phụ thuộc thành phần
Phản ứng hóa học trong hỗn hợp thép + GFRP + Bê tông						Không

Bảng 2.2. Một số tính chất cơ học

Vật liệu	Đặc tính					
	Ứng suất chảy (MPa)	Mô-đun đàn hồi (GPa)	Cường độ chịu kéo (MPa)	Cường độ chịu nén (MPa)	Biến dạng chảy, (%)	Biến dạng kéo đứt, (%)
GFRP		35 - 51	483 - 1600	-	-	1,2 - 3,1
Thép AIII	276 - 517	200	365	-	0,14 - 0,25 Giới hạn chảy: 196-235MPa	6,0 - 12,0
Bê tông, mác 300	-	30 - 31,5	1,2 - 1,5	28,9	-	-

- So sánh với cốt thép thông thường trong xây dựng, thanh GFRP có một số ưu điểm và nhược điểm cơ bản sau:

+ Độ bền kéo cao hơn đến 4 lần so với thép thông thường;

+ Không có từ tính, không dẫn điện;

+ Cường độ cao hơn nhiều so với cốt thép thường và trọng lượng nhẹ;

+ Rẻ hơn thép cùng đường kính (với số lượng lớn);

+ Mô-đun đàn hồi thấp hơn tới 4 lần so với thép thông thường;

+ Độ dãn dài kém; phá hoại khi biến dạng nhỏ;

+ Cường độ chịu cắt thấp;

+ Khó gia công chế tạo tại công trường;

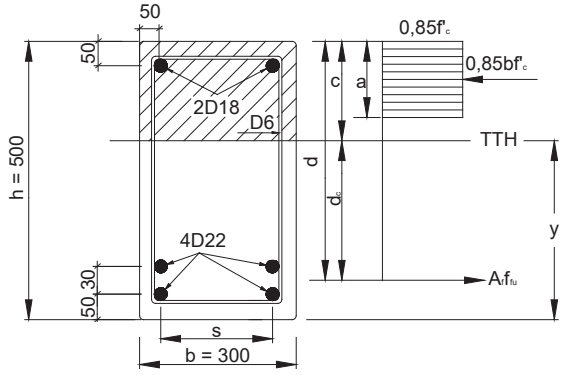
+ Không có giới hạn chảy; kháng nhiệt kém.

3. VÍ DỤ TÍNH DUYỆT DẦM BÊ TÔNG CỐT THANH GFRP

Cho một dầm bê tông cốt GFRP nhịp giản đơn khẩu độ tính toán *l = 10 m* có mặt cắt ngang (b×h) = (300×500)mm, như hình vẽ. Dầm chịu tải trọng phân bố đều với:

- Tĩnh tải: Trọng lượng bản thân dầm *DC* = 1,8 kN/m; hệ số tải trọng γ_{DC} = 1,25. Tĩnh tải phần trên tác dụng lên dầm *DW* = 2,2 kN/m; hệ số tải trọng γ_{DW} = 1,5. Hoạt tải *LL* = 4,6 kN/m; hệ số tải trọng γ_{LL} = 1,75.

- Bê tông dầm có f_c' = 30 MPa, tỷ trọng 2.400 kg/m^3. Cốt GFRP dọc chịu kéo 4D22 có diện tích A_f = 1.320 mm^2. Cốt thép GFRP chịu nén 2D18 có diện tích A_f' = 378 mm^2. Cường độ chịu kéo của GFRP f_f = 900 MPa, mô-đun đàn hồi E_f = 46 GPa. Cốt đai GFRP có đường kính 6 mm. Hệ số chiết giảm do môi trường C_E = 0,8. Khoảng cách cốt đai là đều nhau trên suốt chiều dài dầm s_v = 15 cm. Biết góc nghiêng của ứng suất nén chính là θ = 30^0. Kiểm tra dầm theo các trạng thái giới hạn cường độ và sử dụng.



Hình 3.1: Khẩu độ tính toán l = 10 m, mặt cắt ngang dầm và biểu đồ ứng suất

Bài giải:

3.1. Kiểm tra dầm về điều kiện cường độ trên tiết diện thẳng góc với trục dầm

- Xác định tải trọng tác dụng lên dầm và mô-men uốn tính toán lớn nhất:

$$q = q_{DC}\gamma_{DC} + q_{DW}\gamma_{DW} + q_{LL}\gamma_{LL} = 13,6\left(kN/m\right)$$

$$M_{\max} = \frac{ql^2}{8} = \frac{13,6\times10^2}{8} = 170\left(kNm\right)$$

- Tính khoảng cách từ trục cốt chịu kéo đến mặt trên chịu nén của tiết diện, d:

$$d_c = 65\left(mm\right) \Rightarrow d = h - d_c = 435\left(mm\right)$$

- Hàm lượng cốt thép thực tế:

$$\rho_f = \frac{A_f}{bh} = \frac{1320}{300\times500} = 8,8\times10^{-3}$$

Theo ACI.440.1R-06, [3], nếu tỷ lệ cốt GFRP nhỏ hơn tỷ lệ cân bằng, ($\rho_f < \rho_{fb}$), trạng thái giới hạn đứt FRP sẽ kiểm soát. Mặt khác, nếu ($\rho_f \geq \rho_{fb}$) trạng thái giới hạn vỡ nát bê tông kiểm soát.

$$\rho_{fb} = 0,85\beta_1\frac{f_c'}{f_{fu}}\frac{E_f\varepsilon_{cu}}{E_f\varepsilon_{cu} + f_{fu}} = 0,0078$$

Do ($\rho_f > \rho_{fb}$) nên trạng thái giới hạn vỡ nát bê tông sẽ kiểm soát.

- Giả sử cốt thép chịu nén chảy, biến dạng của cốt thép chịu nén được xác định theo công thức:

$$f_c' = 30\left(MPa\right) \rightarrow \beta_1 = 0,835$$

$$\varepsilon_{fu}' = 0,003\left(1 - \frac{0,85\beta_1 f_c' d'}{\left(\rho_f - \rho_f'\right)f_{fu}d}\right) = 0,001587 < \varepsilon_{fu} = 0,8\times\varepsilon_f = 0,8\times0,002 = 0,0016$$

Thực tế có thể coi cốt thép GFRP chịu nén chưa bị chảy.

- Nếu bỏ qua ảnh hưởng của cốt dọc chịu nén, thì theo Whitney, [2, 3], chiều cao khối ứng suất chịu nén, a:

$$\begin{cases} a = \dfrac{A_f f_{fu}}{0,85 f_c' b} = \dfrac{1320\times0,8\times900}{0,85\times30\times300} = 124,24\left(mm\right) \\ c = \dfrac{a}{\beta_1} = \dfrac{124,24}{0,835} = 148,79\left(mm\right) \end{cases}$$

- Tính biến dạng và ứng suất trong cốt thép chịu nén:

Biến dạng của cốt GFRP chịu nén theo công thức:

$$\varepsilon_{fu}' = 0,003\left(1 - \frac{d'}{c}\right) = 0,003\left(1 - \frac{50}{148,79}\right) = 1,99\times10^{-3}$$

Ứng suất trong cốt GFRP chịu nén:

$$f_{fu}' = \varepsilon_{fu}' E_{fu} = 1,99\times10^{-3}\times0,8\times46000 = 73,232\left(MPa\right)$$

- Sức kháng uốn danh định của mặt cắt:

$$M_n = A_f f_{fu}\left(d - \frac{a}{2}\right) = 407,52\ (kNm)$$

- Công thức kiểm tra:

$$M_{\max} = 170\ (kNm) < M_r = \varphi M_n = 0,9 \times 407,52 = 366,77\ (kNm)$$

Như vậy, dầm đảm bảo điều kiện cường độ trên tiết diện thẳng góc.

3.2. Kiểm tra dầm về điều kiện cường độ trên tiết diện nghiêng

- Lực cắt tính toán lớn nhất:

$$V_u = \left(q_{DC}\gamma_{P1} + q_{DW}\gamma_{P2} + q_{LL}\gamma_L\right) \times \frac{l}{2} = 68\left(kN\right)$$

- Ứng suất cắt danh định, ở đây tính theo [1] tương tự như tính theo [3]:

$$v = \frac{V_u}{\varphi b_v d_v}$$

Theo đầu bài, có:

+ b_v - Bề rộng bản bụng hữu hiệu được lấy bằng bề rộng bản bụng nhỏ nhất trong phạm vi chiều cao d_v. Đầu bài cho dầm tiết diện chữ nhật, nên: b_v = 30 cm.

+ d_v - Chiều cao tiết diện chịu cắt hữu hiệu, được lấy bằng cự ly đo thẳng góc với TTH giữa hợp lực kéo và nén do uốn, nhưng $d_v \geq$ Max (0,9d_e hoặc 0,72h), với d_e đóng vai trò là d - là chiều cao hữu hiệu của mặt cắt:

$$0,72h = 0,72 \times 50 = 36\left(cm\right)$$

$$0,9d_e = 0,9 \times 43,5 = 39,15\left(cm\right)$$

Lấy: d_v = 39,15 cm. Lấy hệ số sức kháng: φ = 0,9. Suy ra:

$$v = \frac{V_u}{\varphi b_v d_v} = \frac{68}{0,9 \times 30 \times 39,15} = 0,0643\left(kN/cm^2\right)$$

- Tính biến dạng dọc lớn nhất trong cốt thép chịu kéo khi uốn:

$$\varepsilon_{fu} = \frac{\frac{M_u}{d_v} + 0,5V_u \cot g\theta}{E_{fu}.A_f} = \frac{\frac{170 \times 10^6}{391,5} 0 + 0,5 \times 68000 \times \cot g30^o}{0,8 \times 46000 \times 1320} = 0,01$$

Với θ = 30^0 và: $\begin{cases} \dfrac{v}{f_c'} = 0,0214 \\ \varepsilon_{fu} = 0,01 \end{cases}$

Tra biểu đồ hoặc tra bảng 4 [1], được: β = 2,5.

- Sức kháng cắt danh định (V_n) phải được xác định bằng trị số nhỏ hơn của:

$$V_n = Min\begin{cases} V_c + V_s + V_p \\ 0,25 f_c' b_v d_v + V_p \end{cases}$$

Ở đây:

$$V_p = 0$$

$$V_c = 0,083\beta\sqrt{f_c'}b_v d_v = 0,083 \times 2,5 \times \sqrt{30} \times 30 \times 39,15 = 133,48\left(kN\right)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{fu} d_v \left(\cot g\theta + \cot g\alpha\right)\sin\alpha}{s_v} = \frac{2 \times 40 \times 0,8 \times 900 \times 391,5 \times (\cot g30^o + 0) \times 1}{150} = 260,389\left(kN\right)$$

$$V_n = Min\left\{\begin{matrix} V_c + V_s = 133,48 + 260,39 = 393,87\left(kN\right) \\ 0,25 f_c' b_v d_v = 880,875\left(kN\right) \end{matrix}\right\} = 393,87\left(kN\right)$$

V_c - Sức kháng cắt danh định của bê tông;

β - Hệ số chỉ khả năng của bê tông bị nứt chéo truyền lực kéo, β = 2,5;

θ - Góc nghiêng của ứng suất nén chéo, θ = 30^0;

α - Góc nghiêng của cốt thép ngang đối với trục dọc, α = 90^0;

A_v - Diện tích cốt đai chịu cắt trong cự ly cốt đai s_v = 150 mm, A_v = (2×40) mm^2.

- Sức kháng cắt tính toán (V_r) được xác định phải thỏa mãn:

$$V_u \leq V_r = \varphi V_n \Rightarrow V_u = 68\left(kN\right) < V_r = 0,9 \times 393,87 = 393,87\left(kN\right)$$

Như vậy, dầm đã cho đảm bảo về cường độ trên tiết diện nghiêng.

3.3. Tính duyệt độ võng

- Tính toán các đặc trưng bê tông dầm:

+ Mô-đun đàn hồi của bê tông, theo [1]:

$$E_c = 0,0017 K_1 W_c^2 f_c'^{0,33} = 0,0017 \times 1 \times 2400^2 \times 30^{0,33} = 30083,02\left(\text{MPa}\right)$$

+ Hệ số tính đổi:

$$n_f = \frac{E_f}{E_c} = \frac{46000}{30083,02} = 1,53.$$

+ Cường độ chịu kéo uốn của bê tông, [1,3]:

$$f_r = 0,63\sqrt{f_c'} = 0,63 \times \sqrt{30} = 3,45\left(\text{MPa}\right)$$

- Tính toán mô-men quán tính của mặt cắt nguyên:

$$I_g = \frac{bh^3}{12} = 312500\left(cm^4\right)$$

- Tính mô-men quán tính đã nứt tính đổi của tiết diện:

+ Tiết diện được coi là bị nứt khi cường độ chịu kéo của bê tông thỏa mãn:

$$f_c = \frac{M_a}{I_g} y \leq 0,8 f_r \Rightarrow f_c = \frac{M_a}{I_g} y = 12,08 > 0,8 f_r = 2,76\left(MPa\right)$$

Như vậy, tiết diện đã bị nứt.

- Theo [3], tính mô-men quán tính đã nứt của tiết diện tính đổi:

$$I_{cr} = \frac{bd^3}{3} k^3 + n_f A_f d^2 \left(1 - k\right) = 352792749,22\left(mm^4\right)$$

$$k = \sqrt{\left(\rho_f n_f\right)^2 + 2\rho_f n_f} - \left(\rho_f n_f\right) = 0,151$$

- Mô-men gây nứt:

$$M_{cr} = f_r \frac{I_g}{y} = \frac{3,45 \times 312500}{\left(500 - 148,79\right)} \times 10^4 = 30,70\left(kNm\right)$$

Trong các công thức trên:

M_a - Mô-men nội lực lớn nhất trên chiều dài nhịp, M_a = 107,5 kNm;

I_g - Mô-men quán tính của tiết diện nguyên;

y - Khoảng cách từ trục trung hòa (TTH) tới thớ chịu kéo ngoài cùng;

f_r - Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông, MPa.

+ Mô-men quán tính có hiệu:

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 I_g + \left[1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right] I_{cr} \leq I_g$$

$$I_e = \left(\frac{30,70}{107,5}\right)^3 \times 312500 + \left[1 - \left(\frac{30,70}{107,5}\right)^3\right] \times 35279,28 = 41735,74\left(cm^4\right) < I_g$$

- Tính toán độ võng, tương tự dầm bê tông cốt thép thông thường (ACI 440.1R-06:8-14):

$$f_{max}=\frac{5ql^4}{384E_cI_e}=\frac{5\times8,6\times10000^4}{384\times30083,02\times41735,74\times10^4}=89,19(mm)$$

$$\Delta=\frac{1}{800}=\frac{10000}{800}=12,5(mm)$$

Thấy: $f_{max}=89,19(mm)>\Delta=12,5(mm)$

Ở đây, $\Delta=l/800(mm)$ là độ võng cho phép [2, 3].

Như vậy, dầm không thỏa mãn yêu cầu độ võng.

3.4. Tính bề rộng vết nứt

Theo [1], 3 thông số quan trọng ảnh hưởng đến nứt trong cấu kiện chịu uốn là ứng suất trong cốt thép, bề dày lớp bê tông bảo vệ và khoảng cách bố trí các thanh thép, trong đó ứng suất trong cốt thép là thông số quan trọng nhất. Độ mở rộng khe nứt do uốn trong dầm bê tông cốt thép được quyết định bởi sự phân bố cốt thép ở vùng bê tông chịu kéo lớn nhất. Bề rộng vết nứt bị ảnh hưởng bởi ứng suất kéo và các chi tiết về cốt thép.

Theo [2] và [3], bề rộng vết nứt (*w*) lớn nhất của cấu kiện bê tông cốt GFRP được tính dưới tải trọng sử dụng phải thỏa mãn điều kiện như sau:

$$w=2\frac{f_{fu}}{E_S}\beta k_b\sqrt{d_c^2+\left(\frac{s}{2}\right)^2}\le[w]=0,5(mm)$$

Trong đó:

β - Tỷ số của khoảng cách từ TTH đến bề mặt chịu kéo của tiết diện trên khoảng cách từ TTH đến trọng tâm cốt thép chịu kéo GFRP;

d_c - Chiều cao từ mặt bê tông chịu kéo đến trọng tâm hàng cốt GFRP gần nhất;

s - Khoảng cách từ tâm đến tâm cốt thép GFRP theo phương bề rộng dầm;

k_b - Hệ số dính bám (theo Frosch, 1999) [2, 3];

f_{fu} - ứng suất kéo trong cốt GFRP dưới tác động của tải trọng sử dụng.

Bề rộng vết nứt cho phép, $[w]=0,5mm$

Đề nghị đối với cấu kiện bê tông cốt GFRP lấy k_b = 1,4, còn đối với cốt thép thường thì lấy k_b = 1,0 - theo [2, 3]. Điều này chứng tỏ rằng ứng xử về dính bám giữa bê tông với cốt thép thường và với cốt thép GFRP là khác nhau. Khả năng truyền lực giữa GFRP và bê tông phụ thuộc nhiều vào cường độ bê tông, cường đô thanh GFRP, cấu tạo bề mặt và diện tích tiếp xúc của thanh GFRP với bê tông.

- Ứng suất kéo trong cốt thép GFRP:

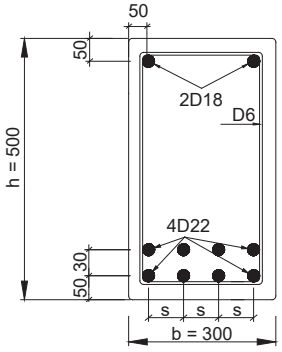
$$f_{fu}=\frac{n_fMd(1-k)}{I_{cr}}=\frac{1,53\times107,5\times10^6\times435(1-0,151)}{352792749,22}=172,18(MPa)$$

- Bề rộng vết nứt lớn nhất:

$$\beta=\frac{500-148,79}{500-148,79-65}=1,227;d_c=50(mm);s=200(mm);k_b=1,4;E_{fu}=C_EE_f=36,8(GPa)$$

$$w=2\times\frac{172,18}{36800}\times1,227\times1,4\times\sqrt{50^2+\left(\frac{200}{2}\right)^2}=1,79(mm)>[w]=0,5(mm)$$

Như vậy, dầm không thỏa mãn yêu cầu về vết nứt.



Kết quả tính:

$$M_{max}=108,8(kNm)<M_r=\varphi M_n=531,61(kNm)$$

$$V_u=54,4(kN)<V_r=\varphi V_n=354,49(kN)$$

$$f_{max}=8,33(mm)<\Delta=10(mm)$$

$$w=0,34(mm)<[w]=0,5(mm)$$

Hình 3.2: Kết quả giảm khẩu độ tính toán l = 8 m và tăng cường tiết diện

4. KẾT LUẬN

- Do vật liệu thanh GFRP có cường độ chịu kéo rất lớn nên việc thiết kế dầm bê tông cốt thanh GFRP chủ yếu là về việc thỏa mãn trạng thái giới hạn sử dụng. Do mô-đun đàn hồi của thanh GFRP khá thấp nên điều kiện về biến dạng (độ võng và nứt) của dầm không đảm bảo. Nếu giảm khẩu độ tính toán của dầm xuống còn 8 m, đồng thời tăng gấp đôi số thanh GFRP chịu kéo, bố trí như *Hình 3.2*, dầm sẽ đảm bảo được tất cả các trạng thái giới hạn. Tuy nhiên, hoàn toàn có thể dùng cốt thanh GFRP thay thế cho cốt thép thông thường trong kết cấu bê tông.

- Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về tính toán thiết kế cấu kiện bê tông cốt thanh GFRP, nhưng vẫn còn nhiều điểm cần chú ý, chẳng hạn về khả năng dính bám và truyền lực giữa cốt thanh GFRP và bê tông. Một số khía cạnh, có thể dùng phương pháp tính toán BTCT thường để tính toán kết cấu bê tông cốt thanh GFRP.

Tài liệu tham khảo

[1]. TCVN 11823:2017 (2017), *Tiêu chuẩn thiết kế cầu*, Bộ GTVT.

[2]. Nguyễn Trâm, Trần Quốc Ca (2013), *Kết cấu composites*, NXB. Xây dựng.

[3]. ACI 440.1R-15 (2015), *Guide for the Design and Construction of Structural Concrete Reinforced with Fiber-Reinforced Polymer (FRP) Bar.*

[4]. K. Hamidreza et al. (2023), *Bond Durability between Anchored GFRP Bar Between GFRP Rebar and Concrete*, Construction and Building and Seawater Concrete under Offshore Environmental Conditions". Materials and Structures, vol.56, no.3.

Ngày nhận bài: 19/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 06/5/2024
Ngày chấp nhận đăng: 21/5/2024

Ước lượng khoảng cách đến các phương tiện xe ô tô hoặc tàu thuyền đang di chuyển

■ **TS. HỒ THỊ HƯƠNG THƠM(*); ThS. NGUYỄN KIM ANH**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)thomhth@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Giới hạn một khoảng cách là một trong những thuật ngữ đã phổ biến đối với các đối tượng như người đi bộ, xe ô tô hoặc tàu thuyền đang di chuyển/lưu thông trên các tuyến giao thông. Các đối tượng buộc phải duy trì một khoảng cách vừa đủ nhằm đảm bảo an toàn và ngăn chặn va chạm có thể xảy ra. Ước lượng khoảng cách dựa trên nguyên lý hình tam giác. Trước tiên sử dụng mạng nơ-ron sâu YOLOv8 để phát hiện đối tượng, sau đó khoảng cách đến các đối tượng sẽ được ước tính, tiếp đến xác định đối tượng có khoảng cách gần vị trí quan sát nhất, sẽ được đánh dấu bao quanh bằng một đường bao nét đứt giúp đưa ra dự báo cho người điều khiển phương tiện tránh va chạm, ngược lại sẽ là đường bao nét liền. Mô hình ước lượng này đã được thử nghiệm cho các đoạn video ghi lại cảnh ô tô hoặc tàu thuyền lưu thông.

TỪ KHÓA: Ước tính khoảng cách an toàn, mạng nơ-ron sâu YOLO.

ABSTRACT: Limiting a distance is one of the popular terms for objects such as pedestrians, vehicles or boats moving/circulating on traffic routes. Subjects must maintain a sufficient distance to ensure safety and prevent possible collisions. Distance estimation is based on the triangle principle. First use YOLOv8 deep neural network for object detection; then the distance to the objects will be estimated, followed by determining the object with the closest distance to the observation location, which will be marked with a dash border to help make predictions for the object. The driver of the vehicle avoids a collision, otherwise it will be a solid contour. This estimation model has been tested for videos recording scenes of cars or boats moving.

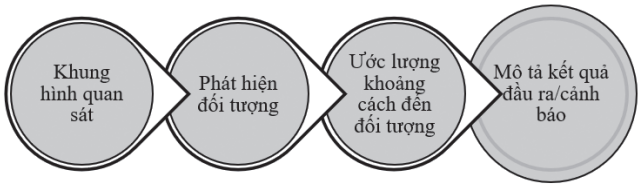
KEYWORDS: Estimate safe distance, YOLO deep neural network.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ước lượng khoảng cách an toàn giữa các phương tiện giao thông đường bộ hoặc đường sông là vấn đề rất được quan tâm. Khi các đối tượng này tiếp xúc gần hoặc phương tiện giao thông va chạm có thể gây ra các rủi ro nghiêm trọng cho xã hội và cộng đồng. Chính vì vậy, cần xây dựng phương án hỗ trợ giãn cách các đối tượng phương tiện đi lại tại các tuyến đường giao thông giúp hỗ trợ cảnh báo cho người điều khiển phương tiện giao thông, giúp tránh được các rủi ro có thể xảy ra.

Phương án giãn cách đối tượng chính là bài toán ước lượng khoảng cách giữa các đối tượng để có phương án đảm bảo các đối tượng đang di chuyển có khoảng cách an toàn hay không. Để làm được điều đó, đầu tiên phải phát hiện được đối tượng qua hình ảnh của các camera giám sát, sau đó ước lượng khoảng cách giữa các đối tượng, đưa ra cảnh báo hoặc hướng xử lý phù hợp đối với các đối tượng đang di chuyển không đảm bảo an toàn.

Sơ đồ tổng quát của phương án xây dựng công cụ ước lượng khoảng cách đến các đối tượng được thể hiện trong *Hình 1.1*.



Hình 1.1: Quy trình ước lượng khoảng cách giữa các đối tượng

Chức năng chi tiết của các thành phần trong sơ đồ trên sẽ được trình bày cụ thể trong Mục 2 và Mục 3 sau đây. Mục 4 cài đặt thử nghiệm và đánh giá, cuối cùng là phần kết luận được trình bày trong Mục 5.

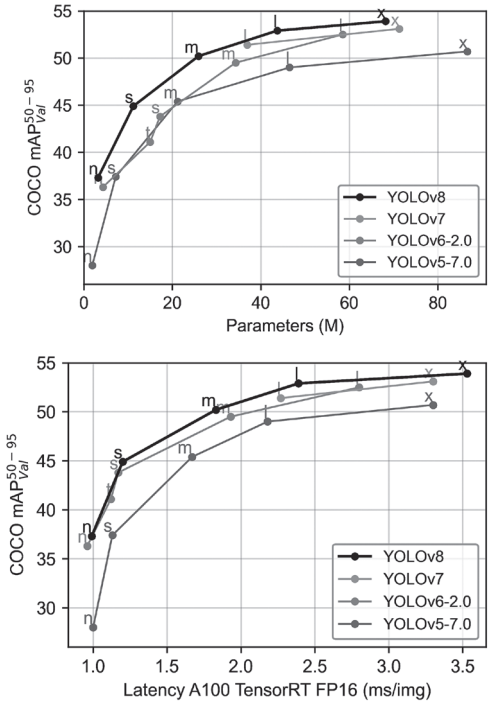
2. PHÁT HIỆN ĐỐI TƯỢNG

Đã có rất nhiều nghiên cứu về phát hiện đối tượng dựa trên hình ảnh. Trong những năm gần đây, với sự phát triển không ngừng của học sâu, nhiều nhà nghiên cứu đã đưa mạng nơ-ron tích chập (CNN) vào lĩnh vực phát hiện đối tượng và đạt những kết quả được ghi nhận. Đặc biệt là mạng nơ-ron YOLO trong phát hiện đối tượng. YOLO là viết tắt của cụm từ "You Only Look Once", tức chỉ khả năng dự đoán tất cả các đối tượng có mặt trong một hình ảnh chỉ trong một lần truyền dữ liệu.

YOLO là mô hình phát hiện đối tượng theo thời gian thực tiên tiến. YOLOv1 và YOLOv2 [1] là mô hình hai thế hệ đầu tiên của YOLO. YOLOv3 [2] là phiên bản thứ ba được giới thiệu vào năm 2018 như một cải tiến so với YOLOv2, nhằm tăng độ chính xác và tốc độ của thuật toán. Một trong những cải tiến chính trong YOLOv3 là việc sử dụng

kiến trúc CNN mới có tên là Darknet-53. Darknet-53 là một biến thể của kiến trúc ResNet và được thiết kế dành riêng cho các nhiệm vụ phát hiện đối tượng. Sau đó là một loạt các phiên bản khác ra đời gồm YOLOv4 (năm 2020) [4] bởi Bochkovskiy và cộng sự từ một cải tiến trong YOLOv3, YOLOv5 (năm 2020) [5] bởi cùng một nhóm đã phát triển thuật toán YOLO ban đầu dưới dạng một dự án mã nguồn mở và được duy trì bởi Ultralytics, YOLOv6 (năm 2022) [6] bởi Li và cộng sự, YOLOv7 (năm 2022), có một số cải tiến so với các phiên bản trước, một trong những cải tiến chính là việc sử dụng các anchor box. YOLOv7 cũng có độ phân giải cao hơn so với các phiên bản trước. Nó xử lý hình ảnh ở độ phân giải 608 x 608 pixel, cao hơn độ phân giải 416 x 416 được sử dụng trong YOLOv3. Độ phân giải cao hơn này cho phép YOLOv7 phát hiện các đối tượng nhỏ hơn và có độ chính xác tổng thể cao hơn.

YOLOv8 là phiên bản mới được công bố vào đầu năm 2023 [8], YOLOv8 đã mang lại nhiều điểm tích cực so với phiên bản tiền nhiệm, như phát hiện không dùng anchor, giới thiệu lớp tích chập C3 và tăng cường mosaic. YOLOv8 có nhiều tham số hơn so với các phiên bản tiền nhiệm như YOLOv5, nhưng ít tham số hơn so với YOLOv6. Nó cung cấp khoảng 33% mAP nhiều hơn cho các mô hình kích thước n và mAP lớn hơn nói chung. YOLOv8 có thời gian suy luận nhanh hơn so với tất cả các phiên bản YOLO khác. Trong YOLOv8, ta có các kích thước mô hình khác nhau: yolov8- n - nano, s - small, m - medium, l - large và x - extra large. Kích thước mô hình tương ứng tuyến tính với mAP và nghịch đảo tương ứng với thời gian suy luận. Các mô hình lớn mất nhiều thời gian suy luận để phát hiện đối tượng một cách chính xác với mAP cao hơn, *Hình 2.1* đưa ra so sánh giá trị trung bình mAP50-95 của YOLOv8 trên dữ liệu COCO [3] với phiên bản YOLOv6 và YOLOv7 cho thấy độ chính xác cao hơn hẳn.

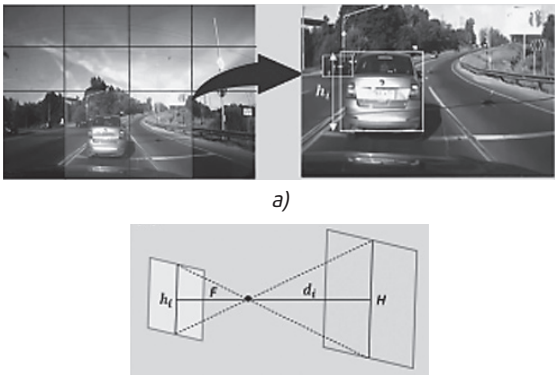


Hình 2.1: So sánh mAP của YOLOv8 với một số phiên bản trước

Đặc biệt, YOLOv8 hỗ trợ giải quyết được ba vấn đề trên một khung hình đó là: Phát hiện đối tượng (Object Detection), phân vùng đối tượng (Instance Segmentation) và phân loại đối tượng (Image Classification). Do các ưu việt của YOLOv8 nên trong nghiên cứu này sử dụng YOLOv8 để phát hiện đối tượng tàu thuyền tham gia giao thông đường thủy.

3. ƯỚC LƯỢNG KHOẢNG CÁCH

Ban đầu, mạng sử dụng nơ-ron học sâu CNN được dùng để phát hiện đối tượng phương tiện đường bộ hoặc tàu thuyền, ở đây lựa chọn mạng học sâu CNN dựa trên thuật toán YOLOv8 [8] được sử dụng để phát hiện phương tiện đường bộ hoặc tàu thuyền trong khung hình video. Từ kết quả phát hiện, chỉ có đối tượng ô tô hoặc tàu thuyền được sử dụng, các lớp đối tượng khác bỏ qua trong ứng dụng này. Do đó, hộp giới hạn phù hợp nhất cho từng đối tượng được phát hiện có thể được vẽ trong các khung hình của video và các dữ liệu về đối tượng đã phát hiện này sẽ được sử dụng để ước lượng khoảng cách đảm bảo an toàn.



a)

b)

Hình 3.1: a) - Phát hiện đối tượng xe ô tô;
b) - Nguyên lý hình tam giam để ước lượng khoảng cách

Để ước lượng khoảng cách đến đối tượng chúng ta sử dụng nguyên lý hình tam giác như *Hình 3.1*, ở đây giả thiết phát hiện một đối tượng là xe ô tô có chiều cao là h_i *(Hình 3.1a)* trong các khung hình từ camera quan sát, H là chiều cao thực tế của phương tiện, khi đó theo nguyên lý hình tam giác *(Hình 3.1b)* ta có công thức ước lượng khoảng cách từ vị trí quan sát đến đối tượng ô tô theo công thức sau:

$$d_i = \frac{HF}{h_i} \quad (1)$$

Trong các khung hình từ máy ghi hình quan sát thì F ước lượng theo inch bằng 2,5 và có 100 pixel trên 1 inch, do đó F = 250, h_i là chiều cao của đối tượng được tính theo pixel trong khung hình. Khi đó, công thức (1) có thể tính lại theo công thức (2) sau đây:

$$d_i = \frac{250H}{h_i} \quad (2)$$

Đối tượng có khoảng cách ước lượng gần nhất sẽ được đánh dấu màu đỏ, giả sử khoảng cách đó ký hiệu là t, sẽ được đánh dấu màu đỏ (red) và những đối tượng còn lại được đánh dấu màu xanh lá cây (green). Một hộp bao

màu đỏ sẽ được vẽ đến đối tượng có khoảng cách nhỏ nhất. Cách đánh màu cho hộp bao, ký hiệu c, được định nghĩa theo công thức (3):

$$c = \begin{cases} red & d = t \\ green & d > t \end{cases} \quad (3)$$

4. CÀI ĐẶT VÀ THỬ NGHIỆM

Mô hình được cài đặt bằng ngôn ngữ lập trình Python, các thư viện hỗ trợ như OpenCV, Numpy, Pillow và Ultralytics cho YOLOv8.

Thử nghiệm gồm hai phần: Phần đầu thu thập dữ liệu và huấn luyện mô hình bằng YOLOv8 để phát hiện đối tượng; phần sau sẽ thử nghiệm ước lượng khoảng cách đến các đối tượng phát hiện.

Bộ dữ liệu dùng để huấn luyện mô hình cho phát hiện đối tượng phương tiện giao thông đường bộ (12 loại xe cơ giới - được liệt kê trong *Bảng 4.1*) gồm 4.058 ảnh được thu thập từ nguồn [9] (trong đó, tập train là 2.634 ảnh (65%), tập valid là 966 ảnh (24%) và tập test là 458 ảnh (11%)). Sử dụng YOLOv8 để huấn luyện với chu kỳ là 80 epochs, trong thời gian 2.024h được các tỉ lệ tin cậy trung bình cho 12 phương tiện như sau: P là 51,1%, R là 60% và mAP = 44,7%, mAP^{50-95} là 32% (mAP^{50-95} trên bộ dữ liệu COCO là 53,7% [8]). Cụ thể của từng loại phương tiện theo *Bảng 4.1* sau đây:

Bảng 4.1. Kết quả huấn luyện mạng YOLOv8n cho phát hiện đối tượng phương tiện giao thông đường bộ

TT	Đối tượng	P (%)	R (%)	mAP (%)	mAP^{50-95} (%)
1	Big bus	81,3	39,7	74,1	55,8
2	Big truck	83,4	45	64,1	42,4
3	Bus-l	5	87,5	4,9	2,5
4	Bus Simulator	24	83,3	25,8	20,7
5	Car	84,8	74,2	82,5	52,2
6	Mid truck	74,9	41,2	42,7	32,9
7	Small bus	22,2	24,5	14,2	8,7
8	Truck Simulator	70,3	55,8	61,5	40,4
9	Truck-l	46,3	68,5	46,6	36,4
10	Truck-m	41,7	67,4	37,6	29,7
11	Truck-s	29,8	55,2	23,8	16,7
12	Truck-xl	49,1	77,7	58,1	45,9
	Trung bình	51,1	60,0	44,7	32,0

Do sử dụng phát hiện cho 12 đối tượng ô tô, nhiều đối tượng có hình dạng gần như tương tự nhau, chỉ khác nhau về kích thước, dẫn đến phát hiện nhầm lẫn có thể xảy ra. Theo *Bảng 4.1* dễ dàng thấy độ tin cậy của một số loại phương tiện khá thấp như: Bus-l, Bus - s, Small bus... Để cải thiện độ tin cậy, có thể nhóm các loại phương tiện vào ba nhóm: Bus, Car, Truck. Gán lại nhãn và huấn luyện lại mô hình phát hiện phương tiện ô tô, được bảng kết quả độ tin cậy sau khi huấn luyện theo *Bảng 4.2* với mAP^{50-95} trung bình cho ba đối tượng là 62,63%, cải thiện hơn so với trường hợp phát hiện cho 12 đối tượng.

Bảng 4.2. Kết quả huấn luyện mạng YOLOv8n cho phát hiện đối tượng phương tiện giao thông đường bộ

TT	Đối tượng	P (%)	R (%)	mAP (%)	mAP^{50-95} (%)
1	Bus	86,3	78,7	74,1	62,8
2	Truck	83,4	77,7	82,1	61,9
3	Car	85,8	82,2	82,5	63,2
	Trung bình	85,17	79,53	79,57	62,63

Bộ dữ liệu dùng để huấn luyện mô hình cho phát hiện đối tượng tàu thuyền gồm 899 ảnh với 849 ảnh được tải về từ nguồn [10] và 50 ảnh tự thu thập và gán nhãn, tách bộ dữ liệu thành 3 tập: Tập train là 629 ảnh (70%), tập valid là 180 ảnh (20%) và tập test là 90 ảnh (10%). Sử dụng YOLOv8n để huấn luyện trên Colab Google với chu kỳ là 100 epochs, trong thời gian 0,272h được mô hình với các thông số P, R, mAP và mAP^{50-95} như trong bảng *Bảng 4.3*.

Bảng 4.3. Kết quả huấn luyện mạng YOLOv8n cho phát hiện đối tượng người đi bộ và tàu thuyền

TT	Tập dữ liệu	Số ảnh	P (%)	R (%)	mAP (%)	mAP^{50-95} (%)
1	Tàu thuyền	899	89,7	91,8	94,5	65,7
2	COCO[8]	330K				57,3

Tiếp theo thử nghiệm trên video ước lượng khoảng cách đến các đối tượng xe ô tô trên đường phố và tàu thuyền lưu thông trên đường thủy.

Thử nghiệm cho video ước lượng khoảng cách đến các phương tiện xe ô tô trên giao thông đường nội đô ta được kết quả như *Hình 4.1* (minh họa cho một vài khung hình trong video). Trong *Hình 4.1*, xe có đường bao nét đứt là xe được ước lượng có khoảng cách gần vị trí quan sát nhất, ngược lại các xe sẽ có đường bao nét liền.

Hình 4.1: Ước lượng khoảng cách đến các đối tượng xe ô tô trên đường phố

Thử nghiệm cho video ước lượng khoảng cách đến các phương tiện tàu thuyền lưu thông trên đường thủy ta được kết quả thử nghiệm như *Hình 4.2*, minh họa cho một vài khung hình trong video, thuyền có đường bao nét đứt được ước lượng là có khoảng cách gần vị trí quan sát nhất, ta có thể đưa ra cảnh báo sớm cho người điều khiển tàu thuyền đưa ra hướng xử lý phù hợp tránh đâm va có thể xảy ra.

Hình 4.2: Ước lượng khoảng cách đến các đối tượng tàu thuyền trên đường thủy

Trong mô hình ước lượng khoảng cách thì khâu phát hiện đối tượng là quan trọng nhất, vì khi phát hiện được đối tượng thì mới có thể ước lượng được khoảng cách giữa các đối tượng. Từ *Bảng 4.2 và 4.3* có thể thấy mô hình phát hiện đối tượng với YOLOv8 là khá tốt, với đối tượng là đối tượng ô tô và tàu thuyền có mAP50-95 lần lượt là 62,63% và 65,7% cao hơn mAP50-95 của mô hình YOLOv8 với dữ liệu COCO là 53,7%. Độ tin cậy cao giúp phát hiện đối tượng chính xác hơn, điều này làm cho việc ước lượng giữa các đối tượng gặp nhiều thuận lợi.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đưa ra mô hình ước lượng khoảng cách đến các đối tượng tàu thuyền lưu hành trên sông nước. Từ kết quả thử nghiệm cho thấy đã giải quyết phần nào bài toán ước lượng khoảng cách đảm bảo an toàn cho các đối tượng tàu thuyền trên sông/biển. Độ tin cậy phát hiện đối tượng sử dụng YOLOv8 được chỉ rõ trong *Bảng 4.2 và 4.3* với mAP50-95 cao hơn với trường hợp sử dụng bộ dữ liệu COCO phát hiện cho 80 đối tượng.

Hướng nghiên cứu tiếp theo sẽ tập trung nghiên cứu phát hiện thêm các đối tượng khác cho phương tiện tham gia giao thông đường bộ (như xe mô tô, xe đạp, người đi bộ...) và đường thủy với các vật thể lạ (như cano, phao cứu sinh, đá ngầm, chướng ngại vật lạ...) nổi trên biển sử dụng YOLOv8 với bộ dữ liệu thu thập thực tế hoặc giả lập trong phòng thí nghiệm mô phỏng. Việc nghiên cứu ước lượng khoảng cách đến các vật thể lạ giúp người lái ô tô và tàu thuyền (hoặc các thiết bị tự hành) tránh đâm va đảm bảo an toàn khi lưu thông.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.62.

Tài liệu tham khảo

[1]. Redmon, J. (2016), Farhadi, A. YOLO9000: *Better, faster, stronger*, arXiv, arXiv:1612.08242.

[2]. Redmon, J.; Farhadi (2018), *A. YOLOv3: An Incremental Improvement*, arXiv 2018, arXiv:1804.02767, [Google Scholar].

[3]. Coco dataset: *https://www.cocodataset.org*.

[4]. Alexey Bochkovskiy, Chien-Yao Wang, Hong-Yuan Mark Liao, *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection, https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.10934*.

[5]. Glenn Jocher et al. (2021), *yolov5: https://github.com/ultralytics/yolov5*.

[6]. Chuyi Li et al, *YOLOv6: A Single-Stage Object Detection Framework for Industrial Applications, https://doi.org/10.48550 /arXiv.2209.02976*.

[7]. Chien-Yao Wang et al, *YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors, https://doi.org/10.48550/arXiv.2207.02696*.

[8]. Om M. Khare, Shubham Gandhi, Aditya M. Rahalkar, Sunil Mane, *YOLOv8-Based Visual Detection of Road Hazards: Potholes, Sewer Covers, and Manholes, https://doi.org/10.48550/arXiv.2311.00073,https://www.yolov8.com, Yolov8 Github link: https://github.com/ ultralytics/ultralytics.*

[9]. Vehicle dataset, *https://universe.roboflow.com/roboflow-100/vehicles-q0x2v/dataset/2*.

[10]. *Boat dataset, https://universe.roboflow.com/yolo-project/fishingboat/dataset/2; https://universe.roboflow.com/yamen-gm7rm/ boat-xore6/dataset/1*.

Ngày nhận bài: 20/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 08/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/3/2024

Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển bền vững thích nghi tích hợp kỹ thuật học tham số nhỏ nhất cho vây giảm lắc ngang tàu thủy

■ **PGS. TS. NGUYỄN VĂN SƯỚNG(*); ThS. LÊ TUẤN SƠN**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)nguyenvansuong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Nghiên cứu này đề xuất một bộ điều khiển là sự kết hợp giữa điều khiển trượt bền vững, điều khiển thích nghi, mạng nơ-ron nhân tạo và luật học tham số nhỏ cho hệ thống vây giảm lắc ngang tàu thủy. Bên cạnh đó, bộ điều khiển cũng giải quyết được bài toán yếu tố bất định trong mô hình động học tàu thủy. Để xác thực tính khả thi của thuật toán đề xuất, các mô phỏng đã được thực hiện.

TỪ KHÓA: Hệ thống vây giảm lắc tàu thủy, điều khiển trượt bền vững thích nghi, mạng nơ-ron RBF, kỹ thuật học tham số nhỏ nhất.

ABSTRACT: This study proposes a controller that combines robust sliding control, adaptive control, artificial neural network, and minimum parameter learning law for ship anti-roll fin stabilizer. Besides, the proposed controller also deals with the problem of uncertaity of ship dynamic model. To verify the effectiveness of the proposed control system, simulations are carried out.

KEYWORDS: Ship anti-roll fin stabilizer, adaptive robust sliding mode control, RBF neural network, minimum parameter learning.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi tàu hành trình ngoài biển, ảnh hưởng của sóng gió sẽ tác dụng tiêu cực đến chuyển động của tàu, sức khỏe thuyền viên, hành khách, an toàn của tàu và hàng hóa. Do vậy, việc giảm lắc tàu thủy là một vấn đề quan trọng được chú ý, đặc biệt là đối với những tàu chở khách, tàu du lịch hạng sang. Để thực hiện việc giảm lắc, đã có nhiều thiết bị được chế tạo trong thực tiễn hàng hải như: Két nước giảm lắc, con quay giảm lắc, thiết bị roto Magnus, vây giảm lắc. Nguyên tắc chung của tất cả các hệ thống giảm lắc là tạo ra một mô-men để chống lại mô-men gây lắc do sóng gió gây ra. Trong số các thiết bị giảm lắc, vây giảm lắc là thiết bị đem lại hiệu quả giảm lắc cao, có thể lên đến 92%. Chúng được lắp đặt ở 2 bên hông tàu và được điều khiển ngược chiều nhau trong cùng một thời điểm để tạo ra mô-men chống lại mô-men gây lắc.

Cho đến nay, PID [1] là bộ điều khiển được đề xuất nhiều nhất cho hệ thống điều khiển vây giảm lắc tàu thủy, ưu điểm của hệ thống điều khiển là đơn giản, dễ hiệu chỉnh. Tuy nhiên, với bộ điều khiển PID thường xuyên sẽ có những lượng quá điều chỉnh và thời gian đưa hệ thống về giá trị đặt là lâu gây chất lượng chưa được tốt trong quá trình điều khiển. Bên cạnh đó, khi tham số của hệ thống điều khiển thay đổi, chất lượng điều khiển của hệ thống sẽ là không được tốt.

Để khắc phục hạn chế của hệ thống điều khiển PID, đã có nhiều nghiên cứu khác nhau đề xuất các bộ điều khiển cho hệ thống này, có thể kể như: Điều khiển dự báo mô hình [3], điều khiển LQR [2], điều khiển cuốn chiếu [5, 6]. Tuy nhiên, những nghiên cứu này vẫn còn những hạn chế khi áp dụng vào hệ thống điều khiển vây giảm lắc tàu thủy, có thể kể đến như: Bộ điều khiển còn phức tạp, chưa giải quyết các yếu tố bất định, chưa làm tối ưu hóa hệ thống điều khiển...

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đề xuất một bộ điều khiển trượt bền vững kết hợp với mạng nơ-ron nhân tạo và thuật toán luật học tham số nhỏ nhất cho hệ thống điều khiển vây giảm lắc ngang tàu thủy. Ưu điểm của hệ thống điều khiển đề xuất được chỉ ra như sau:

Thứ nhất, điều khiển trượt được sử dụng làm bộ điều khiển trung tâm. Ưu điểm của bộ điều khiển này là đảm bảo tính ổn định cho hệ thống và đảm bảo tính bền vững của hệ thống khi hệ thống có nhiễu ngoài tác dụng. Thứ hai, mạng nơ-ron thích nghi được tích hợp vào bộ điều khiển trượt để giải quyết bài toán với mô hình toán học động học tàu thủy có các thành phần bất định không rõ ràng. Thứ ba, luật học tham số nhỏ nhất được sử dụng để huấn luyện mạng nơ-ron thích nghi online.

Luật học này góp phần làm giảm tải khối lượng làm việc của mạng nơ-ron, từ đó tiết kiệm thời gian và chi phí xây dựng hệ thống điều khiển. Như vậy có thể thấy rằng, việc nghiên cứu đề xuất bộ điều khiển trong đề tài này có những ý nghĩa nhất định về mặt khoa học trong việc xây dựng hoàn thiện hệ thống điều khiển vây giảm lắc tàu thủy.

2. MÔ HÌNH ĐỘNG HỌC CỦA LẮC NGANG TÀU THỦY

Theo [6], mô hình toán học của hệ thống lắc tàu thủy được mô tả theo hê thức dưới đây:

$$(M_{xx}+\Delta M_{xx})\ddot{\varphi}+\lambda_{n}\dot{\varphi}+\lambda_{w}\dot{\varphi}\,|\,\dot{\varphi}\,|+Dh\varphi\left(1-\left(\frac{\varphi}{\varphi_{v}}\right)^{2}\right)=M_{c}+M_{w} \quad (1)$$

Trong đó: $(M_{xx}+\Delta M_{xx})$ - Mô-men tác động lên tàu thủy; φ - Góc lắc tàu, $\dot{\varphi}$ - Tốc độ lắc tàu; φ_V - Góc ngập nước của tàu; λ_n và $-\lambda_W$ - Tương ứng là các hệ số ổn định; *D* và *h* - Lượng giãn nước và chiều cao tâm nghiêng của tàu; M_c - Mô-men chống lắc do vây giảm lắc tạo ra; M_w - Mô-men gây lắc tàu do sóng gió kết hợp gây ra. Các thành phần trong hệ thức (1) được xác định theo hệ thức (2) dưới đây:

$$\begin{aligned} M_{xx}+\Delta M_{xx} &= \frac{DB^2}{g}(0.3085+\frac{0.0227B}{d}-\frac{0.0043L_{BP}}{100})^2 \\ \lambda_n &= \frac{2n_1\sqrt{Dh(M_{xx}+\Delta M_{xx})}}{\pi} \\ \lambda_w &= \frac{3n_2(M_{xx}+\Delta M_{xx})}{4} \\ M_c &= -\rho v^2 A_f l_f C_1(u+\frac{\dot{\varphi} l_f}{v}) \\ M_w &= -Dha_w \end{aligned} \quad (2)$$

Thay các thành phần trong (2) vào (1) và viết lại phương trình (1) dưới dạng sau:

$$\ddot{\varphi} = \gamma_1\varphi+\gamma_2\varphi^3+\gamma_3\dot{\varphi}+\gamma_4\dot{\varphi}|\dot{\varphi}|+bu+d_w \quad (3)$$

Trong hệ thức (3), các hệ số được xác định theo hệ thức (4) dưới đây:

$$\begin{aligned} \gamma_1 &= -\frac{Dh}{M_{xx}+\Delta M_{xx}} \\ \gamma_2 &= \frac{Dh}{(M_{xx}+\Delta M_{xx})\varphi_v^2} \\ \gamma_3 &= -\frac{\delta_N}{M_{xx}+\Delta M_{xx}}-\frac{\rho v^2 A_f l_f C_1}{(M_{xx}+\Delta M_{xx})v} \\ \gamma_4 &= -\frac{\delta_W}{M_{xx}+\Delta M_{xx}} \\ b &= -\frac{\rho v^2 A_f l_f C_1}{(M_{xx}+\Delta M_{xx})} \\ d_w &= -\frac{Dha_w}{M_{xx}+\Delta M_{xx}} \end{aligned} \quad (4)$$

Đặt $x_1=\varphi$ và $x_2=\dot{\varphi}$, $x=[x_1, x_2]^T$, phương trình động học (3) được viết dưới dạng phương trình không gian trạng thái như hệ thức (5) dưới đây:

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = f(x)+bu+d_w \end{cases} \quad (5)$$

Mục tiêu của bài toán là thiết kế một bộ điều khiển để đầu ra của hệ thống (góc lắc tàu thực tế) bám theo đầu ra (góc lắc cài đặt bằng 0) khi có yếu tố mô hình *f*(*t*) bất định, nhiễu tác động d_w.

3. BỘ ĐIỀU KHIỂN ĐỀ XUẤT CHO HỆ THỐNG ĐIỀU KHIỂN VÂY GIẢM LẮC TÀU THỦY

Gọi sai số và đạo hàm sai số giữa hướng mũi tàu mong muốn và hướng mũi tàu thực tế như sau:

$$\begin{cases} e(t)=\varphi(t)-\varphi_d(t)=\varphi(t)=x_1 \\ \dot{e}(t)=\dot{\varphi}(t)-\dot{\varphi}_d(t)=\dot{\varphi}(t)=x_2 \\ \ddot{e}(t)=\ddot{\varphi}(t)-\ddot{\varphi}_d(t)=\ddot{\varphi}(t)=\dot{x}_2 \end{cases} \quad (6)$$

Thiết kế mặt trượt theo hệ thức sau:

$$s(t)=\dot{e}(t)+c.e(t) \quad (7)$$

Đạo hàm mặt trượt được xác định theo hệ thức:

$$\dot{s}(t)=\ddot{e}(t)+c.\dot{e}(t)=\dot{x}_2+c.x_2 \quad (8)$$

Hàm Lyapunov được chọn để ổn định hệ thống:

$$V(s)=\frac{1}{2}s^2(t) \quad (9)$$

Đạo hàm hàm Lyapunov theo thời gian và thay các thành phần trong mô hình toán học của động học lắc tàu vào, ta được hệ thức sau:

$$\dot{V}(s)=s(t).\dot{s}(t)=s(t).(\dot{x}_2+c.x_2)=s(t).(f(x)+bu+d_w+c.x_2) \quad (10)$$

Lựa chọn tín hiệu điều khiển của bộ điều khiển trượt như sau:

$$u=\frac{1}{b}.[-f(t)-c.x_2-\lambda.\text{sign}(s(t))] \quad (11)$$

Thay tín hiệu điều khiển vào hàm ổn định Lyapunov, ta được:

$$\dot{V}(s)=s(t).\dot{s}(t)=s(t).[d_w-\lambda.\text{sign}(s(t))]\le D|s(t)|-\lambda|s(t)| \quad (12)$$

Chọn λ = D + ε hệ thống sẽ ổn định. Trong đó, D là giá trị chặn của nhiễu.

Để giải quyết bài toán khi tham số mô hình toán của hệ thống điều khiển vây giảm lắc tàu thủy thay đổi theo thời gian, tức là khi đó hàm *f*(t) trong tín hiệu điều khiển trượt sẽ bất định và chúng có thể được xấp xỉ bằng một mạng nơ-ron cơ sở xuyên tâm RBF, khi đó luật điều khiển được thể hiện qua hệ thức:

$$u=\frac{1}{b}.\left[-\hat{f}(t)-c.x_2-\lambda.\text{sign}(s(t))\right] \quad (13)$$

$$u=\frac{1}{b}.\left[-\hat{W}.h(t)-c.x_2-\lambda.\text{sign}(s(t))\right] \quad (14)$$

Trong đó: $\hat{f}(t)$ - Hàm xấp xỉ thành phần bất định *f*(t) do mạng nơ-ron RBF tạo ra. Luật cập nhật mạng nơ-ron thích nghi được thể hiện qua hệ thức sau:

$$\dot{\hat{W}}=\gamma.s(t).h(t) \quad (15)$$

Trong hệ thức (15), việc tính toán luật thích nghi được thông qua các giá trị trọng số, như vậy việc tính toán cập nhật mạng sẽ phức tạp, do đó luật học tham số nhỏ nhất được đề xuất để làm giảm khối lượng tính toán. Cụ thể, tham số $\hat{\delta}=\|\hat{W}\|^2$ được đề xuất để đơn giản hóa việc tính toán cập nhật tham số mạng nơ-ron.

Khi đó, luật điều khiển được đề xuất theo hệ thức dưới đây:

$$u=\frac{1}{b}.\left[-\frac{1}{2}s(t).\hat{\delta}.h^T(t).h(t)-c.x_2-\lambda.\text{sign}(s(t))\right] \quad (16)$$

Luật cập nhật tham số học nhỏ nhất theo hệ thức:

$$\dot{\hat{\delta}}=\frac{\gamma}{2}s^2(t).h^T(t).h(t)-\xi.\gamma.\hat{\delta} \quad (17)$$

Như vậy, bằng việc sử dụng duy nhất một tham số học $\hat{\delta}$ sẽ làm giảm khối lượng tính toán của việc cập nhật mạng nơ-ron thay vì sử dụng các trọng số mạng nơ-ron để cập nhật. Để giảm hiện tượng rung do hàm sign trong hệ thức (16), trong nghiên cứu này chúng tôi thay hàm sign bằng hàm tanh trong hệ thức (16). Do vậy, luật điều khiển đề xuất là:

$$u = \frac{1}{b}.\left[-\frac{1}{2}s(t).\hat{\delta}.h^T(t).h(t) - c.x_2 - \lambda.\tanh(\frac{s(t)}{\varepsilon})\right] \quad (18)$$

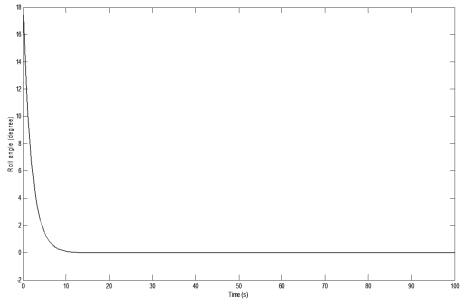
Trong đó: ε - Một hệ số rất nhỏ.

4. MÔ PHỎNG SỐ

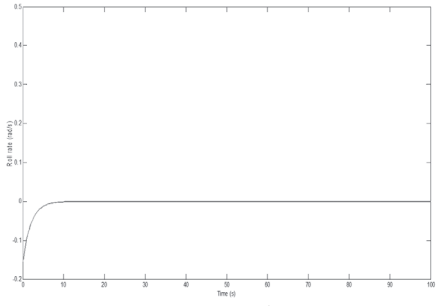
Trong nghiên cứu này, mô phỏng số được thực hiện để xác minh tính khả thi của hệ thống đề xuất.

Mô phỏng được thực hiện với một tàu trong nghiên cứu [6] với các thông số của tàu lần lượt là: Chiều dài tàu 175 m, chiều rộng là 25,4 m, mớn nước là 8,5 m, lượng giãn nước là 21120 T, diện tích vây giảm lắc là 20,2 m^2, hệ số nâng của vây giảm lắc là 3,39, góc ngập nước là 43^0, chiều cao tạm nghiêng là 1 m, tốc độ tàu chạy là 15 knot, các hệ số n_1 = 0,031, n_2 = 0,0152.

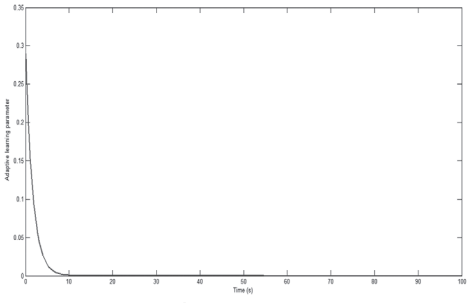
Như vậy, tham số của mô hình động học lắc tàu được xác định γ_1 = -0,1117, γ_2 = 0,1938, γ_3 = -0,6438, γ_4 = -0,0131, *b* = -0,3283. Thông số của nhiễu tổng hợp gây ra bởi sóng gió được mô tả qua hệ thức: d_w = 0,8.sin(0.3.t) + 0,33.sin(0.5.t). Mạng nơ-ron được lựa chọn với tâm nằm trong phạm vi [-2 2] và bán kính là 0,5, lớp ẩn của mạng gồm 5 nút. Đầu vào của mạng là [x_1 x_2], γ = 15, ξ = 3, c = 0,5, ε = 0,01. Góc lắc ban đầu của tàu là 18 độ (nghiêng sang mạn phải) và tốc độ lắc là 0,5 radian/s, tham số học ban đầu được lựa chọn là 0,3. Kết quả mô phỏng được thực hiện theo các hình dưới đây.



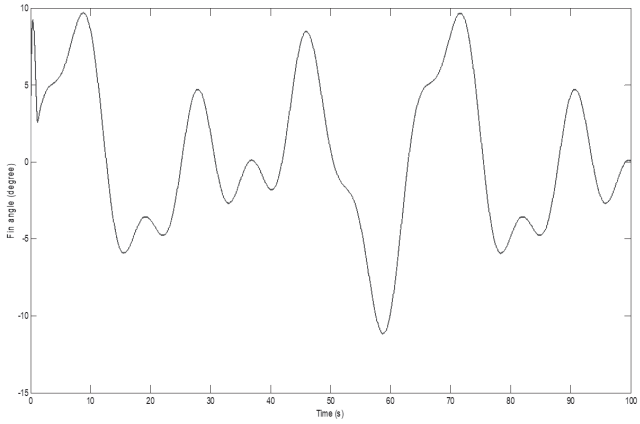
Hình 4.1: Kết quả góc lắc tàu được điều khiển bằng bộ điều khiển đề xuất



Hình 4.2: Tốc độ góc lắc được điều khiển bằng bộ điều khiển đề xuất



Hình 4.3: Tham số học thích nghi của mạng nơ-ron



Hình 4.4: Tín hiệu điều khiển từ bộ điều khiển đề xuất

Từ các kết quả, có thể thấy rằng bộ điều khiển đề xuất có hiệu quả tốt trong việc điều khiển giảm lắc tàu thủy bằng thiết bị vây giảm lắc. Trong tương lai, các nghiên cứu chuyên sâu hơn sẽ được thực hiện trên thực nghiệm.

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã đề xuất một bộ điều khiển trượt thích nghi bền vững kết hợp với mạng nơ-ron và kỹ thuật học tham số nhỏ nhất cho hệ thống điều khiển vây giảm lắc tàu thủy. Luật học tham số nhỏ nhất được sử dụng để cập nhật mạng nơ-ron giúp tiết kiệm thời gian và khối lượng tính toán. Kết quả mô phỏng số trên MATLAB đã chỉ ra tính khả thi của hệ thống đề xuất. Trong thời gian tiếp theo, chúng tôi sẽ thực hiện các nghiên cứu trên thực nghiệm mô hình tàu thực.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT.23-24.01.

Tài liệu tham khảo

[1]. TS. Nguyễn Văn Sướng (2021), *Tự động điều khiển tàu thủy*, NXB. Hàng hải.

[2]. Cakici, F. (2021), *Vertical acceleration control using LQG approach for a passenge ship*, Ocean Eng. 241, 110040.

[3]. Jimoh, I.A., Kucukdemiral, I.B., Bevan, G. (2021), *Fin control for ship roll motion stabilisation based on observer enhanced MPC with disturbance rate compensation*, Ocean Eng. 224, 108706.

[4]. Katsuhiko Ogata (2002), *Modern Control Engineering*, Aeeizh Publisher.

[5]. Karakas, S., Ucer, E., Pesman, E. (2012), *Control design of fin roll stabilization in beam seas based on Lyapunov's direct method*, Pol. Marit. Res., 19, 25-30.

[6]. Li, R., Li, T., Bai, W., Du, X. (2016), *An adaptive neural network approach for ship roll stabilization via fin control*, Neurocomputing 173, 953-957.

Ngày nhận bài: 21/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Ứng dụng kỹ thuật Ashby lựa chọn vật liệu độ bền cao, khối lượng nhẹ trong thiết kế bánh răng trụ

■ **TS. VŨ VIẾT QUYỀN(*); ThS. ĐOÀN XUÂN TRƯỢNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)quyenvv.cndt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Mục tiêu của nghiên cứu là tối ưu hóa lựa chọn vật liệu cho các thiết kế bánh răng thẳng. Để đạt được điều này, phương pháp tiên tiến Ashby trong lựa chọn vật liệu được ứng dụng. Một hàm mục tiêu nhằm giảm khối lượng bánh răng dựa trên độ bền uốn, đồng thời đảm bảo sản phẩm không bị phá hủy do mỏi. Tất cả các thông số đầu vào và hệ số điều chỉnh trong quá trình thiết kế được xác định là các biến tự do. Nghiên cứu đã thực hiện một loạt các thiết kế bánh răng với các loại vật liệu khác nhau để so sánh khối lượng của sản phẩm. Kết quả cho thấy rằng các vật liệu nhẹ và có độ bền cao được lựa chọn đã đạt được mức giảm khối lượng lên đến 63% so với việc sử dụng vật liệu thông thường.

TỪ KHÓA: Lựa chọn vật liệu, phương pháp Ashby, giảm khối lượng.

ABSTRACT: The objective of the study is to enhance material choice for spur gear configurations. Employing the advanced Ashby method, the research aims to achieve this goal. A objective function is established to minimize gear mass, focusing on bending strength, while ensuring the product's resilience against fatigue failure. All variables and factors influencing the design process are treated as independent parameters. A range of gear designs using various materials was conducted to assess product mass differentials. The findings indicate that opting for lightweight and high-strength materials resulted in a substantial reduction in mass, up to 63% compared to traditional material alternatives.

KEYWORDS: Material selection, Ashby method, weight reduction.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

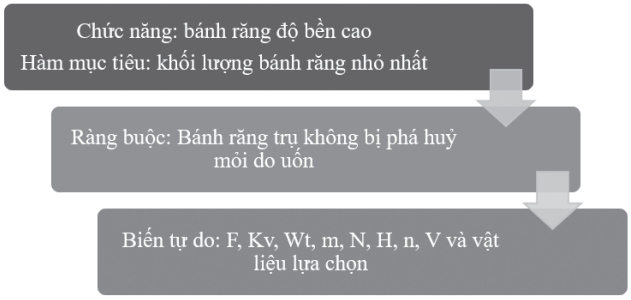
Bánh răng là các bộ phận có răng truyền chuyển động quay từ trục này sang trục khác. Chúng thường được sử dụng trong tất cả các loại ứng dụng cần truyền tải như ô tô, thiết bị công nghiệp, hàng không hay tàu biển. Bánh răng thẳng có các răng ở bên ngoài hình trụ song song với trục. Mặc dù đây là loại bánh răng đơn giản nhất nhưng lại được sử dụng phổ biến nhất. Việc thiết kế bánh răng trụ phụ thuộc vào các thông số đầu vào như công suất, tốc độ, điều kiện vận hành, tuổi thọ và yêu cầu tần suất làm việc, thông số đầu ra dựa trên tiêu chí đảm bảo không hư hỏng do mỏi uốn hoặc do mỏi tiếp xúc bề mặt. Việc giải quyết bài toán này được thực hiện dễ dàng bằng cách sử dụng các công cụ phân tích phần tử hữu hạn để kiểm chứng các lời giải giải tích [1-3]. Tuy nhiên, các nghiên cứu liên quan đến tối ưu hóa với các tùy chọn vật liệu khác nhau còn hạn chế. Marjanovic và cộng sự [4] đã phát triển phần mềm sử dụng C++ để tối ưu hóa khối lượng của bộ truyền bánh răng dựa trên ma trận lựa chọn, lựa chọn vật liệu tối ưu, tỷ số truyền tối ưu và vị trí trục tối ưu. Golabi và cộng sự [5] đã nghiên cứu dạng chung của hàm mục tiêu và các ràng buộc thiết kế đối với thể tích/khối lượng của hộp số bằng cách chọn các giá trị khác nhau cho công suất đầu vào, tỷ số truyền và độ cứng của bánh răng. Nhưng các nghiên cứu tối ưu vật liệu được này thực hiện từ một góc nhìn hẹp với số loại vật liệu còn hạn chế, chủ yếu là các vật liệu thông dụng trong sản xuất bánh răng mà chưa xét đến các loại vật liệu mới.

Nhiều loại thép, gang, đồng thau và nhựa phenolic có thể là lựa chọn tốt cho chế tạo bánh răng. Ngoài ra, các vật liệu mới như nylon, hợp kim titan, vật liệu tổ hợp cũng có thể được lựa chọn khi giá thành của những loại vật liệu này ngày càng giảm. Hiện nay, số lượng vật liệu có sẵn cho các kỹ sư lựa chọn là rất lớn: 160.000 hoặc hơn [6]. Vì vậy, việc lựa chọn vật liệu phù hợp nhất với thiết kế từ danh sách lớn như vậy bằng phương pháp loại trừ thủ công là không khả thi. Hiện nay, có nhiều phương pháp lựa chọn vật liệu khác nhau như ma trận quyết định, phương pháp Pugh, quy trình phân tích thứ bậc (AHP)... [7]. Tuy nhiên, các phương pháp này đều yêu cầu người thiết kế phải có kinh nghiệm và khả năng phán đoán. Một phương pháp lựa chọn tiên tiến là phương pháp Ashby có ưu điểm đơn giản, không yêu cầu kinh nghiệm từ người thiết kế, chỉ cần sử dụng công thức thiết kế được yêu cầu là đủ để xác định vật liệu tối ưu. Phương pháp Ashby này cung cấp các biểu đồ để xác định được vật liệu tối ưu cho các mục tiêu mong muốn như tối đa hóa độ cứng, độ bền hay giảm khối lượng... Khi được áp dụng đúng cách, phương pháp này sẽ đưa ra hướng dẫn và đơn giản hóa việc khảo sát ban đầu về các vật liệu tiềm năng. Phương pháp này cũng được hỗ trợ mạnh mẽ từ những công cụ máy tính như CES Selector.

Bài báo này nghiên cứu ứng dụng phương pháp Ashby để tìm kiếm loại vật liệu đảm bảo độ bền nhưng có khối lượng nhẹ cho một thiết kế bánh răng. Một nghiên cứu tham số được thực hiện bằng cách xác định các ràng buộc, hàm mục tiêu và các biến tự do. Các bánh răng khi làm việc chủ yếu bị phá hủy do mỏi ở bền mặt hoặc chân răng, do vậy hạn chế được xác định là tiêu chí về hư hỏng mỏi do uốn trong khi hàm mục tiêu là giảm khối lượng dựa trên độ bền độ uốn. Biểu đồ Ashby được sử dụng để thu được vật liệu phù hợp và các giá trị chỉ số vật liệu được xếp hạng bằng cách sử dụng công cụ CES Selector. Sau khi xác định được vật liệu phù hợp, một số thiết kế bánh răng đã được thực hiện. Các kết quả được so sánh với nhau theo giá trị mô-đun và chiều rộng mặt răng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Theo phương pháp Ashby, hàm mục tiêu, các ràng buộc hay yêu cầu thiết kế phải đáp ứng và các biến tự do được xác định theo biểu đồ *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Chiến lược lựa chọn vật liệu theo phương pháp Ashby

Sau khi đánh giá đồng thời hàm mục tiêu, các ràng buộc và các biến tự do, có thể xác định được chỉ số vật liệu. Hiệu suất của một phần tử kết cấu phụ thuộc vào các yêu cầu chức năng, hình học và tính chất của vật liệu kết cấu [15]. Hiệu suất (P) của phần tử được xác định theo phương trình sau:

$$P = \left[\begin{pmatrix} Yêu\ cầu \\ chức\ năng, F \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Thông\ số \\ hình\ học, G \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} Đặc\ tính \\ vật\ liệu, M \end{pmatrix}\right] \quad (1)$$

Trong đó: P là tính năng của một phần tử kết cấu mô tả đặc tính của chi tiết đó như khối lượng, thể tích, chi phí chế tạo hoặc tuổi thọ. Thiết kế tối ưu là việc lựa chọn vật liệu và thông số hình học chi tiết nhằm đạt được hiệu suất P lớn nhất hay nhỏ nhất, tùy theo mong muốn thiết kế. Từ phương trình (1), có thể thấy các hàm chức năng, hình học hay đặc tính vật liệu là các hàm riêng biệt và độc lập. Do đó, sự lựa chọn vật liệu tối ưu trở nên độc lập với thiết kế hình học và thiết kế chức năng. Như vậy, có thể xác định vật liệu tối ưu mà không cần chú ý đến các tham số của hàm F và G. Điều này giúp đơn giản hóa quá trình lựa chọn vật liệu. Hàm M bao gồm các thuộc tính của vật liệu, được gọi là chỉ số vật liệu. Mỗi sự kết hợp giữa các yêu cầu chức năng, mục tiêu và ràng buộc của thiết kế đều dẫn đến một chỉ số vật liệu. Các loại vật liệu đáp ứng được chỉ số này có thể được xác định thông qua biểu đồ Ashby. Các yêu cầu thiết kế bánh răng trụ được đưa ra trong bảng sau:

Bảng 2.1. Các yêu cầu thiết kế bánh răng trụ

Thông số	Giá trị
Góc ăn khớp	20^0
Thông số hình học bánh răng	Tiêu chuẩn, bánh răng thân khai, ăn khớp đúng
Vòng quay bánh dẫn	1.200 rpm
Công suất truyền tải	10 kW
Tốc độ trục đầu ra	400 rpm
Hệ số bền mỏi	107
Tiêu chuẩn thiết kế	Dựa vào độ bền mỏi

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định hàm mục tiêu của thiết kế bánh răng trụ

Khối lượng của bánh răng trụ có thể được tính gần đúng bằng khối lượng của một hình trụ có bán kính và chiều cao lần lượt bằng một nửa đường kính bước và chiều rộng mặt của bánh răng trụ [18]. Vì vậy, khối lượng (M) của một bánh răng trụ được cho bởi:

$$M = \pi r^2 F \rho \quad (2)$$

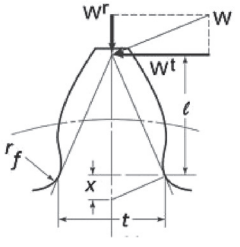
Trong đó: $3\pi m < F < 5\pi m \rightarrow F = C_1 \pi m$ với $3 < C_1 < 5$ và $r = mN/2$

nh (2), sẽ được:

$$M = C_1 \frac{\pi^2}{4} N^2 m^3 \rho \quad (3)$$

3.2. Xác định các ràng buộc

Bánh răng trụ được thiết kế theo các tiêu chí như phá hủy do uốn hoặc độ bền bề mặt. Trong nghiên cứu này, bánh răng trụ được thiết kế dựa trên các tiêu chí phá hủy do ứng suất uốn vì đây thường là yêu cầu cơ bản. Do đó, ứng suất uốn trên răng phải bằng hoặc nhỏ hơn độ bền mỏi (S) của vật liệu chế tạo bánh răng trụ ($\sigma \leq S$). Ngoài ra, bánh răng phải truyền tải trọng (W) mà không bị hỏng. Do đó, phương trình ứng suất uốn Lewis được sử dụng vì tất cả các tham số đều là biến tự do và phương trình này cũng đơn giản để xác định chỉ số vật liệu. Phương pháp của Lewis dựa vào tác dụng lực lên đỉnh răng như trong *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Vị trí của lực tác dụng lên răng bánh răng theo phương pháp Lewis

Phương trình Lewis:

$$\sigma = \frac{K_v w_t}{FmY} \quad (4)$$

Thay $K_v = (6.1 + \frac{\pi dn}{60})/6.1$ và $w_t = 19098.539H/(mNn)$ vào phương trình (4), sẽ được:

$$\sigma = \frac{19098.593H + 52.2\pi NnHm}{C_1 \pi m^3 NnY} \quad (5)$$

3.3. Xác định chỉ số vật liệu

Mô-đun (m) trong phương trình (3) phải được biểu diễn là hàm của độ bền (S) để tìm chỉ số vật liệu. Do đó, phương trình (5) được đơn giản hóa:

$$\sigma = \frac{C_2 + (C_4 m)}{C_3 m^3} \quad (6)$$

Với: $C_2 = 19098{,}593H$; $C_3 = C_1 \pi NnY$; $C_4 = 52{,}2\pi NnH$.

Để tìm mô-đun (m) dưới dạng hàm của độ bền (S), phương trình ($\sigma \leq S$) phải được giải bằng cách đưa phương trình (6) vào. Do tính phức tạp, chương trình toán học Wolfram được sử dụng để tìm nghiệm [20]. Vì phương trình thu được là bậc ba nên phương trình sẽ có ba nghiệm, trong đó có hai nghiệm ảo, nên nghiệm thực của phương trình như sau:

$$m = -\frac{\left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{1}{3}} C_4}{\left(-9S^2C_2C_3^2 + \sqrt{3}\sqrt{27S^4C_2^2C_3^4 - 4S^3C_3^3C_4^3}\right)^{\frac{1}{3}}} - \frac{\left(-9S^2C_2C_3^2 + \sqrt{3}\sqrt{27S^4C_2^2C_3^4 - 4S^3C_3^3C_4^3}\right)^{\frac{1}{3}}}{2^{1/3}3^{2/3}SC_3} \quad (7)$$

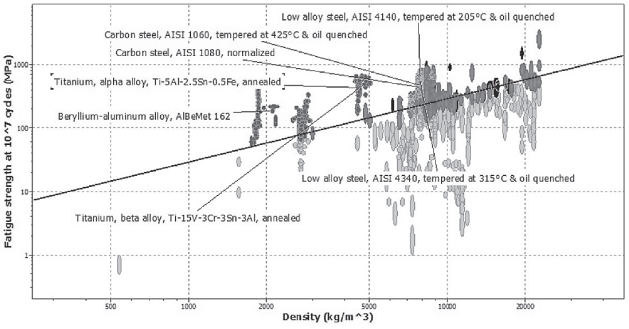
Sau khi đưa giá trị m vào phương trình (3), lũy thừa cực đại của S được tìm thấy là -1, như vậy $m^3 = 1/S$. Do đó, phương trình (3) có thể được nhóm lại như sau:

$$M = \left(C_1 \frac{\pi^2}{4}\right)(N^2)\left(\frac{\rho}{S}\right) \quad (8)$$

S/ρ còn được gọi là chỉ số vật liệu, từ phương trình (8) nhận thấy khối lượng M có thể đạt tối thiểu khi chỉ số vật liệu đạt tối đa. Nghiên cứu phương trình này có thể thấy rằng có hai tính chất vật liệu quan trọng giúp giảm khối lượng bánh răng và vẫn đảm đảm bảo độ bền. Thứ nhất là độ bền mỏi S của vật liệu và thứ hai là khối lượng riêng của vật liệu đó.

3.4. Áp dụng biểu đồ Ashby

Biểu đồ Ashby bao gồm tất cả các họ vật liệu như kim loại, gốm, polyme, cao su, vật liệu lai... Sử dụng biểu đồ mối quan hệ của độ bền mỏi và khối lượng riêng, xác định được các loại vật liệu khả thi sử dụng trong chế tạo bánh răng *(Hình 3.2)*. Đường dốc trong hình được sử dụng để phân loại vật liệu, phía dưới đường dốc là các vật liệu bị loại bỏ (màu xám) và phía trên có thể là một ứng cử viên được lựa chọn.



Hình 3.2: Biểu đồ Ashby sử dụng để lựa chọn vật liệu cho thiết kế bánh răng trụ

Các giá trị chỉ số vật liệu theo các vật liệu khả thi được xếp hạng và đưa ra trong *Bảng 3.1*. Các đặc tính của vật liệu khả thi được liệt kê trong *Bảng 3.2*.

Bảng 3.1. Giá trị chỉ số vật liệu của các vật liệu được lựa chọn

STT	VẬT LIỆU	GIÁ TRỊ CHỈ SỐ VẬT LIỆU
1	Hợp kim Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al	0,105
2	Hợp kim Ti-5Al-2.5Sn-0.5Fe	0,0958
3	Hợp kim nhôm berry, AlBeMet 162	0,0901
4	Thép AISI 4140, tôi dầu và ram ở 205^{0}C	0,0811
5	Thép AISI 4340 tôi dầu và ram ở 315^{0}C	0,0808
6	Thép AISI 4140, tôi dầu và ram ở 315^{0}C	0,0738
7	Thép AISI 4340, tôi dầu và ram ở 425^{0}C	0,0711
8	Thép AISI 1080, tôi dầu và ram ở 205^{0}C	0,0656
9	Thép AISI 1080, tôi dầu và ram ở 425^{0}C	0,0649
10	Thép AISI 1060, tôi dầu và ram ở 425^{0}C	0,0572
11	Thép AISI 4140, thường hóa	0,0551
12	Thép AISI 1080, thường hóa	0,0547

Bảng 3.2. Đặc tính của các vật liệu được lựa chọn

STT	Khối lượng riêng, kg/m^3	Mô-đun Young, GPa	Độ bền uốn, MPa	Độ bền kéo, MPa	Độ cứng, HV	Hệ số Poisson
1	4.750	108	749	770″	225	0,35
2	4.460	107	758	793	344	0,32
3	2.070	179	193	262	115	0,165
4	7.800	208	1.480	1.600	455	0,285
5	7.800	205	1.430	1.550	435	0,285
6	7.800	208	1.290	1.400	400	0,285

STT	Khối lượng riêng, kg/m³	Mô-đun Young, GPa	Độ bền uốn, MPa	Độ bền kéo, MPa	Độ cứng, HV	Hệ số Poisson
7	7.800	205	1.230	1.320	385	0,285
8	7.800	200	880	1.180	360	0,285
9	7.800	200	855	1.160	350	0,285
10	7.800	208	685	965	280	0,285
11	7.800	208	595	915	275	0,285
12	7.800	200	470	905	270	0,285

Trong thiết kế bánh răng trụ, một quá trình lặp được thực hiện. Đầu tiên, mô-đun m được ước tính và lặp lại cho đến khi chiều rộng mặt (F) đạt được trong phạm vi chấp nhận được. Công thức Lewis được áp dụng để xác định giá trị m và F. Dựa trên các yêu cầu thiết kế của *Bảng 2.1* và đặc tính của vật liệu được lựa chọn, thông số mô-đun m, chiều rộng răng và khối lượng cả bánh răng được tính toán trong *Bảng 3.3*.

Bảng 3.3. Kết quả mô-đun m, chiều rộng mặt răng và khối lượng bánh răng trụ

Vật liệu	Mô-đun, mm	Chiều rộng răng, mm	Khối lượng, kg
Hợp kim Ti-15V-3Cr-3Sn-3Al	3,5	45,46	8,90
Hợp kim Ti-5Al-2.5Sn-0.5Fe	3	46,4	7,31
Hợp kim nhôm berry, AlBeMet 162	3,75	56,04	5,12
Thép AISI 4140, tôi dầu và ram ở 205^{0}C	3	37,92	10,45
Thép AISI 4340 tôi dầu và ram ở 315^{0}C	3	39,21	10,81
Thép AISI 4140, tôi dầu và ram ở 315^{0}C	3	41,74	11,51
Thép AISI 4340, tôi dầu và ram ở 425^{0}C	3	42,88	11,82
Thép AISI 1080, tôi dầu và ram ở 205^{0}C	3	44,98	12,40
Thép AISI 1080, tôi dầu và ram ở 425^{0}C	3	45,82	12,63
Thép AISI 1060, tôi dầu và ram ở 425^{0}C	3,25	45,74	13,66
Thép AISI 4140, thường hóa	3,25	46,3	13,83
Thép AISI 1080, thường hóa	3,25	46,99	14,03

Với kết quả trong *Bảng 3.3*, bánh răng trụ từ thép carbon và thép hợp kim thấp có khối lượng tương đối cao mặc dù chúng là vật liệu bánh răng được sử dụng phổ biến nhất. Thép nhẹ nhất được xác định là AISI 4140 được tôi và ram ở 205^{0}C. Các hợp kim của titan có thể giúp cho khối lượng bánh răng giảm từ 15 đến 30% so với thép AISI 4140. Trong khi loại hợp kim nhẹ nhất được khuyến nghị là hợp kim nhôm AlBeMet 162 có thể làm bánh răng giảm tới 51% khối lượng so với AISI 4140 và 63% so với thép carbon 1080.

4. KẾT LUẬN

Việc áp dụng kỹ thuật lựa chọn vật liệu Ashby rất hữu ích cho các vấn đề kỹ thuật liên quan đến tối ưu hóa. Đặc biệt, trong các ứng dụng quan trọng liên quan đến độ bền và giảm khối lượng như lĩnh vực hàng không vũ trụ, giao thông. Việc lựa chọn vật liệu nhẹ phù hợp với độ bền cao là điều cần thiết cho các vấn đề thiết kế liên quan đến tối ưu hóa. Trong nghiên cứu này, phương pháp Ashby đã được sử dụng để nghiên cứu vật liệu nhẹ, độ bền cao để thiết kế bánh răng trụ. Các giá trị chỉ số vật liệu dựa trên độ bền mỏi và khối lượng riêng được xác định và sử dụng để xếp hạng vật liệu khả thi. Do đó, các vật liệu thế hệ mới như hợp kim titan hoặc hợp kim nhôm giúp giảm khối lượng từ 36% đến 63% so với vật liệu bánh răng thông thường.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.36.

Tài liệu tham khảo

[1]. Gupta B., Choubey A. and Varde G.V. (2012), *Contact Stress Analysis of Spur Gear. International Journal of Engineering Rese¬arch & Technology (IJERT)*, vol.1, Issue 4.

[2]. Jebur A.K., Khan I.A. and Nath Y. (2011), *Numerical and Experimental Dynamic Contact of Rotating Spur Gear,* Modern Applied Science, vol.5, no.2, pp.254-263.

[3]. Tiwari S.K. and Joshi U.K. (2012), *Stress Analysis of Mating Involute Spur Gear teeth,* International Journal of Engineering Research and Technology, vol.1, Issue 9.

[4]. Marjanovic N., Isailovic B., Marjanovic V., Milojevic Z., Blagojevic M. and Bojic M.(2012), *A Practical Approach to the Op¬timization of Gear Trains with Spur Gears*, Mechanism and Machine Theory, 53, pp.1-16.

[5]. Golabi S., Fesharaki J.J. and Yazdipoor M. (2014), *Gear Train Optimization Based on Minimum Volume/Weight Design*, Me¬chanism and Machine Theory, 73, pp.197-217.

[6]. Michael F. Ashby (2011), *Materials Selection in Mechanical Design*, 4th edition, Elsevier Ltd.

[7]. Dieter and Schmidt (2009), *Engineering Design*, 4th edition. McGraw Hill Company.

Ngày nhận bài: 29/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 11/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Nghiên cứu ứng dụng thiết bị đo sâu tự hành phục vụ việc thanh thải bãi cạn trên tuyến luồng đường thủy

■ **TS. NGUYỄN XUÂN THỊNH**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: thinhms@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Hiện nay, các công trình khảo sát khơi thông các tuyến luồng đường thủy đang đóng một vai trò quan trọng trong việc phát triển ngành kinh tế vận tải thủy. Việc nghiên cứu công nghệ khảo sát cho các công trình này không chỉ phải kịp thời nhanh chóng mà còn đòi hỏi độ chính xác cao. Do vậy, việc ứng dụng công nghệ khảo sát mới luôn góp phần quan trọng đảm bảo an toàn hàng hải cho mọi tuyến đường thủy của Việt Nam. Trong công tác khảo sát hiện nay đã và đang được cải thiện, nghiên cứu nâng cấp đáng kể không chỉ ở Việt Nam mà còn trên toàn thế giới. Mục đích của bài báo này là đưa ra ứng dụng thiết bị đo sâu tự hành để hỗ trợ công tác khảo sát tại vùng nước khó sử dụng các thiết bị thông thường như máy toàn đạc hay máy đo sâu hồi âm thông thường ở những vùng nước nông. Thay vì chỉ sử dụng những thiết bị khảo sát truyền thống sẽ kết hợp với các thiết bị đo sâu tự hành cho các vùng nước hạn chế như bãi đá ngầm, bãi bùn cát sình lầy mà khó đưa các thiết bị đo sâu hồi âm truyền thống vào để khảo sát. Như vậy, việc nghiên cứu ứng dụng thiết bị đo sâu tự hành vào khảo sát tại những tuyến sông cần thanh thải sẽ mang lại những bộ số liệu đầy đủ và đáng tin cậy hơn cho các dự án thanh thải các bãi cạn trên các tuyến luồng đường thủy.

TỪ KHÓA: Khảo sát, thanh thải, nước nông, thiết bị khảo sát tự hành, máy đo sâu hồi âm.

ABSTRACT: In contemporary life, survey projects to clear waterways are playing an important role in the development of the water transport economy, researching survey technology for these projects not only must be timely fast but also requires high precision. Therefore, the application of new survey technology always makes an important contribution to ensuring maritime safety for all waterways of Vietnam. Current survey work has been improved and researched to upgrade significantly not only in Vietnam but also around the world. The purpose of this article is to present the application of unmanned echo - sounder to support survey work in water areas where it is difficult to use conventional equipment such as total stations or conventional echo sounders in areas shallow water. Instead of just using traditional survey equipment, it will be combined with unmanned echo - sounder for limited water areas such as reefs, muddy sand and mud flats where it is difficult to use transmitting echo sounding equipment for survey. Thus, researching the application of unmanned echo - sounder to surveys in river routes that need to be cleared will bring more complete and reliable data sets for projects to clear shallow beaches on these routes. waterway.

KEYWORDS: Survey, clearance, shallow waters, unmanned echo - sounder, echo - sounder.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

GTVT đường thủy có vai trò trọng yếu đối với việc phát triển nền kinh tế của các tỉnh trong khu vực, nó đảm đương được khối lượng hàng hóa lớn, chuyên chở hàng hóa cồng kềnh, giảm được giá thành vận tải, đem lại hiệu quả kinh tế cao so với các phương thức vận tải khác. Chính vì vậy, việc đầu tư cải tạo, nâng cấp tuyến vận tải thủy cho phương tiện đi lại quanh năm là một yêu cầu rất cần thiết, tạo ra mạng lưới giao thông liên hoàn phục vụ sự nghiệp phát triển kinh tế - xã hội của các địa phương theo hướng công nghiệp hóa, hiện đại hóa, góp phần củng cố an ninh - quốc phòng, hội nhập với khu vực và quốc tế [2].

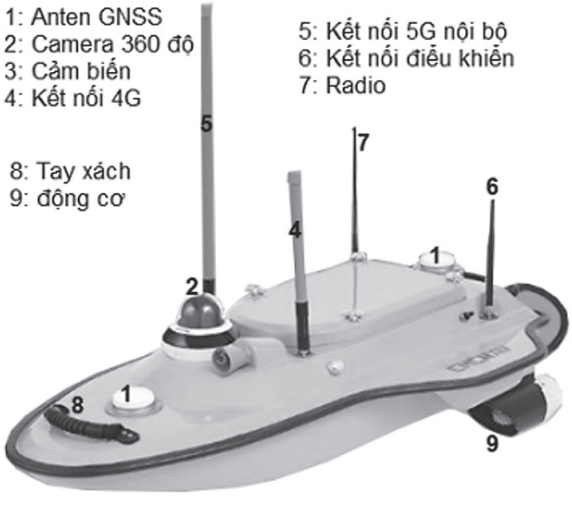
Việt Nam là quốc gia có hệ thống sông ngòi đa dạng, phong phú và đặc biệt là dọc theo bờ biển Việt Nam có hơn 100 cảng biển lớn nhỏ phục vụ cho các tàu nội địa và quốc tế, ngoài ra có khoảng 48 vụng, vịnh, trên 112 cửa sông, cửa lạch đổ ra biển. Đặc biệt, dọc theo chiều dài hơn 3.000 km bờ biển ở Việt Nam hiện tại thì có khoảng 39 cảng biển lớn và 73 khu bến với hơn 40 tuyến luồng hàng hải chính có tổng chiều dài gần 800 km. Những năm gần đây, với sự lớn mạnh của các công trình hàng hải như: Công trình luồng, công trình trình hàng hải, công trình cảng... cần đo đạc, khảo sát chi tiết với độ chính xác cao nhằm phục vụ công tác duy tu, cải tạo, nạo vét các công trình luồng, khu nước cảng biển nhằm phát triển kinh tế biển [2].

Xuất phát từ nhu cầu phát triển giao thông đường thủy nội địa, để đáp ứng nhu cầu vận tải hàng hóa, giao lưu thông thương tới các khu vực, đảm bảo duy trì sự hoạt động thường xuyên, an toàn cho các loại phương tiện thủy tham gia giao thông trên tuyến đường thủy huyết mạch tại các tỉnh phía Bắc trong thời gian tới là rất cần thiết. Để tăng khả năng lưu thông của tuyến luồng, tăng cao sức thu hút chủ tàu, giảm bớt chi phí vận chuyển... thì việc nghiên cứu công nghệ khảo sát ứng dụng cho các tuyến luồng thủy nội địa này là rất cần thiết. Trong khi đó, hiện nay, để đáp ứng yêu cầu khảo sát thủy đạc thì các công nghệ đo sâu truyền thống như đo mia, thước dây, đo sâu hồi âm đơn tia sử dụng máy đo sâu hồi âm Odom Echotrac, Echotrac MKIII... sẽ rất khó có thể đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật về độ chính xác cũng như kinh tế và tiến độ mà các nhà thầu trong nước cũng như quốc tế đặt ra. Do vậy, xuất phát từ những yêu cầu thực tiễn trên, việc nghiên cứu ứng dụng thêm thiết bị khảo sát tự hành là phù hợp với xu thế khảo sát các tuyến đường thủy hiện nay.

2. CẤU TẠO THIẾT BỊ ĐO SÂU TỰ HÀNH

Thiết bị đo sâu tự hành thường được thiết kế 3 thân và di chuyển thuận lợi trong các vùng nước nông, như thiết bị APACHE 3 thuận tiện cho việc di chuyển, khảo sát độ sâu các vùng sông, hồ và các vùng ven biển. Với thiết kế nhỏ gọn, trọng lượng nhẹ (chiều dài 1 m, trọng lượng 7 kg - chưa bao gồm các thiết bị lắp đặt) cho phép một người có thể vận hành thiết bị một cách dễ dàng [1].

APACHE 3 USV sử dụng công nghệ định vị đường thẳng tuyệt đối, giúp thiết bị tự động tính toán trước tuyến đo với chế độ tự chủ hoàn toàn trong điều kiện dòng chảy bất lợi. Các dự án khảo sát có thể hoàn thành bằng chế độ tự động hoặc điều khiển thủ công với tốc độ đối đa 5 m/s và 3 m/s.



Hình 2.1: Các bộ phận chính trên thiết bị đo sâu tự hành

Tính năng truyền nhiều kiểu định dạng đồng thời bao gồm cả chuẩn dữ liệu RS232 cũng như qua các cổng giao thức TCP với đa kênh tần và tốc độ băng thông truyền dữ liệu cao. APACHE 3 có thể sử dụng đầu dò sóng âm đơn tia hoặc đa tia kết hợp với máy thu GNSS-RTK đáp ứng đo đạc các khu vực nước nông. Công nghệ GNSS đầy đủ các hệ thống với số kênh thu lên tới 432 kênh, đảm bảo kết nối vệ tinh trong mọi vị trí khảo sát.

Để thực hiện công tác khảo sát ngoài hiện trường thì các thiết bị và phụ kiện đi kèm sẽ gồm có: 1 APACHE 3 (tích hợp RTK và đo sâu), 1 điều khiển M12 Pro, 1 giá đỡ APACHE 3, 4 pin (30.000 mAh 18,5 V), 1 pin (30.000 mAh 18,5V), 3 sạc pin, 1 hộp xách tay, 1 cầu mạng 5G, 1 cáp CAT6E (5m), 1 cáp POE 1,2 m, 1 ăng-ten điều khiển từ xa, 1 ăng-ten UHF ((450 MHz - 470 MHz)), 1 ăng-ten GPRS, 1 khóa hydro, 3 ăng-ten, 1 giá 3 chân cho cầu mạng, 1 ba lô đeo và 1 hộp vận chuyển

**) Cài đặt phần cứng cho thiết bị APACHE:*

Sạc pin đầy đủ cho thuyền, cho điều khiển và chuẩn bị nguồn ngoài cho radio ngoài nếu dùng trước khi đưa thiết bị vào hoạt động như *Hình 2.2*.

Hình 2.2: Kết nối sạc pin cho thiết bị

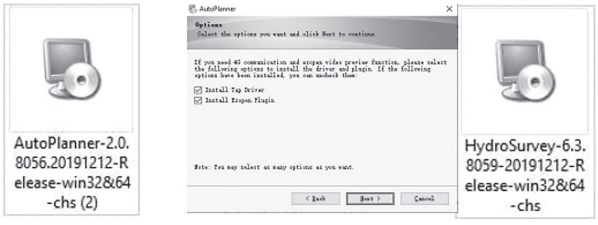
Cài đặt trạm base và hệ thống thu nhận dữ liệu trên bờ 1. Chế độ radio ngoài chuẩn bị máy base, radio ngoài và ăng-ten phát, giá ba chân... Cài đặt máy base với định dạng RTCM 3.2 qua radio ngoài, kiểm tra độ chính xác của trạm rover: Dưới tình trạng fix, so sánh độ chính xác của trạm RTK rover với tọa độ ở điểm đã biết tọa độ và đảm bảo đủ độ chính xác để cho phép tiến hành bước tiếp theo như *Hình 2.3*.

Hình 2.3: Cài đặt trạm Base RTK

3. CÀI ĐẶT PHẦN MỀM VÀ XỬ LÝ SỐ LIỆU

Trong quá trình sử dụng thiết bị khảo sát tự hành thì có hai phần mềm cần được kích hoạt và khai thác sử dụng là AutoPlanner and HydroSurvey.

Khi cài đặt phần mềm AutoPlanner, click hai lần và click Next cho tới khi xuất hiện giao diện, tick 'Install Tap Driver' and 'Install Ezopen Plugin', sau đó đợi đến khi cài đặt hoàn thành là được. Khi cài đặt HydroSurvey software, click hai lần và chọn next cho tới khi cài đặt hoàn thành. Sau khi cài đặt xong thì kiểm tra tần số wifi trên máy tính, việc hỗ trợ 5 Hz là cần thiết vì toàn bộ hệ thống sử dụng tần số 5 Hz để truyền phát dữ liệu tới trạm trên bờ [1].



Hình 3.1: Cài đặt phần mềm AutoPlanner and HydroSurvey

- Thiết lập cài đặt phần mềm AP:

Để kết nối phần mềm AP thì đầu tiên máy tính đã kết nối Internet, sau đó mở và khởi động phần mềm AP để mở bằng các thao tác chính chọn [INTER] và chọn [Connect], cài đặt số seri của thiết bị đo tự hành.

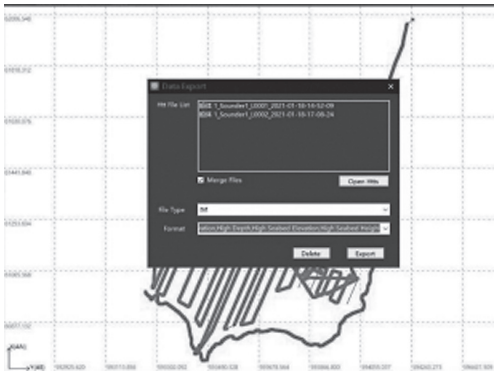
- Xử lý số liệu:

Trước khi xử lý số liệu cần lấy mẫu để hiệu chỉnh và xử lý các dữ liệu sai. Chúng ta lấy file bao gồm tất cả các dữ liệu có thể lựa chọn trong dữ liệu xuất ra, sau đó chỉnh độ sâu qua hiệu chỉnh vận tốc âm. Để điều chỉnh vận tốc âm ta có thể chỉnh trực tiếp vận tốc âm hoặc chỉnh vận tốc âm và độ sâu; hoặc chỉnh cả độ sâu + vận tốc âm, độ sâu + số hiệu chỉnh.

- Xuất dữ liệu:

Chọn dữ liệu cần xử lý và xuất theo file, chọn dạng file rồi xuất theo lệnh trên phần mềm như sau:

[Data processing] – [Data Export], chọn Htt files và chọn dạng file, cuối cùng chọn [Export].



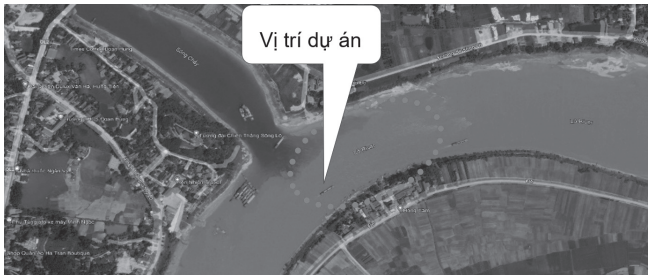
Hình 3.2: Xuất dữ liệu

4. THỬ NGHIỆM KHẢO SÁT TRÊN ĐOẠN LUỒNG ĐƯỜNG THỦY PHỤC VỤ CÔNG VIỆC THANH THẢI

** Lựa chọn đoạn luồng ứng dụng công nghệ khảo sát tự hành APACHE:*

- Đoạn cạn sông Lô từ Km65+000 đến Km66+000:

Đây là công trình giao thông đường thủy nội địa; công trình cấp III, mục đích khảo sát để thanh thải các bãi đá ngầm tại Km65+000 đến Km66+000 sông Lô để đảm bảo giao thông phục vụ cho việc lưu thông của các phương tiện trên tuyến an toàn, thuận tiện và phục vụ phát triển kinh tế, xã hội của địa phương.



Hình 4.1: Khu vực cạn sông Lô

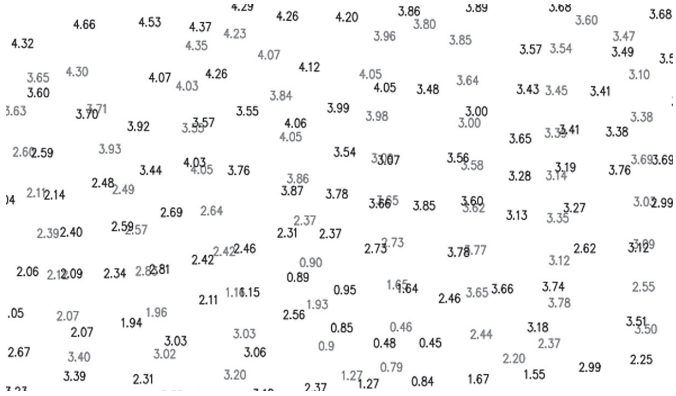
Đây là khu vực nước nông nên khi đưa phương tiện khảo sát vào gặp rất nhiều khó khăn, do khu vực nước nông, lại nhiều đá ngầm nên không sử dụng được máy đo sâu hồi âm mà phải sử dụng máy toàn đạc để đo, do vậy việc kết hợp thêm máy Apache tự hành đưa vào khảo sát cùng để đảm bảo độ bao phủ cũng như thử nghiệm đánh giá kết quả là điều rất thích hợp cho công trình thanh thải sông lô này [5].

- Nạo vét tuyến luồng tạm kết nối từ cửa sông Lạch Tray đến dự án khu công nghiệp DEEP C đê Nam Đình Vũ. Đối với công trình tuyến luồng tạm là loại luồng chạy tàu một chiều, có bề rộng 30 m, chiều sâu nạo vét là -4,4 m Hải đồ, có chiều dài 2,76 km. Khu vực khảo sát để phục vụ tính toán thiết kế tuyến luồng này là vùng nước nông khoảng lại là vùng có bùn lầy khoảng 80 cm, sóng nhỏ phù hợp cho việc áp dụng công nghệ sử dụng máy đo sâu tự hành không người lái và so sánh với máy đo sâu hồi âm là một điều kiện rất thích hợp [6].

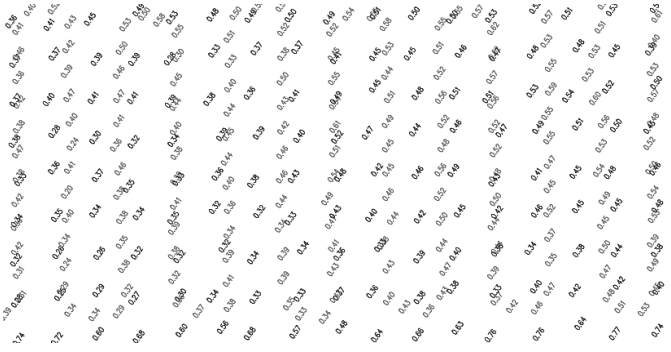
Hình 4.2: Khu vực luồng tạm trên sông Lạch Tray

** Kết quả bình đồ:*

Kết quả bình đồ khi cùng sử dụng thiết bị khảo sát tự hành và máy toàn đạc trên đoạn sông Lô và cùng sử dụng thiết bị khảo sát tự hành với máy đo sâu hồi âm trên đoạn luồng tạm trên sông Lạch Tray như *Hình 4.3, Hình 4.4* [3], có thể thấy kết quả sử dụng máy đo sâu tự hành so với kết quả máy toàn đạc đo trên khu vực bãi đá là tương đối giống nhau, trong khi so với máy đo sâu hồi âm ở khu vực bùn thì sai số giữa hai thiết bị này vào khoảng không lớn hơn 10 cm.



Hình 4.3: Bình đồ so sánh kết quả đo khảo sát sông Lô bằng máy APACHE - Toàn đạc



Hình 4.4: Bình đồ so sánh kết quả đo khảo sát luồng tạm bằng máy APACHE - Máy đo sâu hồi âm [4]

5. KẾT LUẬN

Qua kết quả thu được cho thấy, khi sử dụng máy khảo sát tự hành đưa ra kết quả khá tin cậy so với máy toàn đạc, cũng như máy đo sâu, mặc dù có những sai số nhỏ nhưng do đặc điểm từng địa hình nên việc áp dụng cùng loại thiết bị cũng có thể dẫn đến sai số. Với kết quả so sánh có thể thấy rằng, với những địa hình có bề mặt cứng như đá ở đoạn sông Lô thì kết quả gần như tương đồng, còn đối với địa hình bùn như ở đoạn luồng tạm thì kết quả cho thấy có sai số khoảng 5 - 10 cm. Khi sử dụng cùng tần số đo, cùng các thông số cài đặt thì máy đo sâu hồi âm có vẻ cho độ sâu sâu hơn so với máy đo sâu tự hành khoảng 5 đến 10 cm, nhưng là đối với địa hình bùn lầy. Do vậy, có thể thấy việc đưa máy đo sâu tự hành vào những khu nước nông, không chịu ảnh hưởng lớn của sóng gió thì là rất đáng tin cậy.

Với kết quả nghiên cứu ứng dụng thiết bị đo sâu không người lái hoàn toàn có thể được ứng dụng rộng rãi cho các dự án khảo sát về đường thủy nói chung, đặc biệt thích hợp với những khu vực nước nông, không chịu ảnh hưởng lớn của sóng, gió và dòng chảy. Với những thử nghiệm ban đầu cho thấy sự hiệu quả của máy đo sâu không người lái là có thể triển khai nhanh gọn ngoài hiện trường, đặc biệt thực hiện những tuyến đo rất nhanh do kích thước nhỏ linh hoạt của thiết bị và tàu chạy tương đối ổn định theo tuyến đo đã được thiết kế định sẵn. So với thiết bị đo sâu hồi âm truyền thống cần phải sử dụng thiết bị tàu khảo sát cỡ lớn, tuyến đo được điều khiển trực tiếp trên tàu nên thực thế cho thấy rằng, tuyến đo của tàu khảo sát cỡ lớn có những độ chớn và phải liên tục điều chỉnh tàu đưa vào đúng tuyến đo trong khi so với thiết bị apache thì việc xử lý những khúc cua, chuyển hướng tuyến đo là khá chính xác. Với những gì đạt được, kết quả nghiên cứu thử nghiệm thiết bị đo sâu tự hành có thể đáp ứng những tiêu chuẩn khảo sát kỹ thuật trong đo sâu và trong tương lai sẽ là thiết bị phù hợp cho các nhà đầu tư, đơn vị tư vấn ứng dụng vào trong các dự án khảo sát về đường thủy.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.70.

Tài liệu tham khảo

[1]. Information on *https://nguyenkimjsc.vn/*, last accessed 28/02/2024.

[2]. Information on *http://viwa.gov.vn/*, last accessed 28/02/2024.

[3]. *http://www.odomhydrographic.com*.

[4]. *https://chcnav.com/uploads/APACHE%203_DS_EN.pdf,* last accessed 28/02/2024.

[5]. Công ty Tư vấn Sông Tích (2023), *Hồ sơ khảo sát thiết kế thanh thải sông Lô*.

[6]. Trung tâm TV Hàng hải (2023), *Hồ sơ khảo sát thiết kế bến tạm*.

Ngày nhận bài: 22/02/2024
Ngày nhận bài sửa: 06/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 18/3/2024

Nghiên cứu tối ưu hàm liên thuộc ngõ ra bộ điều khiển tốc độ động cơ điện với thuật toán tiến hóa vi sai

■ **TS. ĐOÀN VĂN ĐỔNG(*); TS. LÊ XUÂN HỒNG**
Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh
Email: (*)dongdv@ut.edu.vn

TÓM TẮT: Với ưu thế tiết kiệm năng lượng và mật độ công suất cao so với động cơ đốt trong, các phương tiện sử dụng bộ truyền động điện như ô tô điện, xe máy điện đang dần thay thế các phương tiện sử dụng động cơ đốt trong truyền thống. Lúc này, bộ điều khiển tốc độ động cơ điện được yêu cầu cung cấp độ chính xác và hiệu suất cao, đồng thời phải đảm bảo tính linh hoạt và hiệu quả trong quá trình vận hành. Bài báo trình bày các nội dung liên quan đến bộ điều khiển mờ (Fuzzy Logic Controller - FLC) dùng để điều khiển tốc độ động cơ dựa trên thuật toán tiến hóa vi sai (Differential Evolution - DE). Trên cơ sở các phân tích lý thuyết, phương trình toán học, tác giả đã xây dựng lưu đồ thực thi thuật toán DE để giải quyết bài toán tối ưu thông số hàm liên thuộc trong bộ điều khiển Fuzzy. Kết quả mô phỏng điều khiển tốc độ động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu (Permanent Magnet Synchronous Motor - PMSM) với thuật toán DE cho thấy chất lượng điều khiển động cơ của phương pháp đề xuất đã được cải thiện đáng kể bằng cách giảm thời gian hội tụ và giảm độ vọt lố hơn khi so sánh với bộ điều khiển Fuzzy chưa tối ưu thông số hàm liên thuộc ngõ ra.

TỪ KHÓA: Bộ điều khiển mờ, thuật toán tiến hóa vi sai, hàm liên thuộc ngõ ra, độ vọt lố.

ABSTRACT: With the advantage of energy saving and high power density compared to internal combustion engines, vehicles using electric transmissions such as electric cars and electric motorbikes are gradually replacing vehicles using internal combustion engines traditional. At this time, electric motor speed controllers are required to provide high precision and performance while ensuring flexibility and efficiency during operation. The article presents content related to the fuzzy controller (Fuzzy Logic Controller - FLC) used to control motor speed based on the differential evolution algorithm (Differential Evolution - DE). Based on theoretical analysis and mathematical equations, the author has built a flow chart to execute the DE algorithm to solve the problem of optimizing membership function parameters in the Fuzzy controller. Simulation results of Permanent Magnet Synchronous Motor speed control (PMSM) with DE algorithm show that the motor control quality of the proposed method has been significantly improved by reducing Convergence time and overshoot reduction are better when compared to a FLC that has not optimized the output association function parameters.

KEYWORDS: Fuzzy controller, differential evolution algorithm, output membership function, overshoot.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, khi công nghệ chế tạo vật liệu nam châm vĩnh cửu chất lượng cao ngày càng hoàn thiện với giá thành hợp lý, nhiều nhà sản xuất động cơ điện đã đưa ra thị trường nhiều dòng PMSM nhằm đáp ứng nhu cầu sử dụng của các thiết bị với đa dạng các cấp công suất khác nhau. PMSM được sử dụng rộng rãi hơn do động cơ này sở hữu các ưu điểm chính như hiệu suất cao, mật độ công suất lớn, chi phí bảo trì bảo dưỡng thấp và điều khiển đơn giản nhờ sự phát triển mạnh mẽ của điện tử công suất và các bộ điều khiển số, đi kèm với đó là việc nghiên cứu thuật toán điều khiển tối ưu không ngừng phát triển để nâng cao hiệu quả làm việc động cơ.

Thời gian qua, các thuật toán tiến hóa (Evolutionary Algorithm - EA) đã trở thành một giải pháp thay thế hiệu quả, là một công cụ mạnh để giải các bài toán phức tạp và đã được áp dụng thành công để giải nhiều bài toán tối ưu hóa [1]. Khác với các phương pháp cổ điển, các thuật toán tiến hóa là các kỹ thuật dựa trên các phép toán khác nhau lặp đi lặp lại để phát triển một tập hợp các giải pháp, tức là các cá nhân thay vì một giải pháp duy nhất. Ít nhất một trong số những cá nhân này được kỳ vọng sẽ hội tụ đến giải pháp tối ưu tốt nhất. Gần đây, người ta ngày càng quan tâm đến các thuật toán tiến hóa đã được chứng minh với các giải pháp thỏa mãn trong một khoảng thời gian hợp lý cho nhiều bài toán tối ưu hóa mà không cần bất kỳ điều kiện tiên quyết nào. Do đó, các thuật toán tiến hóa có thể giải bất kỳ bài toán tối ưu hóa không vi phân hoặc không liên tục nào.

Điểm qua các thuật toán tiến hóa phổ biến, có thể kể đến như thuật toán di truyền (Genetic Algorithm - GA) [2-4], tối ưu bầy đàn (Particle Swarm Optimization - PSO) [5-7], tối ưu đàn kiến (Ant Colony Optimization - ACO) [8-9] và tiến

hóa vi sai (Differential Evolution - DE) [10]. Mặc dù thực tế là các thuật toán này đã được chứng minh là các kỹ thuật mạnh mẽ để giải quyết các vấn đề tối ưu hóa có giá trị thực, nhưng chúng có thể bị mắc kẹt ở mức tối thiểu cục bộ. Bài báo này chủ yếu nghiên cứu việc sử dụng tiến hóa vi sai bằng cách phát triển các phương pháp, kỹ thuật cải tiến mới để giải quyết một loạt các vấn đề tối ưu hóa phức tạp và các ứng dụng thực tế một cách hiệu quả, trong đó tập trung vào giải pháp tối ưu thông số hàm liên thuộc ngõ ra nhằm nâng cao chất lượng bộ điều khiển động cơ.

2. THUẬT TOÁN TỐI ƯU TIẾN HÓA VI SAI

2.1. Giới thiệu chung về thuật toán tối ưu

Thời gian qua, các thuật toán tiến hóa (Evolutionary Algorithm - EA) đã trở thành một giải pháp thay thế hiệu quả, là một công cụ mạnh để giải các bài toán phức tạp và đã được áp dụng thành công để giải nhiều bài toán tối ưu hóa [1]. Khác với các phương pháp cổ điển, các thuật toán tiến hóa là các kỹ thuật dựa trên các phép toán khác nhau lặp đi lặp lại để phát triển một tập hợp các giải pháp, tức là các cá nhân thay vì một giải pháp duy nhất. Ít nhất một trong số những cá nhân này được kỳ vọng sẽ hội tụ đến giải pháp tối ưu tốt nhất. Gần đây, người ta ngày càng quan tâm đến các thuật toán tiến hóa đã được chứng minh với các giải pháp thỏa mãn trong một khoảng thời gian hợp lý cho nhiều bài toán tối ưu hóa mà không cần bất kỳ điều kiện tiên quyết nào. Do đó, các thuật toán tiến hóa có thể giải bất kỳ bài toán tối ưu hóa không vi phân hoặc không liên tục nào.

Điểm qua các thuật toán tiến hóa phổ biến, có thể kể đến như thuật toán di truyền (Genetic Algorithm - GA) [2-4], tối ưu bầy đàn (Particle Swarm Optimization - PSO) [5-7], tối ưu đàn kiến (Ant Colony Optimization - ACO) [8-9] và tiến hóa vi sai (Differential Evolution - DE) [10]. Mặc dù thực tế là các thuật toán này đã được chứng minh là các kỹ thuật mạnh mẽ để giải quyết các vấn đề tối ưu hóa có giá trị thực, nhưng chúng có thể bị mắc kẹt ở mức tối thiểu cục bộ. Bài báo này chủ yếu nghiên cứu việc sử dụng tiến hóa vi phân bằng cách phát triển các phương pháp, kỹ thuật cải tiến mới để giải quyết một loạt các vấn đề tối ưu hóa phức tạp và các ứng dụng thực tế một cách hiệu quả.

2.2. Thực thi thuật toán tiến hóa vi sai

Thuật toán DE là một trong những thuật toán tiến hóa đơn giản nhưng hiệu quả, đã chứng minh tính hiệu quả của nó để giải quyết nhiều vấn đề tối ưu hóa [11]. Thuật toán này lần đầu tiên được giới thiệu vào năm 1995 bởi Storn và Price [12], sau đó đã thu hút sự chú ý của nhiều nhà nghiên cứu để đề xuất các thuật toán tiên tiến mới được cải tiến [13]. Trong DE, các bước cơ bản được yêu cầu đó là: Khởi tạo, đột biến và lai ghép.

** Khởi tạo:*

Thuật toán tiến hóa vi sai là một thuật toán meta-heuristic dựa trên dân số, bao gồm một thế hệ gồm NP cá thể trong đó mỗi cá nhân được biểu thị dưới dạng một vector của các biến quyết định D chiều như thể hiện trong phương trình (1). $X_{i,g}$ thể hiện cho cá thể thứ i trong thế hệ thứ g gồm NP. Trong cá thể này có D phần tử đại diện cho D biến cần tối ưu trong bài toán xác định cụ thể ban đầu.

$$X_{i,g} = \left(x_{i,g}^1, x_{i,g}^2, \ldots, x_{i,g}^D\right), \quad i = 1,2,\ldots,NP \tag{1}$$

** Đột biến:*

Sau bước khởi tạo, một thế hệ con mới được tạo bằng thao tác đột biến. Có 5 chiến lược khác nhau được đề xuất trong thuật toán DE cơ bản và được thể hiện trong các phương trình từ (2) đến (6) với quy ước $V_{i,g} = (v_{i,g}^1, v_{i,g}^2, \ldots, v_{i,g}^D)$ là vector đột biến được tạo ra tương ứng với mỗi cá thể $X_{i,g}$ trong thế hệ hiện đang xét. $F_{i,g}$ là hệ số tỷ lệ thường nhận giá trị trong khoảng [0,1] và r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 là chỉ số của các cá thể thành viên được chọn ngẫu nhiên khác nhau. DE/best/1, DE/current-to-best/1 và DE/best/2 sử dụng cá thể tốt nhất trong thế hệ hiện tại được ký hiệu là $X_{best,g}$ để hướng dẫn tìm kiếm tiến hóa tốt nhất, do đó chúng được gọi là đột biến tham lam [15].

DE/rand/1: $V_{i,g} = X_{r_1,g} + F_{i,g}.\left(X_{r_2,g} - X_{r_3,g}\right)$ (2)

DE/best/1: $V_{i,g} = X_{best,g} + F_{i,g}.\left(X_{r_2,g} - X_{r_3,g}\right)$ (3)

DE/current-to-best/1:

$$V_{i,g} = X_{i,g} + F_{i,g}.\left(X_{best,g} - X_{i,g}\right) + F_{i,g}.\left(X_{r_1,g} - X_{r_2,g}\right) \tag{4}$$

DE/best/2:

$$V_{i,g} = X_{best,g} + F_{i,g}.\left(X_{r_1,g} - X_{r_2,g}\right) + F_{i,g}.\left(X_{r_3,g} - X_{r_4,g}\right) \tag{5}$$

DE/rand/2:

$$V_{i,g} = X_{r_1,g} + F_{i,g}.\left(X_{r_2,g} - X_{r_3,g}\right) + F_{i,g}.\left(X_{r_4,g} - X_{r_5,g}\right) \tag{6}$$

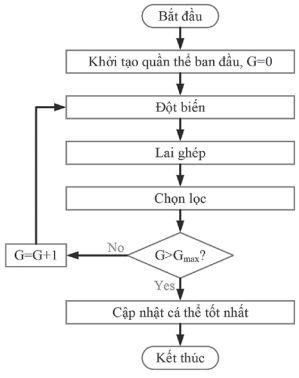
** Lai ghép:*

Sau khi quá trình đột biến kết thúc, hoạt động lai ghép được thực hiện đối với mỗi cá thể trong thế hệ hiện tại $X_{i,g}$ và cá thể đột biến tương ứng của nó là $V_{i,g}$. Kết quả của quá trình lai ghép là một cá thể mới tương ứng được ký hiệu là $U_{i,g}$. Nếu gọi số thực cho trước CR nằm trong khoảng [0,1] là tỉ lệ lai ghép của thuật toán DE, giá trị của phần tử thứ j của cá thể lai ghép thứ i thuộc thế hệ thứ g được xác định từ phần tử tương ứng của $X_{i,g}$ và $V_{i,g}$ theo quy tắc được mô tả trong phương trình (7).

$$u_{i,g}^j = \begin{cases} v_{i,g}^j & (CR < rand) \,||\, (j = j_{rand}) \\ x_{i,g}^j & otherwise \end{cases} \tag{7}$$

2.3. Lưu đồ thực thi thuật toán tiến hóa vi sai

Ba bước đề cập ở trên được lặp lại trong mỗi vòng tối ưu hóa để tiến hóa các cá thể qua các thế hệ, cho đến khi đáp ứng tiêu chí chấm dứt. Tiêu chí này thường được xác định bởi tiêu chí về hàm mục tiêu được xác định trước. Một bộ đếm được đặt lại khi bắt đầu tìm kiếm tiến hóa và được tăng lên mỗi khi hàm mục tiêu được gọi để đánh giá cá thể mới được tạo. Khi bộ đếm này đạt đến vòng lặp tối đa được xác định trước, quá trình tối ưu hóa sẽ kết thúc và giải pháp tìm thấy tốt nhất được đánh dấu là giải pháp cho vấn đề tối ưu hóa đang được giải quyết. Lưu đồ thực thi thuật toán DE được thể hiện như trong *Hình 1.1.*



Hình 2.1: Lưu đồ thực thi thuật toán tiến hóa vi sai

3. TỐI ƯU ĐẶC TUYẾN HÀM LIÊN THUỘC DỰA TRÊN THUẬT TOÁN DE

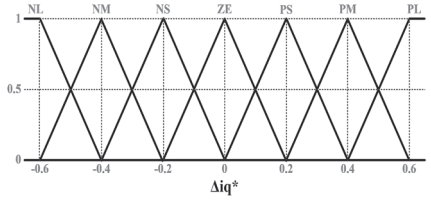
3.1. Bài toán tối ưu thông số hàm liên thuộc trong bộ điều khiển Fuzzy

Lĩnh vực hệ thống mờ và điều khiển đã có những tiến bộ nhanh chóng trong những năm gần đây. Để thiết kế FLC, cần có kiến thức hoặc kinh nghiệm của con người để xây dựng các quy tắc điều khiển và nêu rõ các chức năng thành viên. Do đó, việc điều chỉnh các tham số của bộ điều khiển Fuzzy là cần thiết để đảm bảo hiệu quả của quá trình điều khiển. Hạn chế lớn của FLC là quá trình điều chỉnh các quy tắc điều khiển và hàm thành viên trở nên khó khăn hơn và tốn rất nhiều thời gian khi số lượng đầu vào và đầu ra của hệ thống tăng lên [14].

Việc mở rộng số lượng hàm liên thuộc là không hợp lý khi nguồn lực hạn chế. Do đó, việc lựa chọn các biến thiết kế đáp ứng được tất cả các yêu cầu thiết kế là điều rất được quan tâm. Thuật ngữ "tối ưu hóa" đề cập đến việc nghiên cứu các vấn đề trong đó cần phải tối thiểu hóa hoặc tối đa hóa một hàm mục tiêu. Trong nghiên cứu [15] đã trình bày một số nguyên tắc cơ bản của thuật toán metaheuristic và thảo luận về việc triển khai các thuật toán này trong các vấn đề tối ưu hóa khác nhau.

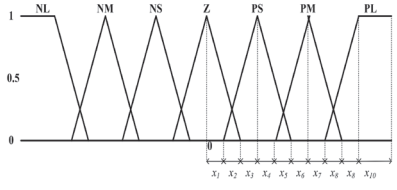
3.2. Tối ưu đặc tuyến hàm liên thuộc ngõ ra dựa trên thuật toán DE

Mục tiêu của bài báo là tối ưu hàm liên thuộc ngõ ra của bộ điều khiển Fuzzy dựa trên thuật toán tiến hóa vi sai. Trong bài toán này, hàm tam giác được sử dụng làm hàm liên thuộc ngõ ra của bộ điều khiển Fuzzy như thể hiện trong *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Hàm liên thuộc ngõ ra của bộ điều khiển Fuzzy

Nhận thấy rằng việc tối ưu hình dạng hàm liên thuộc có bản chất là thay đổi tham số của các hàm liên thuộc tương ứng. Các hàm liên thuộc luôn tồn tại trong mối tương quan với các hàm liên thuộc khác để đảm bảo tính liên tục trong số liệu ngõ ra của bộ điều khiển. Để đảm bảo các yếu tố nêu trên, hàm liên thuộc ngõ ra của bộ điều khiển Fuzzy được thiết kế lại như thể hiện trong *Hình 3.2*.



Hình 3.2: Cấu trúc hàm liên thuộc ngõ ra trong thuật toán tối ưu DE

Như vậy, nhiệm vụ của thuật toán tối ưu DE là tìm kiếm bộ số $[x_1,...,x_{10}]$ sao cho chất lượng điều khiển tốc độ PMSM là tốt nhất. Việc định nghĩa thế nào là chất lượng điều khiển tốc độ tốt nhất phụ thuộc vào mong muốn chủ quan của người thiết kế và yêu cầu của hệ thống. Có một số tiêu chí chính được sử dụng như cực tiểu sai số bám theo tốc độ thiết lập của tốc độ động cơ, cực tiểu vọt lố tốc độ động cơ, cực tiểu nhấp nhô dòng điện stator.

Trong bài báo, tiêu chí cực tiểu sai số giữa tốc độ thiết lập và tốc độ động cơ PMSM được sử dụng. Chỉ số sai số tuyệt đối theo thời gian (Time-weighted Absolute Error - ITAE) được sử dụng trong đánh giá hiệu quả điều khiển tốc độ động cơ PMSM. Phương trình toán của chỉ tiêu chất lượng ITAE được thể như trong (8). Từ phương trình toán cho thấy, khi giá trị động cơ động cơ PMSM càng gần tốc độ thiết lập thì giá trị ITAE càng nhỏ, nghĩa là chất lượng điều khiển tốc độ động cơ PMSM càng tốt.

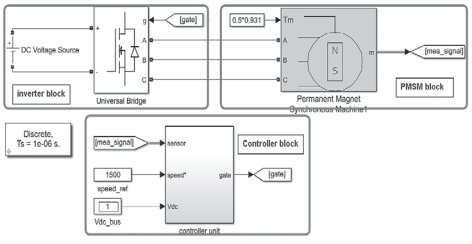
$$ITAE = \int_0^{\infty} t\left|e(t)\right|dt \tag{8}$$

Nhiệm vụ của thuật toán DE là tìm ra bộ số $[x_1,...,x_{10}]$ sao cho bộ Fuzzy được sử dụng trong mô hình điều khiển tốc độ PMSM cho ra chỉ số ITAE thấp nhất (đồng nghĩa với hiệu quả điều khiển tốc độ tốt nhất).

4. MÔ HÌNH HÓA MÔ PHỎNG ĐIỀU KHIỂN TỐC ĐỘ ĐỘNG CƠ PMSM

4.1. Mô hình mô phỏng

Nhằm mục đích tối ưu thông số hàm liên thuộc ngõ ra của bộ điều khiển Fuzzy trong điều khiển tốc độ PMSM, mô hình mô phỏng điều khiển tốc độ PMSM được thực thi như trong *Hình 4.1*. Mô hình gồm 3 khối chính là khối động cơ, khối điều khiển và khối nghịch lưu.

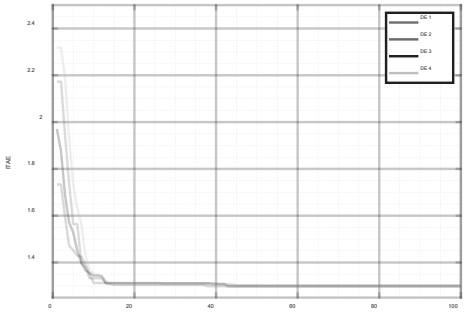


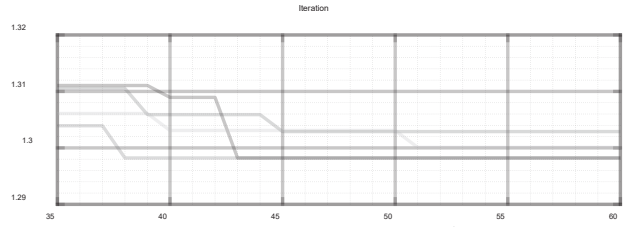
Hình 4.1: Mô hình mô phỏng điều khiển tốc độ động cơ PMSM với thuật toán DE

4.2. Kết quả tối ưu hàm liên thuộc dựa trên thuật toán DE

Thuật toán DE được áp dụng trong nhận dang thông số bộ điều khiển Fuzzy được thực hiện theo lưu đồ tại *Hình 3.2*. Kết quả thu được khi thực hiện chương trình tối ưu trong 4 lần khác nhau được thể hiện trên *Hình 4.2*.

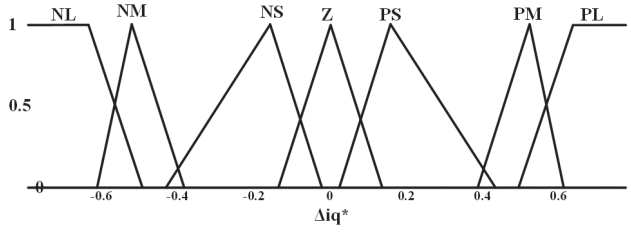
Dựa trên kết quả thu được có thể thấy các lần tối ưu đều cho ra kết quả hàm mục tiêu lúc hội tụ là gần bằng nhau. Điều này cho thấy phương pháp tối ưu có tính hội tụ, khả năng vượt qua cực trị cục bộ.





Hình 4.2: Kết quả tối ưu thông số bộ điều khiển Fuzzy theo DE

Hàm liên thuộc ngõ ra được thể hiện như trong *Hình 4.3*. Nhận thấy sự phân bố của các hàm liên thuộc không có dạng đối xứng đều nhau như ban đầu mà được tập trung vào hai đầu của hàm liên thuộc.



Hình 4.3: Hàm liên thuộc ngõ ra của bộ điều khiển Fuzzy tối ưu

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích và tổng hợp cũng như thực thi phương pháp tối ưu thông số bộ điều khiển tốc độ động cơ dựa trên thuật toán tối ưu tiến hóa vi sai. Kết quả tối ưu hàm liên thuộc dựa trên thuật toán DE cho thấy rằng chất lượng điều khiển động cơ của phương pháp đề xuất đã được nâng cao bằng cách giảm thời gian hội tụ và giảm độ vọt lố hơn khi so sánh với bộ điều khiển Fuzzy chưa tối ưu thông số hàm liên thuộc ngõ ra.

Tài liệu tham khảo

[1]. A. M. Anile, V. Cutello, G. Nicosia, R. Rascuna and S. Spinella, *Comparison among Evolutionary Algorithms and Classical Optimization Methods for Circuit Design Problems*, in 2005 IEEE Congress on Evolutionary Computation, IEEE, pp.765-772, doi: 10.1109/CEC.2005.1554760.

[2]. G. T. Reddy, M. P. K. Reddy, K. Lakshmanna, D. S. Rajput, R. Kaluri and G. Srivastava (Jun., 2020), *Hybrid genetic algorithm and a fuzzy logic classifier for heart disease diagnosis*, Evol. Intell. vol.13, no.2, pp.185-196, doi: 10.1007/s12065-019-00327-1.

[3]. A. O. Pizarro-Lerma, R. García-Hernández and V. A. Santibáñez (2018), *Fine-Tuning of a Fuzzy Computed-Torque Control for a 2-DOF Robot via Genetic Algorithms*, IFAC-PapersOnLine, vol.51, no.13, pp.326-331, doi: 10.1016/j.ifacol.2018.07.299.

[4]. G. Tairidis, G. Foutsitzi, P. Koutsianitis and G. E. Stavroulakis (Nov., 2016), *Fine tuning of a fuzzy controller for vibration suppression of smart plates using genetic algorithms*, Adv. Eng. Softw., vol.101, pp.123-135, doi: 10.1016/j.advengsoft.2016.01.019.

[5]. M. J. Mahmoodabadi, M. B. S. Mottaghi and A. Mahmodinejad (Feb., 2016), *Optimum design of fuzzy controllers for nonlinear systems using multi-objective particle swarm optimization*, J. Vib. Control, vol.22, no.3, pp.769-783, doi: 10.1177/1077546314532116.

[6]. S. Farajdadian and S. M. H. Hosseini (Oct., 2019), *Optimization of fuzzy-based MPPT controller via metaheuristic techniques for stand-alone PV systems*, Int. J. Hydrogen Energy, vol.44, no.47, pp.25457-25472, doi: 10.1016/j.ijhydene.2019.08.037.

[7]. S. Maier, J. Bals and M. Bodson (2011), *Periodic disturbance rejection of a PMSM with adaptive control algorithms*, 2011 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), 1070-1075.

[8]. O. Castillo, E. Lizárraga, J. Soria, P. Melin and F. Valdez (Feb., 2015), *New approach using ant colony optimization with ant set partition for fuzzy control design applied to the ball and beam system*, Inf. Sci. (Ny), vol.294, pp.203-215, doi: 10.1016/j.ins.2014.09.040.

[9]. C.-T. Yen and M.-F. Cheng (Jan., 2018), *A study of fuzzy control with ant colony algorithm used in mobile robot for shortest path planning and obstacle avoidance*, Microsyst. Technol., vol.24, no.1, pp. 125-135, doi: 10.1007/s00542-016-3192-9.

[10]. D. Fodorean, L. Idoumghar, M. Brevilliers, P. Minciunescu and C. Irimia (Dec., 2017), *Hybrid Differential Evolution Algorithm Employed for the Optimum Design of a High-Speed PMSM Used for EV Propulsion*, IEEE Trans. Ind. Electron., vol.64, no.12, pp.9824-9833, doi: 10.1109/TIE.2017.2701788.

[11]. S. Das and P. N. Suganthan (Feb., 2011), *Differential Evolution: A Survey of the State-of-the-Art*, IEEE Trans. Evol. Comput. vol.15, no.1, pp.4-31, doi: 10.1109/TEVC.2010.2059031.

[12]. K. Price and R. Storn (1997), *Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces*, J. Glob. Optim. no.11, pp.341-359, doi: *https://doi.org/10.1023/A:1008202821328.*

[13]. S. Das, S. S. Mullick and P. N. Suganthan (Apr., 2016), *Recent advances in differential evolution - An updated survey*, Swarm Evol. Comput, vol.27, pp.130, doi: 10.1016/j.swevo.2016.01.004.

[14]. Z. Bingül and O. Karahan (Jan., 2011), *A Fuzzy Logic Controller tuned with PSO for 2 DOF robot trajectory control*, Expert Syst. Appl., vol.38, no.1, pp.1017-1031, doi: 10.1016/j.eswa.2010.07.131.

[15]. A. Kaveh (2021), *Advances in Metaheuristic Algorithms for Optimal Design of Structures*, Cham: Springer International Publishing, doi: 10.1007/978-3-030-59392-62.

Ngày nhận bài: 19/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 10/5/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/5/2024

Đánh giá hiệu năng giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (SOTDMA) trong hệ thống VDES

■ **TS. PHẠM VIỆT HƯNG(*); ThS. NGUYỄN PHƯƠNG LÂM**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)phamviethung@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Trong những năm gần đây, VDES (Hệ thống trao đổi dữ liệu trên dải tần VHF) đã thu hút được đề xuất ứng dụng rộng rãi trong lĩnh vực hàng hải quốc tế và Internet của tàu thuyền. Nó được xác định là nền tảng trao đổi dữ liệu cốt lõi cho chiến lược e-Navigation trong tương lai. Trong đó, hệ thống nhận dạng tự động (AIS) vẫn được xác định là một thành phần của hệ thống VDES. Do đó, giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (SOTDMA) tiếp tục được sử dụng trong hệ thống VDES. Bài báo này thực hiện khảo sát, đánh giá hiệu năng của giao thức SOTDMA khi áp dụng trong hệ thống VDES. Kết quả đánh giá cho thấy hiệu năng của giao thức SOTDMA trong hệ thống VDES có nhiều hạn chế, không đáp ứng được nhu cầu lưu lượng tăng cao trong hệ thống. Vì vậy, cần thiết phải nghiên cứu tìm kiếm giải pháp thay thế.

TỪ KHÓA: VDES, TDMA, AIS, e-Navigation, SOTDMA.

ABSTRACT: In recent years, VDES (VHF Data Exchange System) has applied in widespread applications in the international maritime and Internet of ships sectors. It is identified as the core data exchange platform for the future e-Navigation strategy. In VDES, the Automatic Identification System (AIS) is still identified as a component of the VDES system. Therefore, the Self-Organizing Time Division Multiple Access (SOTDMA) protocol is still used in the VDES system. This paper surveys and evaluates the performance of the SOTDMA protocol when applied in the VDES system. Evaluation results show that the performance of the SOTDMA protocol in the VDES system has many limitations and cannot meet the increased traffic demand in the system. Therefore, it is necessary to research and find alternative solutions.

KEYWORDS: VDES, TDMA, AIS, e-Navigation, SOTDMA.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hệ thống trao đổi dữ liệu trên tần số VHF (VHF Data Exchange System - VDES) là hệ thống liên lạc dữ liệu hàng hải VHF, bao gồm các chức năng của Hệ thống nhận dạng tự động (Automatic Identification System - AIS) thúc đẩy e-Navigation và hỗ trợ hiện đại hóa Hệ thống an toàn và cứu nạn hàng hải toàn cầu (Global Maritime Distress and Safety System - GMDSS) cũng như liên lạc hàng hải chung [1]. VDES là một hệ thống thông tin hàng hải thông minh hoàn toàn mới dựa trên Internet vạn vật (IoT - Internet Of Thing) và đây sẽ là thế hệ tiếp theo của AIS và Internet của tàu thuyền.

Ngày nay, người dùng AIS và nhu cầu đa dạng hóa thông tin tăng lên đáng kể. Do đó, việc trao đổi dữ liệu bao gồm thời tiết, thủy văn khu vực, hỗ trợ điều hướng, cảnh báo rủi ro, quản lý luồng và thông tin tuyến luồng đều cần có một hệ thống đáng tin cậy hơn và mạnh mẽ hơn để truyền thông tin từ tàu này sang tàu khác, tàu vào bờ và trong tương lai, từ tàu đến vệ tinh. Nhưng các kênh AIS hiện tại không thể đáp ứng yêu cầu mở rộng sử dụng như vậy, điều này rõ ràng dẫn đến việc tăng tải liên kết dữ liệu VHF (VDL), thậm chí ở một số khu vực, nó đã vượt quá 50%. Theo khuyến nghị của Hiệp hội Quốc tế về Hỗ trợ hàng hải và Cơ quan Hải đăng (IALA), nếu tải VDL (VHF Data Link) vượt quá 50%, điều đó có thể không có lợi cho việc truyền tải thông tin của trạm AIS [2]. Vì vậy, việc tạo ra một giải pháp mới để giảm thiểu tình trạng quá tải khi tải VDL là điều cấp thiết.

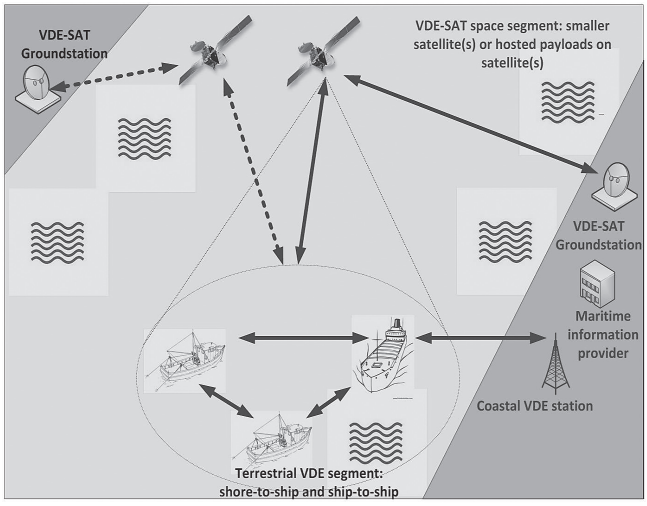
Do đó, hệ thống VDES được đề xuất với các đặc điểm có tốc độ truyền thông cao hơn và giao thức truy cập hiệu quả với tỷ lệ xung đột thấp hơn AIS hiện có. Cho đến nay, VDES đã được phân bổ 10 kênh trong băng tần VHF: 2 kênh 25 kHz cho ASM (Application Specific Message), 4 kênh băng thông 100 kHz để truyền dữ liệu tốc độ cao, hai kênh AIS tầm xa và hai kênh AIS hiện tại [3]. Mức độ ưu tiên được sắp xếp từ cao xuống thấp theo thứ tự là AIS1/AIS2, ASM1/ASM2 và VDE1/VDE2. Đối với giao thức Điều khiển đa truy nhập (Multiple Access Control - MAC) trong VDES, chỉ có chế độ truy cập SOTDMA cho AIS1 và AIS2 được nêu ra trong các khuyến nghị hiện tại. Giao thức đa truy nhập phân chia theo thời gian tự tổ chức (Self-Organizing Time Division Multiple Access - SOTDMA) là sơ đồ truy cập TDMA

phức tạp nhất và là công nghệ chủ chốt cho Hệ thống AIS. Với các kênh như ASM1 và ASM2 hiện nay chưa có các khuyến nghị đề xuất về giải pháp giao thức truy nhập. Vì vậy, trong bài báo này tiến hành khảo sát đánh giá hiệu năng của giao thức SOTDMA trong hệ thống VDES. Mô hình mạng VDES được thiết lập để mô phỏng hiệu suất của SOTDMA. Những kết quả chỉ ra giao thức SOTDMA có tỉ lệ xung đột cao và tăng nhanh khi số lượng các đài tàu phát bản tin tăng lên. Điều đó hướng đến việc cần phải đề xuất các giải pháp cải thiện hiệu năng, giảm tỉ lệ xung đột trong hệ thống VDES.

Cấu trúc của bài báo bao gồm: Sau phần giới thiệu, Phần 2 trình bày tổng quan về cấu trúc của hệ thống VDES. Các đặc điểm của giao thức SOTDMA được nêu ra ở trong Phần 3. Phần 4 trình bày mô hình mô phỏng giao thức SOTDMA trong VDES cùng với các đánh giá. Cuối cùng, các kết luận và hướng phát triển được nêu ra ở trong Phần 5.

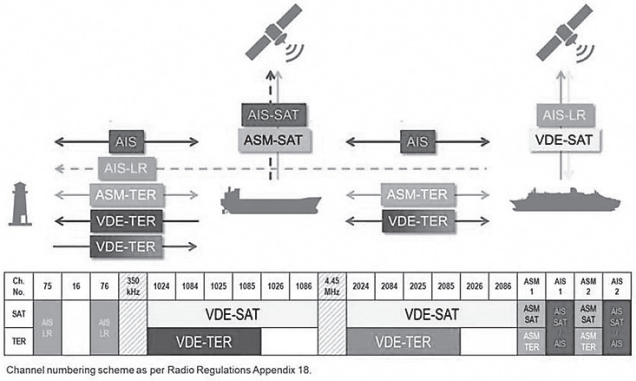
2. CẤU TRÚC HỆ THỐNG VDES

Các thành phần của VDES được hiển thị trong *Hình 2.1* và nó chủ yếu bao gồm các trạm bờ, trạm vệ tinh, đài tàu và các thiết bị hỗ trợ dẫn đường khác trong mạng [4]. Bộ định tuyến trao đổi gói dữ liệu thông qua đài tàu, vệ tinh và trạm bờ. Các trạm vệ tinh có cả đường lên và đường xuống, đồng thời chia sẻ một số kênh với các trạm bờ, để đạt được khả năng truyền tải thời gian thức và xác nhận thông tin. Cơ chế tích hợp như vậy sẽ đóng một vai trò quan trọng trong thông tin liên lạc hàng hải.



Hình 2.1: Cấu trúc hệ thống VDES

VDES có 4 loại kênh, chia thành 18 kênh, bao gồm AIS, AIS tầm xa, ASM và VDE [4]. Các kênh AIS có mức độ ưu tiên cao nhất trong số tất cả các loại kênh trong VDES vì các kênh AIS được sử dụng để truyền các thông điệp liên quan đến an toàn dẫn đường. Các kênh AIS tầm xa được sử dụng làm đường lên để truyền bản tin AIS tới vệ tinh. Nó cung cấp dịch vụ trao đổi dữ liệu bên ngoài vùng phủ sóng của các trạm bờ hoặc không có các trạm bờ. Nhằm giảm tải các bản tin AIS, các kênh ASM được sử dụng để truyền các bản tin phi dẫn đường do cơ quan quản lý hàng hải quy định. Tuy nhiên, các kênh ASM không được sử dụng hiệu quả do chúng nằm cạnh các kênh AIS, do đó cần có mặt nạ phổ chặt chẽ hơn [5]. Là chức năng cốt lõi của VDES, VDE cung cấp các kênh để đài tàu truyền bản tin cá nhân như định nghĩa kinh doanh, giao diện truyền tải và mô hình dữ liệu [6]. Trong VDES, tất cả các kênh đều cung cấp dịch vụ chung cho đài tàu và việc phân bổ kênh được mô tả như *Hình 2.2* [4]. Trong VDES, thời gian được phân chia thành nhiều khung, theo Khuyến nghị M.2092-0 của ITU. Theo đó, độ dài của một khung là 60s và được chia thành 4 phân cấp, gồm các khung con, siêu khe, khe thập lục phân và khe thời gian, tương ứng [4], như trong *Hình 2.2*. Một khung thời gian được phân chia thành 2.250 khe thời gian, với số nhận dạng (ID) từ 0 đến 2.249. Theo tiêu chuẩn, tốc độ dữ liệu của kênh AIS là 9,6 kbps. Do đó, độ dài khe thời gian là 26,67 ms và mỗi khe thời gian có thể chứa 256 bit.



Hình 2.2: Phân bổ kênh trong VDES

3. GIAO THỨC SOTDMA

3.1. Tổng quan giao thức SOTDMA

Giao thức SOTDMA được sử dụng rộng rãi trong AIS có tỷ lệ xung đột đường truyền cao, đặc biệt là khi tải lưu lượng lớn. Nếu một khe thời gian nào đó bị chiếm dụng trong thời gian dài và xảy ra xung đột, gói dữ liệu được truyền trong khe thời gian này sẽ luôn bị mất, đe dọa an toàn hàng hải. Để loại bỏ xung đột này, phương pháp hiện tại được sử dụng trong SOTDMA là cơ chế "Đếm ngược" (Time Out-TMO). Cụ thể, trong SOTDMA, TMO tạo ra một số nguyên ngẫu nhiên từ 3 đến 7 cho khe thời gian đã được giữ trước hiện tại và giảm dần giá trị qua các khung. Khi số đó giảm về 0, đài tàu dừng truyền trong khe thời gian hiện tại và chiếm một khe thời gian mới để truyền. Mặc dù theo cách này, có thể tránh được xung đột lâu dài trong một khe thời gian cụ thể nhưng cơ chế TMO yêu cầu thường xuyên phải thực hiện chiếm khe thời gian mới. Khi lưu lượng truyền thông lớn, các yêu cầu chiếm khe thời gian thường xuyên từ các đài tàu khác nhau cũng có thể xung đột với nhau, làm giảm hiệu quả của kênh.

Nguyên nhân cốt lõi của xung đột truyền dẫn xảy ra trong SOTDMA là thiếu cơ chế phản hồi. Nghĩa là, khi xảy ra xung đột, SOTDMA không có cách nào để gửi phản hồi tới các đài tàu liên quan về xung đột đó. Do đó, các đài tàu bị xung đột sẽ tiếp tục gửi dữ liệu trong các khe bị xung đột cho đến khi hết thời gian, dẫn đến việc sử dụng kênh kém.

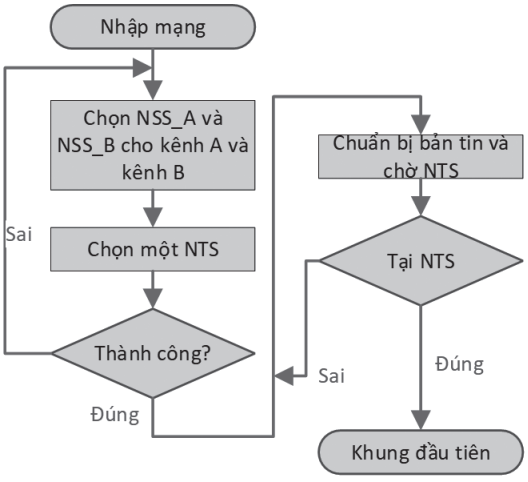
Thuật toán chiếm khe thời gian của giao thức SOTDMA: Việc lựa chọn và chiếm khe thời gian có liên quan đến nhiều

tham số khi thực hiện giao thức SOTDMA. Khi một đài tàu gia nhập mạng, nó giám sát kênh TDMA trong 60s để thu nhận thông tin như phân bổ khe thời gian hiện tại, ID và khe thời gian của đài tàu khác. Sau 1 phút, một bảng khe thời gian động của tất cả đài tàu thông tin được thiết lập, đài tàu vào mạng và lên lịch để truyền tin theo lịch riêng do giao thức SOTDMA tính toán.

3.2. Tiến trình thực hiện giao thức SOTDMA

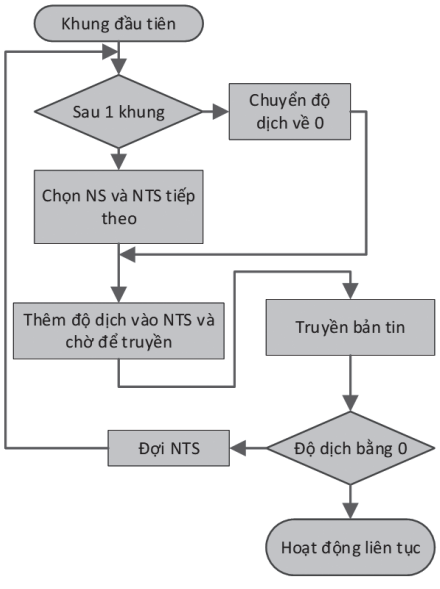
Sau pha khởi tạo, thực tế có 3 pha sử dụng 3 giao thức TDMA khác nhau trong tiến trình của hệ thống AIS, bao gồm: Vào mạng, Khung đầu tiên và Hoạt động liên tục.

- Vào mạng: Trong pha, để các đài tàu khác có thể thấy, đài tàu sử dụng giao thức TDMA (RATDMA) truy cập ngẫu nhiên để chọn khe đầu tiên để truyền như mô tả trong *Hình 3.1*.



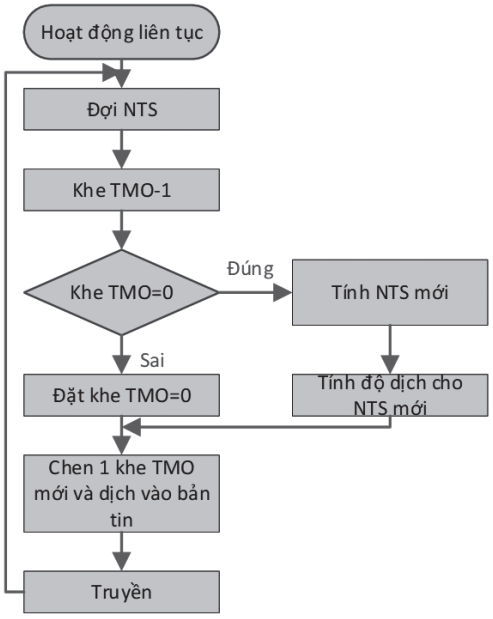
Hình 3.1: Pha vào mạng: Giao thức RATDMA

- Khung đầu tiên: Trong pha khung đầu tiên, đài tàu phải liên tục lấy các khe thời gian và truyền bản tin bằng giao thức TDMA tăng dần (ITDMA) như minh họa *Hình 3.2*.



Hình 3.2: Pha khung đầu tiên: Giao thức ITDMA

Hoạt động liên tục: Như minh họa trong *Hình 3.3*, đài tàu sử dụng giao thức SOTDMA để duy trì trạng thái ở pha hoạt động liên tục và chuyển sang chế độ được chỉ định cho đến rời mạng.



Hình 3.3: Pha hoạt động liên tục: Giao thức SOTDMA

4. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ GIAO THỨC SOTDMA TRONG HỆ THỐNG VDES

Trong phần này, thực hiện mô phỏng nhằm phân tích mô hình lý thuyết tỉ lệ xung đột chiếm khe thời gian của giao thức SOTDMA khi áp dụng cho hệ thống VDES thông qua phần mềm mô phỏng OPNET. Thứ nhất, mô phỏng quá trình các đài tàu truy cập vào các kênh VHF trong hệ thống AIS, tiếp theo thêm các kênh ASM vào hệ thống để đánh giá hiệu năng của giao thức SOTDMA trong VDES. Các tham số mô phỏng được thể hiện ở *Bảng 4.1*.

Bảng 4.1. Các tham số mô phỏng

Tham số	Giá trị
Tốc độ báo cáo (Rr)	10,20 (gói/phút)
Kích thước gói	256 bit
Số lượng đài tàu	100-200 (bước nhảy 10)
Thời gian mô phỏng	60 phút
Vùng phủ sóng	(10x10)km

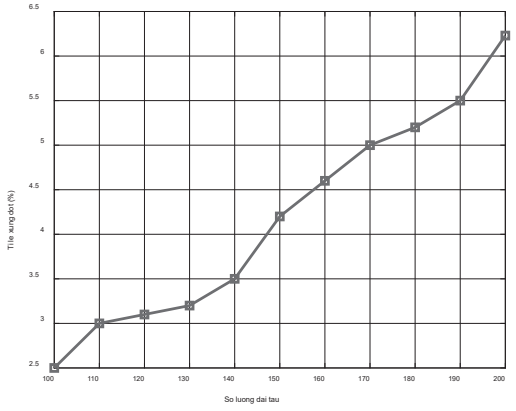
Chu kỳ phát bản tin AIS của các đài tàu sẽ phụ thuộc vào trạng thái của tàu và mỗi loại đài tàu được chia tỉ lệ như ở *Bảng 4.2*.

Bảng 4.2. Trạng thái tàu và tỉ lệ mỗi loại/tổng số tàu

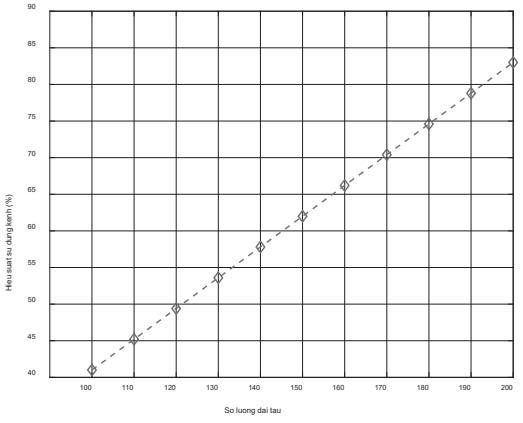
Trạng thái tàu	Chu kỳ báo cáo	Số khe/khung	Tỉ lệ
M1: Tàu neo hoặc di chuyển dưới 3 kts	3 phút	1/3	0,7029
M2: Tàu có vận tốc từ 0 - 14 kts	10s	6	0,1328
M3: Tàu có vận tốc từ 0 - 14 kts và chuyển hướng	1/3s	18	0,0775
M4: Tàu có vận tốc từ 14 - 23 kts	6s	10	0,0302

Trạng thái tàu	Chu kỳ báo cáo	Số khe/khung	Tỉ lệ
M5: Tàu có vận tốc từ 14-23 kts và chuyển hướng	2s	30	0,0258
M6: Tàu có vận tốc từ trên 23 kts	2s	30	0,0101
M7: Tàu có vận tốc từ trên 23 kts và chuyển hướng	2s	30	0,0114

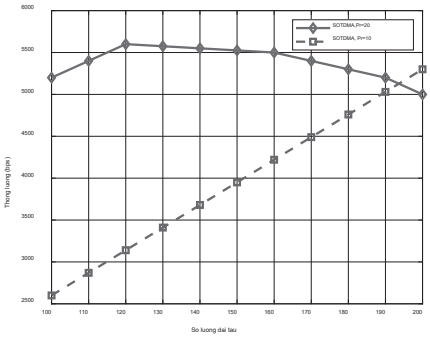
Kết quả mô phỏng được thể hiện ở *Hình 4.1*, *Hình 4.2 và Hình 4.3*. Ở *Hình 4.1*, tỉ lệ xung đột bản tin của giao thức SOTDMA, hiệu suất sử dụng kênh được minh họa ở *Hình 4.2*. *Hình 4.3* minh họa thông lượng của kênh với SOTDMA với tốc độ báo cáo 20 và 10. Trong *Hình 4.1*, tỉ lệ xung đột của SOTDMA tăng lên khi số đài tàu tăng, cụ thể tỉ lệ xung đột tăng từ 2,5% lên 6,23% khi đài tàu tăng từ 100 lên 200. Có thể thấy tỉ lệ xung đột này sẽ tăng rất nhanh hơn khi số lượng đài tàu càng nhiều lên. Hiệu suất sử dụng kênh của SOTDMA cũng tăng lên khi số đài tàu tăng lên như minh hoạ ở *Hình 4.2*. Trong *Hình 4.3*, khi tốc độ báo cáo là 10, thông lượng kênh tăng lên khi số đài tàu tăng lên. Nhưng khi tốc độ báo cáo là 20, thông lượng kênh tăng lên khi số đài tàu tăng lên. Tuy nhiên, khi số đài tàu đạt 125 thì thông lượng đạt cực đại và sau đó giảm dần khi số đài tàu tăng lên. Nguyên nhân, khi lưu lượng tăng cao và vượt quá dung lượng của kênh, SOTDMA sẽ có tỉ lệ xung đột cao hơn, dẫn đến làm giảm thông lượng của kênh.



Hình 4.1: Tỉ lệ xung đột bản tin trong SOTDMA



Hình 4.2: Hiệu suất sử dụng kênh với SOTDMA



Hình 4.3: Thông lượng kênh với SOTDMA

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã thực hiện đánh giá hiệu năng của giao thức đa truy nhập SOTDMA khi áp dụng vào hệ thống VDES. Các kết quả mô phỏng cho thấy, khi áp dụng SOTDMA cho VDES, hiệu năng của SOTDMA giảm đi rất nhiều, như tỉ lệ xung đột tăng lên, thông lượng kênh giảm. Đặc biệt, khi số lượng đài tàu tăng lên nhanh thì tỉ lệ xung đột của SOTDMA cũng tăng lên rất nhanh. Điều này dẫn đến giải pháp SOTDMA dường như không phù hợp đối với hệ thống VDES. Vì vậy, cần thiết phải nghiên cứu tìm kiếm các giải pháp ghép kênh thay thế cho SOTDMA để có thể áp dụng cho VDES nhằm phát huy những ưu điểm của VDES trong lĩnh vực thông tin hàng hải, hướng đến e-Navigation.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23.24-61.

Tài liệu tham khảo

[1]. Lázaro, Francisco, et al. (2019), *VHF Data Exchange System (VDES): an enabling technology for maritime communications*, CEAS space Journal 11.1, 55-63.

[2]. Korcz, Karol. (2019), *The issues of maritime radiocommunication on the WRC-19*, TransNav: International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation 13.3.

[3]. Bober, Stefan (2015), *AIS next generation-the development of the VHF Data Exchange System (VDES) for maritime and inland navigation*, Proc. 8th Int. PIANCSMART Rivers Conf.

[4]. ITU (2015), *Technical Characteristics for a VHF Data Exchange System in the VHF Maritime Mobile Band*, ITU-R M.2029-0, International Telecommunications Union.

[5]. Golaya, Arun Pratap and Nithiyanandam Yogeswaran (2020), *Maritime communication: From flags to the VHF data exchange system (VDES)*, Maritime Affairs, Journal of the National Maritime Foundation of India 16.2, 119-131.

[6]. Guideline, IALA. (2016), *G1117: VHF Data Exchange System (VDES) overview*.

Ngày nhận bài: 27/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Nghiên cứu đề xuất lộ trình phát triển chuỗi cung cấp hydrogen cho cảng biển Hải Phòng

■ **PGS. TS. PHAN VĂN HƯNG(*); ThS. PHẠM TẤT TIỆP; ThS. NCS. NGÔ NHƯ TẠI**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)phanvanhung@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Trước bối cảnh trái đất nóng lên, biến đổi khí hậu và sự cạn kiệt nhiên liệu hóa thạch là nguyên nhân chính khiến các quốc gia trên thế giới xây dựng và triển khai chiến lược chuyển dịch năng lượng. Hydrogen là nhiên liệu đốt sạch (chỉ tạo ra hơi nước), sẽ đóng vai trò quan trọng trong quá trình chuyển đổi năng lượng hóa thạch sang sử dụng năng lượng không phát thải. Quá trình giảm phát thải khí thải từ hoạt động hàng hải là thách thức lớn hiện nay. Vì vậy, nghiên cứu này giới thiệu tình hình ứng dụng hydrogen trong ngành Hàng hải hiện nay và đề xuất lộ trình triển khai chuỗi cung cấp hydrogen ở cảng biển Hải Phòng phù hợp với Chiến lược phát triển năng lượng hydrogen của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

TỪ KHÓA: Chiến lược hydrogen, lộ trình cung cấp, cảng biển.

ABSTRACT: In the context of global warming, climate change and fossil fuel depletion are the main reasons why countries around the world develop and implement energy transition strategies. Hydrogen is a clean-burning fuel (only produces steam), which will play an important role in the transition from fossil energy to emission-free energy use. The process of reducing emissions from maritime activities is a major challenge today. Therefore, this study introduces the current situation of hydrogen application in the maritime industry and proposes a roadmap for implementing the hydrogen supply chain in Hai Phong seaport in accordance with Vietnam's hydrogen energy development strategy until 2030, vision to 2050.

KEYWORDS: Hydrogen strategy, supply roadmap, seaport.

1. GIỚI THIỆU VỀ CHUYỂN ĐỔI NĂNG LƯỢNG SẠCH

Hydrogen là nhiên liệu đốt sạch (chỉ tạo ra hơi nước), cho nên hydrogen sẽ đóng vai trò quan trọng trong quá trình chuyển đổi năng lượng hóa thạch sang sử dụng năng lượng không phát thải. Tính đến đầu năm 2024, đã có hơn 40 quốc gia ban hành Chiến lược quốc gia về hydrogen cùng các chính sách hỗ trợ về tài chính lớn nhằm hình thành và phát triển ngành công nghiệp hydrogen. Các quốc gia điển hình và đi đầu như EU, Đức, Đan Mạch, Hà Lan, Úc, Canada, Hoa Kỳ, Hàn Quốc và Nhật Bản. EU tập trung phát triển hydrogen xanh và đặt mục tiêu đạt 13 - 14% là hydrogen trong cơ cấu năng lượng vào năm 2050. Nhật Bản và Hàn Quốc phát triển hydrogen sạch, bao gồm cả hydrogen xanh và hydrogen lam, với mục tiêu đạt lần lượt là 10% và 33% cơ cấu năng lượng quốc gia vào năm 2050. Mới đây, Hoa Kỳ đã công bố chiến lược phát triển hydrogen với mục tiêu đạt 10 triệu tấn hydrogen sạch/năm vào năm 2030 để loại bỏ carbon trong lĩnh vực sản xuất amoniac, lọc hóa dầu và tăng lên 50 triệu tấn/năm để mở rộng phạm vi sử dụng hydrogen vào năm 2050.

Việt Nam là một thành viên có trách nhiệm của các tổ chức trên thế giới, do đó tại Hội nghị COP26 về lộ trình giảm phát thải chống biến đổi khí hậu đến năm 2050 tại Glasgow (Vương quốc Anh) diễn ra trong 14 ngày, từ ngày 31/10/2021, Thủ tướng Chính phủ Phạm Minh Chính đã cam kết cùng với các quốc gia khác trên thế giới, sẽ hướng tới nền kinh tế không phát thải carbon vào năm 2050. Để thực hiện được cam kết này, Thủ tướng nhấn mạnh, trong bối cảnh mới hiện nay, thế giới đang biến đổi khó lường, do đó phải nỗ lực, quyết tâm hơn nữa, tập trung vào hoàn thiện thể chế để phát triển xanh, tăng trưởng xanh; tập trung xây dựng cơ chế, chính sách, phương pháp để thu hút nguồn lực tài chính cho tăng trưởng xanh, kinh tế tuần hoàn; đẩy nhanh chuyển giao công nghệ để phát triển ngành công nghiệp năng lượng tái tạo, cụ thể là các trang thiết bị để sản xuất thiết bị năng lượng gió, mặt trời, điện sinh khối, vật liệu xây dựng xanh, giảm giá thành sản phẩm…; xây dựng các quy hoạch, quy định quản lý phù hợp, hiệu quả, bảo đảm đúng tinh thần phát triển bền vững, phát triển xanh; phải đào tạo, bồi dưỡng kiến thức về phát triển xanh, tăng trưởng xanh. Đã có nhiều chương trình, kế hoạch đã và đang được triển khai như: Kế hoạch hành động quốc gia về tăng trưởng xanh giai đoạn 2021 - 2030; Kế hoạch hành động giảm phát thải khí methane đến năm 2030; Chương trình hành động về chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí carbon và khí methane ngành GTVT; Chương trình phát triển lâm nghiệp bền vững giai đoạn 2021 - 2030; thực hiện Quy hoạch điện VIII; Quy hoạch tổng thể về năng lượng quốc gia thời kỳ 2021 - 2030, tầm nhìn đến năm 2050.

Ngành Hàng hải đóng vai trò đặc biệt quan trọng trong nền kinh tế toàn cầu, vận chuyển khoảng 90% hàng hóa thương mại toàn cầu. Tuy nhiên, khí thải từ tàu chứa các chất khí độc hại và khí nhà kính (GHG) như CO_2, NO_x, SO_x và PM, gây ô nhiễm môi trường, các rủi ro về sức khỏe

cộng đồng và biến đổi khí hậu. Những chất gây ô nhiễm do tàu tạo ra, phát sinh từ quá trình đốt nhiên liệu hóa thạch tác động đáng kể đến ba trụ cột của sự bền vững gồm bảo vệ môi trường, khả năng tồn tại về mặt kinh tế và công bằng xã hội [1-3]. Tổ chức Hàng hải Quốc tế đã thực hiện nhiều nỗ lực để giảm phát thải trong hoạt động hàng hải, điển hình như Chiến lược ban đầu về giảm phát thải khí thải từ tàu biển năm 2018, các sửa đổi bổ sung Phụ lục VI, Công ước MARPOL 73/78… Đặc biệt, tại MEPC.80 (7/2023), IMO đã ban hành Chiến lược giảm phát thải khí nhà kính từ tàu biển của IMO 2023 [3]. Với tầm nhìn là cam kết giảm phát thải khí nhà kính từ vận tải biển quốc tế là vấn đề cấp bách, nhằm loại bỏ chúng càng sớm càng tốt, đồng thời thúc đẩy quá trình chuyển đổi công bằng và bình đẳng. Với tham vọng đạt mức phát thải khí nhà kính bằng 0 trước năm 2050, giải pháp then chốt để đạt được mục tiêu này là chuyển đổi sử dụng nhiên liệu sạch không phát thải. Trong nghiên cứu "Lựa chọn tối ưu nhiên liệu hàng hải bền vững đáp ứng mục tiêu chiến lược giảm phát thải khí nhà kính của IMO 2023", các tác giả đã lựa chọn nhiên liệu hàng hải bền vững tối ưu cho ngành Hàng hải Việt Nam là hydrogen. Hơn nữa, Chiến lược phát triển năng lượng hydrogen của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (tại Quyết định số 165/QĐ-TTg ngày 07/02/2024) xác định hydrogen là năng lượng chiến lược của Việt Nam trong tương lai. Vì vậy, nghiên cứu đề xuất lộ trình phát triển chuỗi cung cấp nhiên liệu sạch - hydrogen ở cảng biển là yêu cầu cấp thiết hiện nay.

2. CÁC CÔNG NGHỆ SỬ DỤNG HYDROGEN TRONG NGÀNH HÀNG HẢI

Pin nhiên liệu (tiếng Anh là fuel cell - FC) là một tế bào điện hóa có chức năng chuyển đổi năng lượng hóa học của nhiên liệu hydrogen và chất oxy hóa (thường là oxy) thành điện năng thông qua một cặp phản ứng oxy hóa khử. Do đó, các phương tiện chạy bằng hydrogen FC có hệ thống truyền động điện, tương tự như các xe điện pin, nhưng nguồn năng lượng của chúng được cung cấp bởi hydrogen lưu trữ trên xe. Chúng có phạm vi và đặc điểm nạp nhiên liệu tương tự như các phương tiện thông thường. Năng lượng được giải phóng từ hydrogen bằng cách sử dụng một hệ thống FC mà không phát thải khí nhà kính. Điều này là do sản phẩm phụ duy nhất của phản ứng FC là nước, thường được thải ra môi trường. Để duy trì một phản ứng hiệu quả, các thông số vận hành của FC, như nhiệt độ, mật độ dòng điện, độ ẩm, tỷ lệ chất phản ứng và áp suất phải được kiểm soát.

Các công nghệ FC bao gồm các loại kiềm, màng trao đổi proton (PEM), chất rắn oxit, axit photphoric, molten carbonate (MC) và FC methanol trực tiếp. Nhiên liệu, hiệu suất, chi phí và tuổi thọ của chúng được tóm tắt trong *Bảng 2.1*. Trong số đó, PEM FC là loại phù hợp nhất cho các phương tiện vận tải do khả năng phản ứng cao, khả năng khởi động, năng lượng cực cao và trọng lượng thấp. Tuy nhiên, chúng cũng có nhược điểm là nhiệt độ vận hành thấp và yêu cầu quản lý nước phức tạp, làm tăng chi phí bảo dưỡng và giảm tuổi thọ.

Hydrogen cũng có thể được đốt cháy bởi động cơ đốt trong (ICEs). Tương tự như các động cơ ICEs tiêu chuẩn sử dụng khí tự nhiên (còn được gọi là động cơ khí hoặc động cơ nhiên liệu khí đơn), các động cơ đốt trong sử dụng hydrogen (H2ICEs) hoạt động dựa trên nguyên lý chu kỳ Otto.

Bảng 2.1. Công nghệ pin nhiên liệu [4-10]

Loại FC	**Fuel**	**Chất điện phân**	**Nhiệt độ** (^{0}C)	**Hiệu suất** (%)	**Giá** (£/Kw)	**Vòng đời** (giờ)
Alkaline	H_2	Potassium hydroxide	150-200	~50	110-400	5.000-8.000
PEM	H_2	Polymer	60-140	60	285	<5000
Solid oxide	Syngas (CO/H_2), methane, NH_3	Barium cerate	200-700	50-70	1.700-2.280	90.000
Phosphoric acid	H_2	Phosphoric acid	150-200	30-40	2.275-2.850	30.000-60.000
MC	Khí tự nhiên, than đá, biogas	Lithium/ potassium/ sodium carbonate	600-700	>60	2.275-3.420	20.000-30.000

H2ICEs cũng có các thách thức vận hành chung mà các động cơ khí tiêu chuẩn phải đối mặt liên quan đến tỷ lệ khí thải, nhiệt độ, kẹt động cơ cũng như các vấn đề khác như: (i) Tốc độ cháy cao và năng lượng kích hoạt thấp, dẫn đến phải tăng số lượng xy-lanh và khả năng cháy trước của nhiên liệu có thể gây ra vụ nổ bên trong động cơ; (ii) Nhiệt độ đốt cháy cao hơn trong động cơ hydrogen dẫn đến tỷ lệ hình thành NO_x cao hơn, có thể được giải quyết bằng tái sử dụng khí thải hoặc thiết bị lọc khí thải; (iii) Công suất và mô-men xoắn động cơ nhỏ hơn do không gian ít hơn trong các xi-lanh và buồng đốt cháy để hút không khí, kết quả của mật độ năng lượng theo thể tích của hydrogen thấp. Do đó, để sử dụng hydrogen là nhiên liệu duy nhất, cần phải có sự điều chỉnh trên các động cơ khí tiêu chuẩn. Cho đến nay, đã có hai chiến lược điều chỉnh được đề xuất để giải quyết vấn đề hydrogen có thể tự cháy do nhiệt độ tự cháy thấp của nó và dẫn đến việc cháy sớm, gây ra hiệu ứng kẹt động cơ, bao gồm: (i) Phun trực tiếp (DI), hoạt động bằng cách phun hydrogen lỏng (LH2) ở áp suất cao trong suốt chu kỳ đốt cháy; (ii) Phun với van khí, hoạt động bằng cách phun hydrogen ở áp suất cao khi chu kỳ hút bắt đầu. Ngoài ra, việc phun hydrogen lỏng hoặc áp suất cũng được giới thiệu để giải quyết vấn đề không gian ít hơn cho việc hút không khí, mặc dù điều này dẫn đến công suất ra thấp hơn.

3. ĐỀ XUẤT LỘ TRÌNH PHÁT TRIỂN CHUỖI CUNG CẤP HYDROGEN CHO CẢNG BIỂN HẢI PHÒNG

Nhận thức rõ lợi thế địa chính trị của một quốc gia biển, Đảng, Nhà nước và Chính phủ Việt Nam đã ban hành và triển khai nhiều chính sách dành riêng cho phát triển kinh tế và khoa học công nghệ biển. Trong số đó, trước hết phải kể đến Nghị quyết số 36-NQ/TW, ngày 22/10/2018, của Hội nghị Trung ương 8 khóa XII, "Về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045" đề ra mục tiêu tổng quát và mục tiêu cụ thể nhằm đưa Việt Nam trở thành quốc gia mạnh về biển, có sự phát triển bền vững, thịnh vượng, bảo đảm an ninh, an toàn nền kinh tế biển. Trong đó, xác định đến năm 2030, các ngành kinh tế thuần biển có đóng góp vào GDP

cả nước đạt khoảng 10%; kinh tế của 28 tỉnh, thành phố ven biển ước đạt 65 - 70% GDP cả nước; các ngành kinh tế biển phát triển bền vững theo các tiêu chuẩn quốc tế; tăng cường kiểm soát khai thác tài nguyên biển gắn với bảo đảm khả năng phục hồi của hệ sinh thái biển…

Để khẳng định quan điểm nhất quán về ưu tiên phát triển kinh tế biển, ngày 05/3/2020, Chính phủ ban hành Nghị quyết số 26/NQ-CP về Kế hoạch tổng thể và kế hoạch 5 năm của Chính phủ thực hiện Nghị quyết số 36-NQ/TW "Về Chiến lược phát triển bền vững kinh tế biển Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045". Các văn kiện đặc biệt quan trọng như Nghị quyết số 30-NQ/TW ngày 23/11/2022 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế - xã hội và đảm bảo quốc phòng - an ninh vùng đồng bằng sông Hồng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045; Nghị quyết số 14/NQ-CP ngày 08/02/2023 của Chính phủ về việc triển khai Nghị quyết số 30-NQ/TW ngày 23/11/2022 của Bộ Chính trị về phát triển kinh tế - xã hội và đảm bảo quốc phòng, an ninh vùng đồng bằng sông Hồng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045; Nghị quyết số 45-NQ/TW của Bộ Chính trị về Xây dựng và phát triển Hải Phòng đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045; Nghị quyết Đại hội đại biểu Đảng bộ thành phố lần thứ XVI, nhiệm kỳ 2020 - 2025; Nghị quyết số 02 ngày 02/8/2021 của Ban Thường vụ Thành ủy nêu rõ, Hải Phòng phải phát triển dịch vụ phục vụ hoạt động cảng biển, dịch vụ logistics tương xứng với tiềm năng, lợi thế, theo chiều sâu là chủ đạo để trở thành đầu mối trung chuyển quốc tế và trung tâm dịch vụ logistics hiện đại tầm cỡ khu vực Đông Nam Á. Hơn nữa, thực hiện "Đề án phát triển cảng xanh tại Việt Nam được Bộ GTVT phê duyệt tại Quyết định số 2027/QĐ-BGTVT ngày 29/10/2020" và "Chiến lược phát triển năng lượng hydrogen của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050" tại Quyết định số 165/QĐ-TTg ngày 07/02/2024 thì phát triển chuỗi cung cấp hydrogen ở cảng biển Hải Phòng là yêu cầu cấp thiết, cần được nghiên cứu triển khai ngay.

Đối với hoạt động nghiên cứu trước mắt và trung hạn cần tập trung vào việc áp dụng các tiến bộ trong thiết kế hệ thống điện, quản lý năng lượng và cấu trúc ngành Hàng hải. Cần phát triển các động cơ chính chạy bằng hydrogen (gồm động cơ đốt trong, turbine khí, turbine hơi và/hoặc FC) kết hợp với lưu trữ năng lượng (pin) và các công nghệ có thể khai thác năng lượng tái tạo, như cánh quạt Flettner... Nghiên cứu trong tương lai cũng nên xem xét kế hoạch và phát triển cơ sở hạ tầng cảng để phục vụ việc sử dụng hydro và thuận tiện cho dịch vụ bơm nhiên liệu tàu, xem xét việc sắp xếp không gian và hiện thực hóa các cơ sở mới cần thiết cho việc xử lý, lưu trữ và cung cấp LH2 và CH2 theo số lượng lớn tại cảng. Đối với việc cấp nhiên liệu, việc sử dụng hệ thống nhiên liệu loại cassette để lưu trữ hydrogen trong một container sau đó được xếp lên tàu, có thể được hiện thực hóa trong thời gian ngắn vì điều này sẽ giúp giảm thời gian nạp nhiên liệu, phương pháp này sẽ phù hợp hơn cho những tàu nhỏ. Việc sử dụng thiết bị chạy bằng hydrogen tại cảng như cần cẩu, xe nâng, xe tải và tàu lai cũng nên được áp dụng trong tương lai gần để giảm khí thải cho ngành Hàng hải. Chính vì vậy, các tác giả đề xuất lộ trình cấp bách cho hydrogen tại cảng Hải Phòng *(Hình 3.1)*.

Hình 3.1: Lộ trình cấp bách cấp hydrogen cho cảng biển Hải Phòng

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã giới thiệu tình hình ứng dụng hydrogen trong ngành Hàng hải hiện nay và đề xuất lộ trình cấp bách triển khai chuỗi cung cấp hydrogen ở cảng biển Hải Phòng phù hợp với Chiến lược phát triển năng lượng hydrogen của Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, thực hiện trách nhiệm quốc gia đối với cam kết tại COP26 và nghĩa vụ của quốc gia thành viên Công ước MARPOL73/78.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.05.

Tài liệu tham khảo

[1]. IMO (2023), *MEPC 80: 2023 IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships.*

[2]. IMO (2018), *MEPC 65: Initial IMO strategy on reduction on GHG emissions from ships.*

[3]. IMO (28, January, 2022), *Development of draft lifecycle GHG and carbon intensity guidelines for maritime fuels (draft LCA guidelines): ISWG-GHG 11/2/.*

Ngày nhận bài: 22/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Cân bằng động của hệ dụng cụ và ảnh hưởng đến độ nhám bề mặt khi phay tốc độ cao

■ **TS. NGUYỄN TIẾN DŨNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: dungnt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo phân tích các nguyên nhân gây ra sự mất cân bằng động khi gia công tốc độ cao. Nguyên nhân chủ yếu là do mất cân bằng giữa dụng cụ và đầu cặp dụng cụ, mất cân bằng trục chính của máy. Sự mất cân bằng này ảnh hưởng đến chất lượng bề mặt chi tiết khi gia công. Nghiên cứu thấy rằng, độ nhám bề mặt Ra của các mẫu thử tăng lên khi độ mất cân bằng động tăng, đồng thời khi sâu cắt hướng tâm ap tăng thì độ nhám bề mặt Ra của các mẫu thử tăng.

TỪ KHÓA: Cân bằng động, mô hình phay, phay tốc độ cao, chất lượng bề mặt gia công.

ABSTRACT: This article analyzes the causes of dynamic imbalance during high-speed machining. The main cause is due to an imbalance between the tool and the tool holder, and an imbalance of the machine's main shaft. This imbalance affects the surface quality of parts when machining. The study found that the surface roughness Ra of the test specimens increased as the dynamic imbalance increased, and at the same time as the radial cutting depth ap increased, the surface roughness Ra of the test specimens increased.

KEYWORDS: Dynamic balancing, milling model, high speed milling machined surface quality.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, với sự phát triển của công nghệ cắt tốc độ cao, tốc độ trục chính của hầu hết các máy công cụ trung tâm gia công đều đạt trên 10.000 vòng/phút. Sự mất cân bằng của hệ thống dao gia công tốc độ cao trong quá trình quay tốc độ cao khiến cho dao cụ bị mất cân bằng hệ thống, sinh ra mất cân bằng trong quá trình vận hành, lực ly tâm lớn sẽ tác dụng tải trọng có cho kỳ lên các ổ trục chính, các bộ phận máy công cụ… gây ra rung động, ảnh hưởng xấu đến ổ trục trục chính, tuổi thọ dụng cụ và chất lượng gia công. Vì vậy, công nghệ cân bằng động của hệ thống công cụ gia công tốc độ cao đã trở thành mối quan tâm và cần được nghiên cứu trong gia công cơ khí.

2. CÁC NGUYÊN NHÂN GÂY MẤT CÂN BẰNG KHI CẮT TỐC ĐỘ CAO

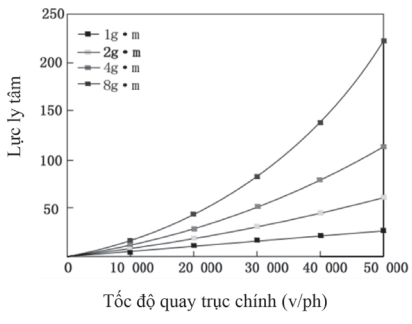
Trong các máy công cụ truyền thống, tốc độ trục chính tương đối thấp và yêu cầu về cân bằng động cũng tương đối thấp. Nhưng đối với gia công tốc độ cao, do tốc độ trục chính cao nên ngoài việc yêu cầu về cân bằng động của trục chính cao còn có những yêu cầu về cân bằng động của hệ thống dụng cụ cũng phải cao, bất kỳ sự mất cân bằng nhỏ nào cũng sẽ tạo ra lực ly tâm lớn. Khi tốc độ tăng, lực ly tâm tăng nhanh làm cho toàn bộ hệ thống gia công rung động, làm giảm độ chính xác định vị và độ cứng vững của hệ thống trục chính và dụng cụ. Lực ly tâm sinh ra do tốc độ quay cao dẫn đến lực cắt không đều, gây rung động cho máy công cụ, giảm tuổi thọ dụng cụ và gia tăng độ mài mòn của trục chính, ảnh hưởng đến độ chính xác gia công và chất lượng bề mặt của phôi. Do đó, lực ly tâm quán tính do hệ thống dao tạo ra ở tốc độ quay cao phải được điều chỉnh được xem xét trong việc thiết kế các thiết bị máy công cụ tốc độ cao.

Do đó, đối với các hệ thống công cụ hoạt động ở tốc độ quay cao, không chỉ các thông số kỹ thuật và độ chính xác của kích thước sản xuất của chúng phải được xem xét trong quá trình thiết kế mà còn phải tính toán sự cân bằng động của hệ thống công cụ hoạt động ở tốc độ quay cao.

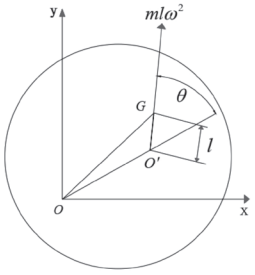
Giả sử dụng cụ có khối lượng không cân bằng tương đương *m* (g) ở khoảng cách *l* (mm) tính từ tâm quay. Sử dụng U (g·mm) để biểu thị sự mất cân bằng của khối lượng không cân bằng *m*. Lượng không cân bằng thu được là *l.m*, khi đó khi tốc độ quay của dụng cụ là *n* (v/ph), lực ly tâm quán tính sẽ là:

$$F_e = ml(\frac{\pi n}{30})^2 \times 10^{-6} = \frac{1}{9} ml(\pi n)^2 \times 10^{-8} \quad (1)$$

Khi trục chính quay với tốc độ cao, lực ly tâm quán tính do mất cân bằng gây ra rung động và tiếng ồn khi cắt, làm giảm chất lượng và độ chính xác gia công. Có thể thấy từ công thức (1) rằng lực ly tâm quán tính sẽ tăng theo bội số bậc hai của tốc độ quay dụng cụ (như trong *Hình 2.1*). Giả sử rằng trong quá trình phay, nếu tổng khối lượng của trục chính và dụng cụ là M, độ cứng của hệ thống trục chính và dụng cụ là K, hệ số giảm chấn là C và tần số tự nhiên là ωn, mô hình cơ học của dao động hướng tâm của hệ thống công cụ được thể hiện trong *Hình 2.2*.



Hình 2.1: Mối quan hệ giữa lực ly tâm, tốc độ trục chính và sự mất cân bằng dao



Hình 2.2: Mô hình động lực học dao động do độ lệch tâm

Theo các định luật động lực học cơ bản, các phương trình vi phân chuyển động của hệ theo hướng x và y:

$$Mx^{(2)} + Cx' + Kx = ml\omega\cos\omega t \quad (2)$$

$$My^{(2)} + Cy' + Ky = ml\omega\sin\omega t \quad (3)$$

Trong công thức, ω là vận tốc góc của trục quay, ω = πn/30.

Giải hệ phương trình (2), (3) trên là:

$$x = \frac{m}{M}\times l\times\frac{\omega^2\cos(\omega t-\theta)}{\sqrt{(\omega_n^2-\omega^2)^2+(2n\omega)^2}} \quad (4)$$

$$y = \frac{m}{M}\times l\times\frac{\omega^2\sin(\omega t-\theta)}{\sqrt{(\omega_n^2-\omega^2)^2+(2n\omega)^2}} \quad (5)$$

Từ phương trình (4) và (5) thấy rằng khi các điều kiện khác không đổi, biên độ dao động của hệ càng lớn, khối lượng lệch tâm m và khoảng cách lệch tâm l càng lớn thì sự mất cân bằng dụng cụ càng cao và độ rung của hệ càng lớn.

Các yếu tố chính ảnh hưởng đến độ chính xác cân bằng động của hệ thống dụng cụ cắt tốc độ cao:

- Mất cân bằng giữa dụng cụ và đầu cặp dụng cụ chủ yếu xuất phát từ các nguyên nhân chính sau: Do vật liệu chế tạo dụng cụ hoặc đầu cặp dụng cụ không đồng đều; do độ chính xác về kích thước không đều khi chế tạo; do cấu trúc không đối xứng; do lực cắt khi gia công; do vị trí của lưỡi dao thay đổi khi thay dao.

- Mất cân bằng trục chính chủ yếu do các nguyên nhân chính như: Do vật liệu trục chính không đồng đều; do sai số về độ chính xác gia công; do bám dính các mảnh phoi trên bề mặt kết nối trục chính - dụng cụ và ảnh hưởng của chất bôi trơn làm mát; do lỗi kẹp dụng cụ trục chính; do mài mòn không đồng đều.

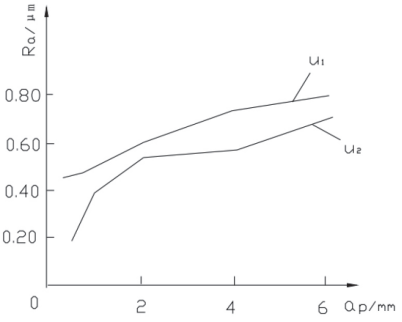
3. ẢNH HƯỞNG CỦA CÂN BẰNG ĐỘNG DỤNG CỤ ĐẾN CHẤT LƯỢNG GIA CÔNG

Ảnh hưởng của sự mất cân bằng của dụng cụ quay tốc độ cao đến độ nhám R_a của bề mặt gia công có thể được minh họa bằng ví dụ sau.

Mục đích thí nghiệm: Thông qua thí nghiệm cắt, so sánh ảnh hưởng của chiều sâu hướng tâm vết cắt a_p đến độ nhám bề mặt R_a khi phay sử dụng hai hệ dao có lượng mất cân bằng khác nhau.

Điều kiện thí nghiệm: Vật liệu làm mẫu là hợp kim nhôm; máy gia công là máy phay trung tâm HSM600 với tốc độ tối đa 30.000 v/ph và công suất 20 kw; dụng cụ cắt là dao phay ngón cacbua hạt siêu mịn đường kính φ=10 mm có 2 răng, góc xoắn 300 và bán kính cung đầu dao là 1 mm. Lượng mất cân bằng của hai hệ dao là U_1 = 100 g·mm, U_2 = 2,5 g·mm. Các thông số gia công: Tốc độ trục chính 15.000v/phút và tốc độ tiến dao 5,3 m/ph.

Kết quả thực nghiệm và phân tích: Sử dụng hai hệ dao không cân bằng để cắt, kết quả mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt gia công ra và chiều sâu hướng tâm của vết cắt a_p được thể hiện trên đồ thị *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Mối quan hệ giữa độ nhám bề mặt R_a và chiều sâu hướng tâm vết cắt a_p

Đánh giá từ kết quả thử nghiệm, độ nhám bề mặt Ra của các mẫu thử tăng lên khi độ mất cân bằng động tăng, đồng thời khi sâu cắt hướng tâm ap tăng thì độ nhám bề mặt R_a của các mẫu thử tăng và có sự khác biệt lớn về ảnh hưởng của hai dụng cụ không cân bằng đến độ nhám bề mặt của các mẫu khi gia công.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã ứng dụng lý thuyết cân bằng động để nghiên cứu nguyên nhân gây mất cân bằng động của hệ thống công cụ khi cắt tốc độ cao. Qua phân tích trên có thể kết luận rằng, nguyên nhân của các yếu tố mất cân bằng động có thể do thiết kế, chế tạo, lắp ráp và sử dụng hệ thống công cụ. Phân tích thử nghiệm cũng chỉ ra khi mất cân bằng động tăng thì độ nhám bề mặt cũng tăng lên.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.38.

Tài liệu tham khảo

[1]. Martin Eastman (1998), *Balancing on the fly*, Cutting Tooling Engineering, 50(3).

[2]. Silva, A.; Cavalini, A.; Steffen, V. (2016), *Model based robust balancing approach for rotating machines*, In Proceedings of the Society for Experimental Mechanics Series, Orlando, FL, USA; Springer: Cham, Switzerland, vol.3, pp.243-251.

[3]. Yan, Z.; Ji, W.; Ding, K. (10 - 12, October, 2019), *Effect of dynamic balance parameters on vibration of vertical and horizontal rotor system*, In Proceedings of the 5th International Conference on Mechanical Engineering and Automation Science, Wuhan, China, vol.10, pp.10-12.

[4]. Mengxuan Li, Yuhang Sun, Ruiwen Dong, Weiyu Chen and Dong Jiang (2022), *An Approach on V-Shaped Milling for Rotor Balancing of Armatures*, Machines, 10, 1106.

[5]. Kimmelmann, M.; Stehle, T. (7 - 9, July, 2017), *Measuring unbalance-induced vibrations in rotating tools*, In Proceedings of the 8th International Conference on Manufacturing Science and Education, Sibiu, Romania, vol.6, pp.7-9.

Ngày nhận bài: 25/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 10/5/2024
Ngày chấp nhận đăng: 27/5/2024

Phân tích tải trọng động kết cấu thép cầu trục trong quá trình làm việc

■ **ThS. VŨ VĂN TẬP(*); ThS. NGUYỄN THỊ XUÂN HƯƠNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)tapvv@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Cầu trục là loại thiết bị nâng hạ công nghiệp phổ biến nhất trong các nhà xưởng. Chúng được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp khác nhau khi thực hiện xếp dỡ hàng hóa bằng sự hỗ trợ các thiết bị mang hàng như trong cơ khí, trong công nghiệp hóa chất và lọc dầu, trong các trung tâm vận tải và nhà kho lớn, kho xếp dỡ tự động hóa, trong các nhà máy nhiệt điện và các doanh nghiệp công nghiệp thực phẩm. Khi các cơ cấu làm việc sẽ xuất hiện tải trọng động, nhất là trong giai đoạn hoạt động không ổn định của các cơ cấu như khởi động hay phanh cơ cấu. Tải trọng này tác động lên kết cấu thép của cầu trục làm sinh ra tải trọng động trong kết cấu thép, kết cấu sẽ dao động làm tăng biến dạng và tải trọng.

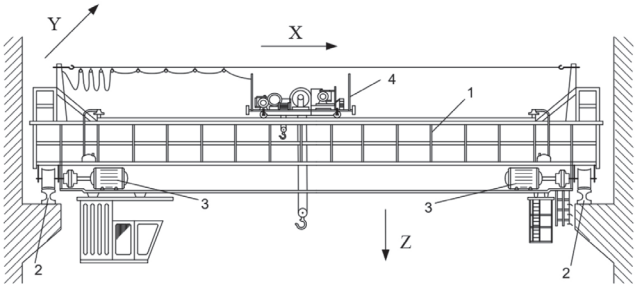
TỪ KHÓA: Tải trọng động, kết cấu thép của cầu trục, cầu trục.

ABSTRACT: Overhead cranes are the most popular type of industrial lifting equipments in factories. They are widely used to carry out loading and unloading of goods with the help of cargo-carrying devices in various industries such as in mechanical production, in the chemical industry and oil refining; in logistics enterprises with big warehouses, automated loading and unloading warehouses, in thermal power plants and food industry enterprises. When their mechanisms work, dynamic loads will appear, especially during periods of unstable operation such as starting or braking the mechanisms. Under the effect of these dynamic load, the crane steel structure will fluctuate, increasing deformation and load.

KEYWORDS: Dynamic load, steel structure of overhead crane, overhead crane.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thiết kế của cầu trục cho phép mỗi mét vuông trong nhà xưởng được đưa vào phạm vi hoạt xếp dỡ một cách đầy đủ nhất có thể. Cầu trục gồm 3 cơ cấu chính, cơ cấu di chuyển cầu trục dọc nhà xưởng (theo trục Y), cơ cấu di chuyển xe con hoặc tời dọc theo dầm cầu (theo trục X) và cơ cấu nâng hạ hàng (theo trục Z). Trong mỗi chu kỳ làm việc, có những chế độ làm việc không ổn định của bộ truyền động điện (khởi động, lùi, phanh) ảnh hưởng không nhỏ đến hoạt động của cơ cấu, xuất hiện tải trọng động của bộ truyền động và cơ cấu, về hiệu suất vận hành cũng như một số yếu tố khác. Chế độ vận hành cầu trục bao gồm các công đoạn thao tác từ lấy hàng từ tập kết đi đến vị trí đặt hàng và dỡ hàng và quay lại vị trí ban đầu. Các công đoạn như thế được lặp đi lặp lại đến khi hết hàng, các công đoạn làm hàng để xếp dỡ được một mã hàng được gọi là một chu kỳ. Khi cơ cấu di chuyển hay cơ cấu nâng khởi động và phanh sẽ dẫn tới sự xuất hiện của những thay đổi tải trọng tác dụng lên kết cấu kim loại dẫn đến kết cấu bị mất ổn định có thể dẫn đến bị phá hủy, làm giảm năng suất, gây mất an toàn khi vận hành.



Hình 1.1: Cầu trục

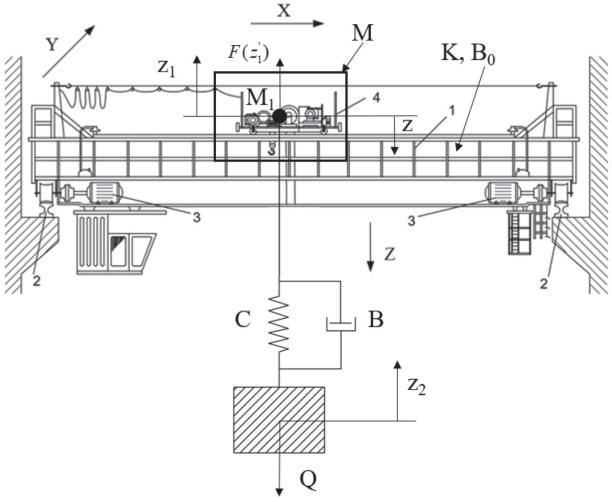
Trong các doanh nghiệp ở lĩnh vực công nghiệp, thiết bị nâng và vận chuyển phổ biến nhất là cần trục hai dầm. Kết cấu thép của cầu trục 1 tựa trên các bánh xe của cơ cấu di chuyển cầu trục với sự trợ giúp của dẫn động bằng động cơ điện 3 qua bộ truyền đến bánh xe để cầu trục di chuyển dọc theo đường ray 2. Dọc theo cầu trục được đặt đường ray để cho xe con 4 di chuyển dọc theo đó, trên xe con được bố trí cơ cấu nâng để nâng và hạ hàng hóa, cầu trục được lắp đặt trên cao cũng tận dụng chiều cao và kết cấu của nhà xưởng và phạm vi hoạt động linh hoạt đến hầu hết mọi điểm trong không gian làm việc. Ngoài ra, cần trục được lắp đặt trên cao nên chiếm rất ít không gian sử dụng.

2. THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH ĐỘNG LỰC HỌC

Xây dựng mô hình toán học xác định tải trọng động trong kết cấu thép của cầu trục cũng khác nhau tùy theo mục đích nghiên cứu. Có thể xây dựng sơ đồ tính hệ động lực học quy đổi khối lượng rời rạc, có thể xây dựng theo hệ rời rạc-liên tục hay có thể theo hệ liên tục (vô số bậc tự do). Mỗi quan điểm xây dựng hệ động lực học có những ưu và nhược điểm riêng. Trong quá trình chuyển động không ổn

định khi khởi động hoặc phanh cơ cấu nâng hoặc cơ cấu di chuyển khi treo hàng thì trong kết cấu thép sẽ xuất hiện tải trọng động, chúng cần kể đến khi đánh giá độ bền cũng như thời gian làm việc của cầu trục. Khi vận hành cầu trục khi nâng hoặc hạ thì chiều dài cáp thay đổi dẫn đến thay đổi độ cứng của hệ treo hàng ảnh hưởng đến độ lớn cũng như đặc trưng thay đổi tải trọng động.

Cơ cấu nâng, kết cấu thép là tổng hợp các khối lượng riêng biệt được liên kết lại với nhau bằng các khâu đàn hồi. Khối lượng riêng như tải trọng nâng hàng, các khâu đàn hồi như thanh, dầm hay cáp treo hàng. Hệ động lực học đặc trưng là các khối lượng quy đổi đến phần tính toán liên kết giữa chúng bằng liên kết đàn hồi và phần tử giảm chấn. Mô hình động lực học xác định tải trọng động trong kết cấu thép có thể xây dựng với hai hoặc ba khối lượng tập trung. Mô hình tính được xây dựng gồm 3 khối lượng quy đổi được liên kết với nhau bởi 2 liên kết đàn hồi và thành phần cản. Phân tích sự thay đổi tải trọng động trong dầm của cầu trục khi nâng hàng từ nền ta nhận các thông số sau: K_0 - Độ cứng kết cấu thép dầm chính cầu trục; B_0 - Hệ số cản của kết cấu thép; M_0 - Khối lượng của dầm và xe con quy đổi đến điểm treo hàng; M_1 - Khối lượng phần quay dẫn động cơ cấu nâng quy đổi đến điểm treo hàng; K - Độ cứng của cáp treo hàng; B - Hệ số cản của cáp treo hàng; M_2 - Khối lượng của hàng; $F(z_1')$ - Lực phát động (phanh) quy đổi đến điểm treo hàng, phụ thuộc vào tốc độ rô-tô động cơ quy đổi đến điểm treo hàng; lực F_0, F_2 - Tương ứng lực tác dụng lên kết cấu thép và lực căng của cáp. Ta chọn tọa độ suy rộng z_0, z_1, z_2 tương ứng chuyển vị của các khối lượng M_0, M_1, M_2. Chuyển động của cơ cấu nâng bắt đầu khi kết nối động cơ và phanh thường đóng mở. Cơ cấu nâng tiến hành nâng hàng từ nền gồm hai giai đoạn. Giai đoạn thứ nhất trước khi hàng nâng lên khỏi nền. Ở giai đoạn này, hàng vẫn còn nằm trên nền, động cơ bắt đầu thay đổi tốc độ lực tại điểm treo hàng tăng dần không vượt quá trọng lượng của hàng, sau đó đến giai đoạn hàng nâng lên khỏi nền, khi đó lực tại điểu treo hàng lớn hơn trọng lượng hàng và hàng được nâng lên.



Hình 2.1: Sơ đồ động lực học cơ cấu nâng

Độ cứng của cáp treo hàng có thể tính bằng công thức:

$$K = \frac{E_k.F_k.m.a}{l}$$

Trong đó: E_k và F_k - Mô-đun đàn hồi và diện tích mặt cắt của cáp; m- Số lượng pa-lăng; a - Bội suất pa-lăng; l - Chiều dài cáp treo hàng tính từ trục của puly động đến trục của tang.

Thiết lập phương trình vi phân chuyển động cho giai đoạn thứ nhất.

Khi đó, hàng vẫn chưa chuyển động ta có $z_0 = 0$ hay $z_2'' = 0$. Ta tách khối lượng M_1 ra các lực tác dụng vào khối lượng M_1 gồm $F(z_1')$ và F_2. Tách khối lượng M_0 ta có các lực tác dụng vào khối lượng M_0 gồm F_0 lực trong kết cấu thép cầu trục và F_2 trong cáp nâng hàng. Ta được hệ phương trình:

$$\begin{aligned} M_0.z_0'' &= F_2 - F \\ M_1.z_1'' &= F(z_1') - F_2 \end{aligned} \quad (1)$$

Trong đó: $F = K_0.z_0 + B_0.z_0'; F_2 = K.(z_1 - z_0) + B(z_1' - z_0')$

Lực phát động của động cơ trên cơ sở phương trình Kloss viết dưới dạng [5]:

$$F(z_1') = \frac{a_1 - a_2 z_1'}{a_3 + \alpha(-a_4 z_1' + z_1'^2)}$$

Trong đó: $a_1 = 2.P_k.s_k.x_c'^2; a_2 = \frac{a_1}{x_c'}; a_3 = s_k^2.x_c'^2; a_4 = 2x_c'$ (P_k và s_k - Giá trị lực và hệ số trượt tới hạn; x_c - Vận tốc đồng bộ nâng hàng).

Hệ số α có thể nhận giá trị: α = 0 khi động cơ làm việc đường đặc trưng tuyến tính khi lực không đạt đến $0,7P_k$; α = 1 - khi làm việc động cơ trên đường đặc trưng bất kỳ.

Ta thế các phương trình trên vào hệ phương trình (1) ta được:

$$\begin{aligned} &M_0.z_0'' + K_0.z_0 + B_0.z_0' + K(z_0 - z_1) + B(z_0' - z_1') = 0 \\ &M_1.z_1'' + K(z_1 - z_0) + B(z_1' - z_0') = \frac{a_1 - a_2 z_1'}{a_3 + \alpha(-a_4 z_1' + z_1'^2)} \end{aligned} \quad (2)$$

Thiết lập phương trình vi phân chuyển động cho giai đoạn thứ hai:

Tương tự như các thiết lập của giai đoạn thứ nhất ta tách các khối lượng và viết phương trình cho từng khối lượng ta được hệ phương trình:

$$\begin{aligned} M_0.z_0 &= F_2 - F \\ M_1.z_1 &= F(z_1') - F_2 \\ M_2.z_2 &= F_2 - Q \end{aligned} \quad (3)$$

Trong đó, lực trong kết cấu thép và lực trong cáp xác định qua biểu thức:

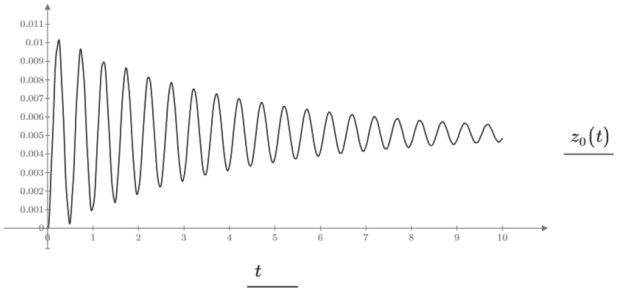
$$F = K_0.z_0 + B_0.z_0'; F_2 = K.(z_1 - z_0 - z_2) + B(z_1' - z_0' - z_2')$$

Từ đó ta có hệ phương trình:

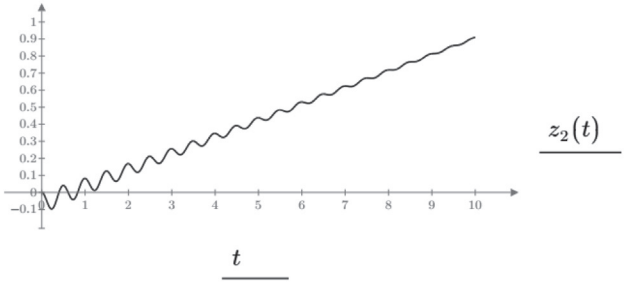
$$\begin{aligned} &M_0.z_0'' + K_0.z_0 + B_0.z_0' + K.(z_2 + z_0 - z_1) + B(z_2' + z_0' - z_1') = 0; \\ &M_1.z_1'' + K.(z_1 - z_0 - z_2) + B(z_1' - z_0' - z_2') = \frac{a_1 - a_2 z_1'}{a_3 + \alpha(-a_4 z_1' + z_1'^2)} \\ &M_2.z_2'' + K.(z_2 + z_0 - z_1) + B(z_2' + z_0' - z_1') = Q \end{aligned} \quad (4)$$

3. TÍNH TOÁN SỐ

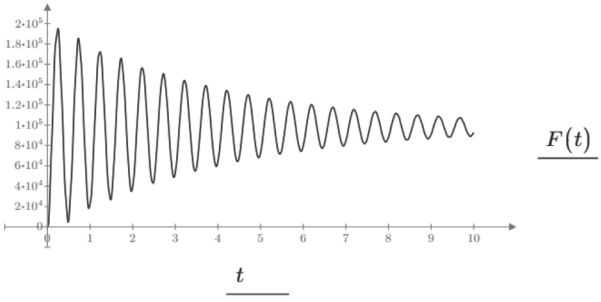
Từ hệ phương trình thiết lập được bên trên ta tiến hành tính toán với các thông số của cầu trục sau: Cầu trục sức nâng 2 tấn có các thông số [5]: M_0= 4.460 kg; M_1=12,6*10^4 kg; M_2=10 tấn; K_0=19.200 kN/m; K=1.720 kN/m; B_0=4,66 kN.s/m; B=0,45 kN.s/m; a_1/a_3=393 kN; a_2/a_3=3.050 kH.s/m. Vận tốc ban đầu v_0=0,129 m/s. Kết hợp sử dụng phần mềm Mathcad xác định sự thay đổi tải trọng và chuyển vị như sau:



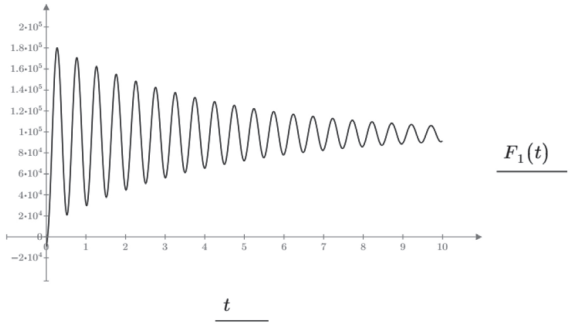
Hình 3.1: Chuyển vị của khối lượng quy đổi dầm và xe con



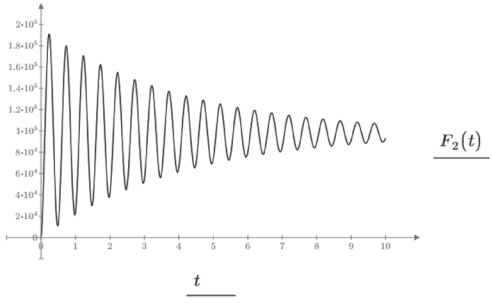
Hình 3.2: Chuyển vị của mã hàng



Hình 3.3: Tải trọng động trong kết cấu thép cầu trục



Hình 3.4: Lực phát động của động cơ



Hình 3.5: Lực trong cáp treo hàng

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo, nhóm tác giả đã phân tích chuyển vị, tải trọng động xuất hiện trong kết cấu thép cũng như trong cáp nâng hàng của cầu trục. Từ phương trình dao động được thiết lập của hệ với các thông số đầu vào kết hợp thuật toán trong phần mềm Mathcad đã đưa ra các kết quả phân tích. Từ kết quả cho thấy, trong giai đoạn đầu sự xuất hiện chuyển vị lớn nhất 10 mm cũng như tải trọng lớn nhất đạt 2 lần và lực phát động của động cơ gấp 1,8 lần trọng lượng hàng, sau đó giảm dần theo thời gian do có lực giảm chấn trong kết cấu thép cũng như trong cáp nâng hàng. Từ mô hình trên có thể được tiếp tục phát triển cho các bài toán mô phỏng động lực học hay dao động uốn của dầm cầu trục và điều khiển.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.44.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Văn Khang (2009), *Động lực học hệ nhiều vật*, NXB. Khoa học và Kỹ thuật.

[2]. TS. Trần Văn Chiến (2005), *Động lực học máy trục*, NXB. Hải Phòng.

[3]. TS. Lê Anh Tuấn (2008), *Động lực học máy xếp dỡ*, NXB. Hàng hải.

[4]. TS. Hoàng Văn Nam, GS. TS. Lê Anh Tuấn (2021), *Phương pháp phần tử hữu hạn*, NXB. Hàng hải.

[5]. М.: Машиностроение (1987), *Динамика грузоподъемных кранов*, 160с.: ил.

[6]. *Анализ динамики грузоподъемных кранов методом приведенных расчетных схем: методические указания к лабораторной работе по курсам "Динамика ДСМ", "Динамика МГХ", "Динамика МОВС", "Динамика МСА"*, К.П. Мандровский. - М.: МАДИ, 2014. 16 с.

[7]. Учебное пособие (2003), *Динамика передвижения кранов по рельсовому пути*, М: Изд-во им. Н. Э. Баумана, 232 с.: ил.

Ngày nhận bài: 27/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Khảo sát ảnh hưởng của thời điểm phun nhiên liệu đến quá trình cháy của động cơ cháy bằng nén hỗn hợp hình thành trước một phần với nhiên liệu xăng

■ **ThS. TRẦN TUẤN ANH**
Trường Đại học Thủy lợi
Email: trantuananh@tlu.edu.vn

TÓM TẮT: Động cơ đốt trong sử dụng phương pháp hình thành hỗn hợp và đốt cháy kiểu đốt cháy hỗn hợp hòa trộn sẵn một phần sử dụng nhiên liệu xăng (GPPC - Gasoline partially premixed combustion) có tiềm năng để đạt được đồng thời hiệu suất động cơ cao cũng như lượng khí thải độc hại NOx và bồ hóng (PM - Particulate Matter) thấp. Nghiên cứu này, quá trình cung cấp nhiên liệu bằng phun cao áp trực tiếp và buồng cháy với hai giai đoạn (phun mồi và phun chính) được tiến hành phân tích dựa vào thực nghiệm trên băng thử động cơ, ở chế độ tải trung bình IMEP cỡ 5 bar. Nhiên liệu thử nghiệm là xăng thương mại, có trị số ốc tan cao RON95. Kết quả thử nghiệm chỉ ra rằng, quá trình đốt cháy được kiểm soát bằng thời điểm phun chính SOI_2. Từ các ảnh hưởng của thời điểm phun chính SOI_2 có thể làm cơ sở cho tối ưu hóa quá trình làm việc của động cơ làm việc với mô hình cháy mới, với những nghiên cứu mở rộng hơn.

TỪ KHÓA: Quá trình cháy, cháy bằng nén hòa trộn trước một phần, phun hai giai đoạn.

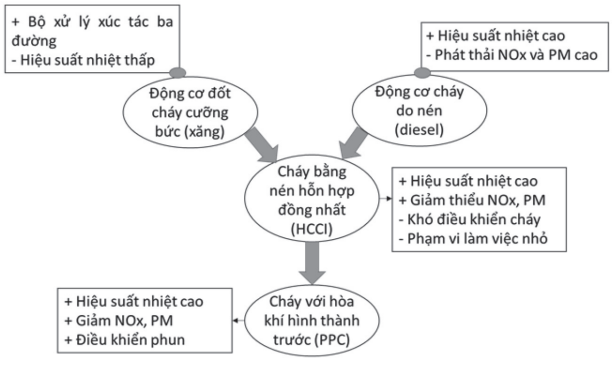
ABSTRACT: Internal combustion engines employing the Gasoline Partially Premixed Combustion (GPPC) method have the potential to simultaneously achieve high engine efficiency and low levels of harmful NOx emissions and particulate matter (PM). This study analyzes the fuel delivery process through direct high-pressure injection and a two-stage combustion chamber (pilot and main injection) based on experiments conducted on an engine test bench, under medium load conditions with an IMEP of approximately 5 bar. Commercial gasoline with a high Research Octane Number (RON95) was used as the test fuel. The experimental results indicate that the combustion process is controlled by the timing of the main injection SOI_2. The effects of the main injection timing SOI_2 can serve as a basis for optimizing the engine operation process with the new combustion model, paving the way for further research and development.

KEYWORDS: Combustion process, gasoline partially premixed combustion, split injection.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Động cơ diesel thường được biết đến với hiệu suất cao hơn động cơ xăng, đặc biệt ở mức công suất cao và trong điều kiện tải trọng lớn hoặc tốc độ cao. Đồng nghĩa với điều này, động cơ diesel có suất tiêu hao nhiên liệu thấp hơn hay phát thải khí thải CO_2 thấp hơn. Tuy nhiên, động cơ diesel lại phát sinh khí ô nhiễm sau ống xả như: NO_x và bụi khói PM. Điều này góp phần làm tăng ô nhiễm không khí và ảnh hưởng đến sức khỏe con người và môi trường.

Với các yêu cầu về giảm thiểu đồng thời phát thải độc hại và giảm thiểu tiêu thụ nhiên liệu riêng trên động cơ đốt trong để đáp ứng các tiêu chuẩn khí thải ngày càng ngặt nghèo hơn, thì động cơ cháy bằng nén với nhiên liệu xăng đã được nghiên cứu với tiềm năng giảm thiểu đồng thời phát thải bồ hóng và NO_x. Động cơ cháy bằng nén với nhiên liệu xăng, là quá trình cháy ở nhiệt độ thấp (LTC - Low Temperature Combustion), là loại hình trung gian giữa quá trình cháy bằng nén hỗn hợp hòa trộn đồng nhất (HCCI - homogenous charge compression ignition) và quá trình cháy của động cơ diesel truyền thống [1, 2]. Động cơ GPPC được biết đến là bước tiến mới trong sự phát triển của động cơ đốt trong [3], mang lại nhiều ưu điểm vượt trội so với động cơ sử dụng phương pháp đốt cháy truyền thống.



Hình 1.1: Sự phát triển của động cơ đốt trong [3]

Ban đầu, với cơ sở từ động cơ diesel truyền thống, phương pháp châm cháy bằng nén, khi thực hiện tăng tỷ lệ luân hồi khí thải (EGR - exhaust gas recirculation) thì tăng thời gian cháy trễ của nhiên liệu diesel khi phun vào

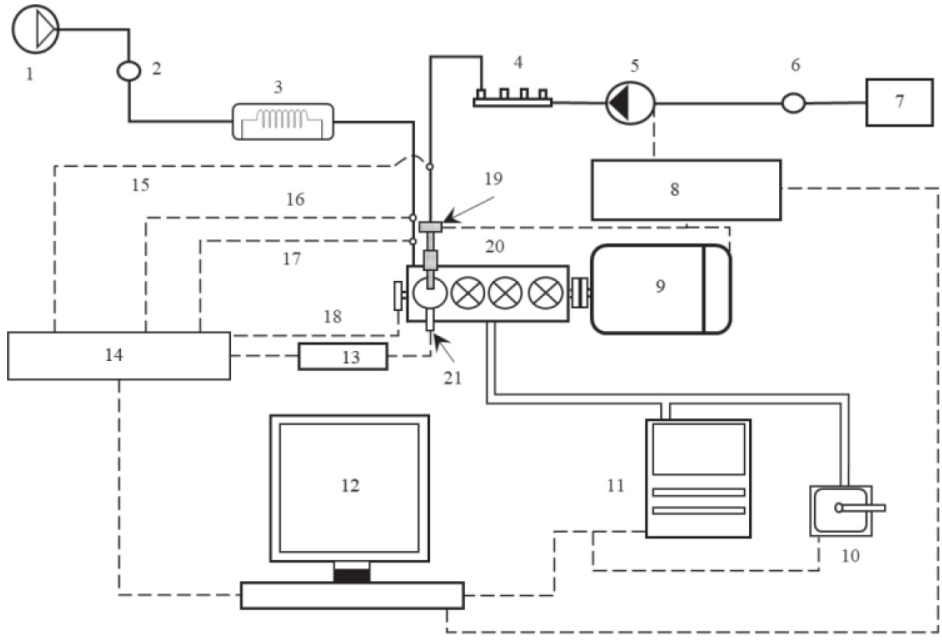
trong xy-lanh động cơ [4]. Quá trình phun nhiên liệu và thời điểm bắt đầu cháy đã có thể được tách biệt, tức là quá trình tự cháy bắt đầu sau khi nhiên liệu được hoàn tất phun vào trong xy-lanh. Chính sự tách biệt giữa quá trình phun và quá trình cháy, làm cho nhiên liệu và không khí trong xy-lanh đủ thời gian để hòa trộn tạo thành hỗn hợp cháy trong xy-lanh. Kết quả của phương pháp hòa trộn hỗn hợp trước là sự phát thải bồ hóng PM và NO_x giảm đồng thời, do thành phần nhiên liệu - không khí hòa trộn một cách phân lớp và hỗn hợp nhạt hơn, đồng thời nhiệt độ đốt cháy cực đại trung bình toàn xy-lanh hoặc cục bộ đều giảm đi. Chế độ cháy với nhiệt độ thấp LTC này là khả thi khi thực hiện trên động cơ diesel ở mức độ tải thấp và trung bình. Ngược lại, ở mức độ tải cao, để làm trễ cháy hơn nữa, cần phải có quá nhiều EGR, thì làm cho quá trình đốt cháy hiệu quả kém đi và lượng khí thải HC và CO tăng lên rất lớn [5, 6].

Johansson và cộng sự [7] sử dụng nhiên liệu diesel có trị số xê-tan CN là 21, để có được thời điểm bắt đầu cháy tích cực chỉ sử dụng khoảng 50% tỷ lệ EGR để vận hành động cơ ở mức IMEP khoảng 16 bar và lượng phát thải bồ hóng và NO_x thấp. Bằng cách so sánh trong nghiên cứu của của Noehre và cộng sự [5], ít nhất 70% phần trăm EGR được yêu cầu để đạt được mục đích này bằng cách sử dụng nhiên liệu diesel thương mại ở mức tải 15 bar IMEP. Sau đó, Kalghatgi và cộng sự [3, 8] đã đề xuất chế độ cháy bằng nén hỗn hợp hòa trộn trước một phần với nhiên liệu xăng (GPPC). Trong khái niệm PPC này, lợi thế về khả năng chống tự cháy cao của xăng được sử dụng để đạt được độ trễ đánh lửa cao hơn.

2. THÍ NGHIỆM

2.1. Sơ đồ bố trí động cơ thử nghiệm và thiết bị thí nghiệm

Động cơ sử dụng để tiến hành thí nghiệm cháy hỗn hợp hòa trộn trước một phần là động cơ PSA -DW10 được sửa đổi cho phù hợp với thí nghiệm, sử dụng 1 xy-lanh động cơ và ngắt 3 xy-lanh động cơ. Động cơ sử dụng hệ thống cung cấp nhiên liệu Common Rail để điều khiển quá trình phun nhiên liệu bằng điện tử. Tốc độ động cơ trên băng thử được duy trì ổn định và kiểm soát bằng một động cơ điện. *Hình 2.1* trình bày sơ đồ lắp đặt, bố trí các thiết bị thí nghiệm và động cơ trên băng thử. Một số thông số cơ bản của động cơ được cho trong *Bảng 2.1*.



1 - Máy nén khí;
2 - Đo lưu lượng khí;
3 - Bình gia nhiệt khí;
4 - Common rail;
5 - Bơm nhiên liệu;
6 - Đo lưu lượng nhiên liệu;
7 - Bình chứa nhiên liệu;
8 - Điều khiển lượng phun;
9 - Động cơ điện;
10 - Đo độ khói;
11 - Tủ phân tích khí thải;
12 - Máy tính;
13 - Bộ khuếch đại;
14 - Bộ ghi dữ liệu;
15 - Tín hiệu áp suất phun;
16 - Tín hiệu nhiệt độ khí nạp;
17 - Tín hiệu áp suất nạp;
18 - Tín hiệu tốc độ quay động cơ;
19 - Vòi phun nhiên liệu;
20 - Động cơ thí nghiệm;
21 - Đầu đo áp suất

Hình 2.1: Sơ đồ bố trí thiết bị và động cơ thí nghiệm

Bảng 2.1. Một số thông số cơ bản của động cơ thí nghiệm

Thông số	Giá trị
Đường kính xy-lanh (mm) x hành trình Piston (mm)	85 x 88
Thể tích công tác 1 xy-lanh (cc)	499
Tỷ số nén ε	16
Phun nhiên liệu	Common Rail

2.2. Một số thông số cơ bản của tiến trình thí nghiệm

Không khí nạp được cung cấp từ máy nén khí được làm nóng đến nhiệt độ 165^{0}C bằng bộ gia nhiệt, tại đó nhiệt độ và áp suất không khí nạp được đo bằng cảm biến nhiệt (loại K) với độ chính xác ± 2^{0}C và cảm biến áp suất áp điện trở (Kistler 4075 A) với độ chính xác tương ứng là ± 0,3% của toàn thang đo. Mức tiêu thụ nhiên liệu được đo bằng bộ điều khiển lưu lượng khối chất lỏng (Bronkhorst M13-CORI-FLOW) có độ chính xác ± 0,2% trên phép đo.

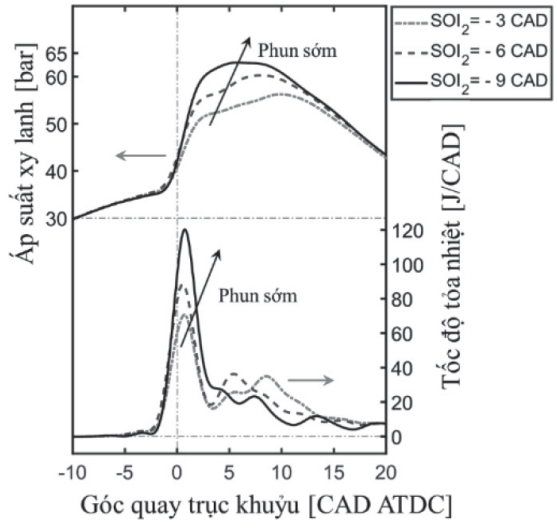
Vị trí góc quay được xác định bằng cảm biến quang học với độ chính xác ± 0,1 CAD và áp suất trong xy-lanh bằng cảm biến áp suất (Kistler 6043A) được gắn trong nắp xy-lanh với độ chính xác ± 2%. Đối với tất cả các thí nghiệm, dữ liệu áp suất trong xy-lanh được ghi lại và tính trung bình trong 100 chu kỳ liên tiếp để tính toán các đặc tính cháy bằng cách sử dụng phân tích nhiệt động lực học. Các giá trị đo áp suất xy-lanh được sử dụng để tính tốc độ tăng áp suất (PRR - Pressure Rise Rate), tốc độ tỏa nhiệt (HRR - Heat Release Rate), pha cháy (CA50 - Crank Angle 50), thời gian cháy (CA90-CA10), hiệu suất chỉ thị trung bình, mức tiêu thụ nhiên liệu chỉ thị… Hệ thống nhiên liệu Common Rail duy trì áp suất phun 400 bar. Thời điểm phun lần thứ nhất cố định ở -35CAD trước điểm chết trên, thời điểm phun lần thứ hai được thay đổi từ -9CAD về -3CAD trước điểm chết trên. Các thông số cơ bản của tiến trình thí nghiệm được cho trong *Bảng 2.2*.

Bảng 2.2. Điều kiện vận hành động cơ thí nghiệm

STT	Thông số	Giá trị	Đơn vị
1	Nhiệt độ khí nạp	165	^{0}C
2	Áp suất khí nạp	1	bar
3	Áp suất phun	400	bar
4	Chế độ phun	Phun kép	
5	Tỷ lệ giữa 2 lần phun	30/70	% khối lượng
6	Thời điểm phun lần đầu	-35	CAD ATDC
7	Tốc độ quay động cơ	1.500	vòng / phút
8	Nhiên liệu thử nghiệm	Xăng	

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của thời điểm phun chính đến quy luật thay đổi áp suất và tốc độ tỏa nhiệt trong xy-lanh

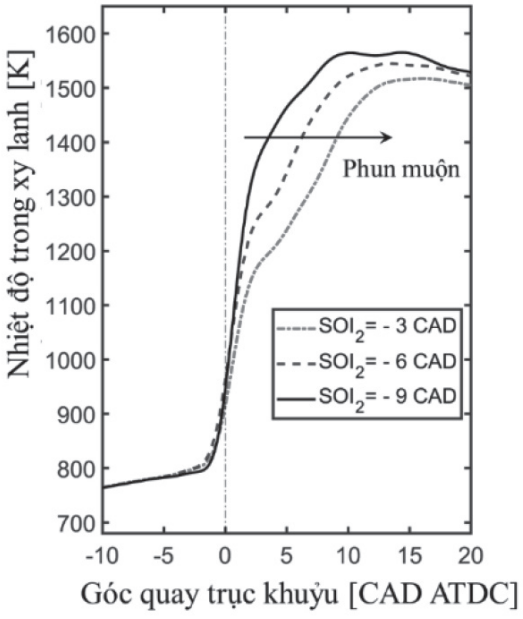


Hình 3.1: Diễn biến áp suất và tốc độ tỏa nhiệt, trong trường hợp không luân hồi khí thải

Diễn biến áp suất trong xy-lanh và tốc độ tỏa nhiệt trong xy-lanh động cơ được chỉ ra trên *Hình 3.1*. Từ đồ thị này có thể thấy, thời điểm phun lần thứ hai có ảnh hưởng rất lớn đến quy luật biến thiên áp suất và tốc độ tỏa nhiệt trong xy-lanh, với các giá trị cực đại và thời điểm đạt cực đại là khác nhau. Khi thời điểm phun lần thứ hai SOI_2 càng sớm, quá trình phun chính diễn ra càng xa điểm chết trên, thì thời điểm bắt đầu quá trình cháy thật sự xảy ra muộn hơn, thể hiện ở tốc độ tỏa nhiệt. Hơn nữa, lúc này tốc độ tỏa nhiệt trong xy-lanh cũng mạnh hơn thể hiện bằng các đỉnh của đường tốc độ tỏa nhiệt cao hơn và dịch chuyển về phía bên phải, sau điểm chết trên. Điều này cũng chứng minh cho tốc độ cháy diễn ra nhanh hơn khi thực hiện phun sớm, hòa khí hòa trộn trước được hình thành nhiều hơn trước khi bắt đầu cháy.

Tuy nhiên, nếu thời điểm phun lần thứ hai muộn, từ -6CAD đến -3CAD, quá trình cháy diễn ra giống với quá trình cháy của động cơ diesel truyền thống với pha cháy khuếch tán và pha cháy hòa trộn trước phân biệt hoàn toàn. Trong đó, pha cháy hòa trộn trước chiếm ưu thế với tốc độ tỏa nhiệt lớn hơn nhiều và quá trình cháy tập trung ở quanh điểm chết trên. Từ các kết quả này cho thấy thời điểm phun chính SOI_2 có thể thực hiện để làm thông số điều khiển quá trình cháy GPPC, quyết định đến đặc tính cháy.

3.2. Quy luật biến thiên nhiệt độ trong xy-lanh



Hình 3.2: Biến thiên nhiệt độ trong xy-lanh

Hình 3.1 thể hiện biến thiên nhiệt độ trong xy-lanh động cơ theo các thời điểm phun chính khác nhau. Với vùng nhiệt độ trước khi phát triển cháy mạnh, xung quanh -2 CAD ATDC, nhiệt độ trong xy-lanh giảm dần khi phun chính sớm lên, thể hiện ảnh hưởng của quá trình phun nhiên liệu lần thứ hai có tác dụng "làm mát" hòa khí trong xy-lanh. Ứng với góc phun chính -9 CAD có giá trị giảm nhiệt độ nhỏ nhất ở lân cận vùng -3 CAD nhưng cũng có giá trị nhiệt độ cực đại là lớn nhất ở lân cận vùng 10 CAD.

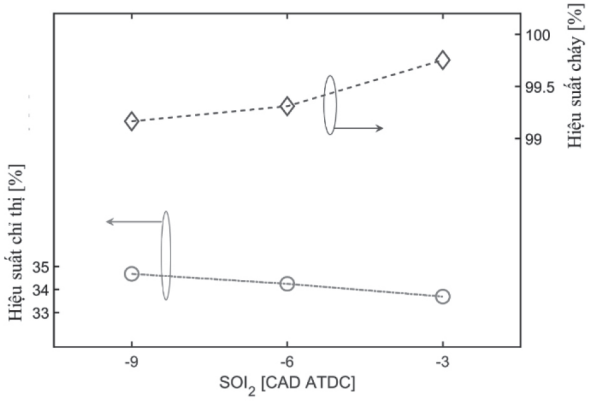
Trên đồ thị *Hình 3.1* cho thấy, nếu thời điểm phun lần hai xảy ra càng muộn, thì nhiệt độ cực đại trong xy-lanh càng giảm. Điều này cho thấy, khi phun lần hai muộn tức là

phun vào hỗn hợp hòa khí đang diễn ra quá trình cháy, sẽ làm cho tốc độ cháy giảm xuống cũng như nhiên liệu mới phun vào thực hiện quá trình cháy khuếch tán, với tốc độ ô xy hóa nhiên liệu giảm. Do đó, có thể thấy thay đổi thời điểm phun lần hai có thể điều khiển được nhiệt độ cực đại trong xy-lanh, sẽ làm thay đổi mức phát thải độc hại như CO, NO_x...

3.3. Hiệu suất động cơ đốt trong

Quá trình cháy tốt hơn với phun chính (SOI_2) muộn hơn thể hiện ở *Hình 3.3* với hiệu suất cháy tăng lên, tuy nhiên hiệu suất chỉ thị giảm đi. Hiệu suất cháy tăng lên do quá trình cháy với quá trình phun chính muộn vì lý do nhiên liệu khi phun vào buồng cháy được cháy hết, tránh được những khu vực hỗn hợp nhiên liệu - không khí không cháy hoàn toàn do hiệu ứng sát vách.

Ngược lại, với hiệu suất cháy thì hiệu suất chỉ thị lại tăng khi phun sớm hơn, được giải thích bởi việc lực sinh ra khi quá trình cháy mãnh liệt sau khi piston qua điểm chết trên, thì đều tốn ít công âm của quá trình nén như nhau và lực sinh ra càng lớn và càng gần điểm chết trên thì tạo ra hiệu quả nhiệt tốt nhất, đồng thời giảm tổn thất nhiệt [12].



Hình 3.3: Hiệu suất chỉ thị, hiệu suất cháy theo các thời điểm phun chính SOI_2 = -9; -6 ; -3 CAD ATDC

4. KẾT LUẬN

Quá trình cháy hiện đại GPPC được áp dụng trong động cơ nhiệt là mô hình cháy có thể đáp ứng được các yêu cầu ngày càng chặt chẽ của tiêu chuẩn về khí thải trong động cơ đang áp dụng ở các nước trên thế giới cũng như ở Việt Nam. Việc điều khiển các thông số của quá trình cháy, thông qua thời điểm phun chính SOI_2 là nhân tố quyết định đến đặc tính cháy cũng như phát thải, đặc tính làm việc của động cơ. Kết quả của nghiên cứu đã cho thấy, việc sử dụng thông số cho chế độ phun kép với thời điểm phun lần thứ hai phù hợp sẽ làm thay đổi được quy luật cháy, quy luật tỏa nhiệt và có thể kiểm soát hiệu suất của động cơ.

Tài liệu tham khảo

[1]. Yao M, Zheng Z, Liu H. (2009), *Progress and recent trends in homogeneous charge compression ignition (HCCI) engines*, Prog Energy Combust Sci, 35, 398-437, *https://doi.org/10.1016/j.pecs.2009.05.001*.

[2]. Dec JE. (2009), *Advanced compression-ignition engines-understanding the in-cylinder processes*, Proceedings of the *Combustion Institute, 32, 2727-42, https://doi.org/10.1016/J.PROCI.2008.08.008.*

[3]. Kalghatgi GT, Risberg P, Ångström HE. (2007), *Partially pre-mixed auto-ignition of gasoline to attain low smoke and low NOx at high load in a compression ignition engine and comparison with a diesel fuel*, SAE Technical Papers, *https://doi.org/10.4271/2007-01-0006.*

[4]. Musculus MPB, Miles PC, Pickett LM. (2013), *Conceptual models for partially premixed low-temperature diesel combustion,* Prog Energy Combust Sci, *https://doi.org/10.1016/j.pecs.2012.09.001*.

[5]. Noehre C, Andersson M, Johansson B, Hultqvist A. (2006), *Characterization of Partially Premixed Combustion*, *https://doi.org/10.4271/2006-01-3412*.

[6]. Yao M, Zhang Q, Liu H, Zheng ZQ, Zhang P, Lin Z, et al. (2010), *Diesel engine combustion control: Medium or heavy EGR?* SAE Technical Papers, *https://doi.org/10.4271/2010-01-1125*.

[7]. Bengt Johansson (2005), *High-Load Partially Premixed Combustion in a Heavy - Duty Diesel Engine*, Diesel engine emission reduction (DEER) conference: Chicago, Illinois.

[8]. Kalghatgi GT, Risberg P, Ångström H-E. (2006), *Advantages of Fuels with High Resistance to Auto-ignition in Late-injection, Low-temperature, Compression Ignition Combustion*, *https://doi.org/10.4271/2006-01-3385*.

[9]. Manente V, Johansson B, Cannella W. (2011), *Gasoline partially premixed combustion, the future of internal combustion engines?* International Journal of Engine Research, 12, 194-208, *https://doi.org/10.1177/1468087411402441*.

[10]. Manente V, Johansson B, Tunestal P. (2009), *Partially premixed combustion at high load using gasoline and ethanol, a comparison with diesel*, SAE Technical Papers, *https://doi.org/10.4271/2009-01-0944*.

[11]. Neely GD, Sasaki S, Huang Y, Leet JA, Stewart DW. (2005), *New Diesel Emission Control Strategy to Meet US Tier 2 Emissions Regulations*, *https://doi.org/10.4271/2005-01-1091*.

[12]. Kook S, Park S, Bae C. (2008), *Influence of Early Fuel Injection Timings on Premixing and Combustion in a Diesel Engine*, Energy & Fuels, 22, 331-7, *https://doi.org/10.1021/ef700521b*.

Ngày nhận bài: 27/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 12/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 27/5/2024

Nghiên cứu xây dựng chương trình kiểm tra chéo vị trí tàu trên ECDIS nâng cao an toàn khi hàng hải ven bờ

■ **PGS. TS. NGUYỄN THÁI DƯƠNG(*); ThS. NGUYỄN ĐÌNH HẢI**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)nguyenthaiduong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Xu hướng hàng hải hiện đại, trên tàu được trang bị hai hệ thống thông tin và hiển thị hải đồ điện tử ECDIS (Electronic Chart Display Information System) độc lập. Khi hàng hải, vị trí tàu chủ yếu được xác định bằng các hệ thống vệ tinh định vị toàn cầu GNSS (Global Navigation Satellite System) và hiển thị trên ECDIS. Nhằm hạn chế các sai lầm trong việc dẫn tàu, Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã đưa ra các yêu cầu, khuyến nghị về việc sử dụng các phương pháp xác định vị trí tàu khác nhau như: Quan sát trực tiếp bằng mắt, xác định bằng ra-đa, sử dụng thiên thể... Tuy nhiên, trên thực vẫn xảy ra nhiều vụ tàu bị cạn xuất phát ban đầu từ việc quá tin tưởng vào hệ thống ECDIS và sự bất cẩn của sĩ quan trực ca. Trong bài báo này, nhóm tác giả đề xuất phương pháp kiểm tra chéo vị trí tàu trên ECDIS nhằm hạn chế các sai lầm gây nên hiện tượng lệch đường, đưa tàu vào vùng hạn chế độ sâu, mắc cạn.

TỪ KHÓA: Hệ thống thông tin và hiển thị hải đồ điện tử, kiểm tra chéo vị trí tàu, tàu mắc cạn.

ABSTRACT: In modern navigation, the ship is equipped with two independent the Electronic Chart Display Information System (ECDIS). During sailing, the ship's position is mainly determined by Global Navigation Satellite System (GNSS) and displayed on ECDIS. In order to limit mistakes in guiding ships, the International Maritime Organization (IMO) has issued requirements and recommendations on the use of different methods of determining ship position such as: Observing directly by eye, determined by radar, using celestial bodies, etc. However, in reality, many cases of ship running aground still occur initially due to over-reliance on the ECDIS system and carelessness of the Officer Of the Watch. In this article, the authors propose a method to cross-check the ship's position on ECDIS to limit mistakes that cause deviations and bring ships into depth-restricted areas.

KEYWORDS: Electronic chart display information system, position crosss-checking, grounded vessel.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hàng hải, để nâng cao độ chính xác của vị trí tàu nhận được từ máy thu GPS (Global Position System) cần thực hiện tốt các bước sau: Cài đặt thông số ban đầu như: Độ cao ăng-ten, giới hạn mức độ nhiễu, giới hạn độ cao vệ tinh... để hạn chế sai số của hệ thống; chọn thời điểm đọc thông số vị trí trên màn hình máy thu: Chọn chế độ 2D/3D, hệ số đánh giá sai số hình học (HDOP - Horizontal Delution Of Precision); thao tác lên hải đồ giấy hoặc kết nối với hệ thống ECDIS: Cần hiệu chỉnh sai số do hệ trắc địa không tương thích, xác định diện tích xác suất chứa vị trí tàu thực tế [1]. Mặc dù Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đưa ra nhiều hướng dẫn, khuyến nghị. Hệ thống quản lý an toàn quốc tế ISM (International Safety System) đã được triển khai tại các công ty vận tải biển. Tuy nhiên, trên thực tế vẫn xảy ra nhiều vụ việc tàu mắc cạn mà nguyên nhân chính là do sự bất cẩn của thuyền viên, hiện tượng bỏ sót, nhầm lẫn mục tiêu, bãi cạn do thiếu sự kiểm tra chéo vị trí tàu trên ECDIS.

Nhiều tổ chức hàng hải đã chỉ ra rằng: ECDIS chỉ là công cụ cho người đi biển áp dụng các chức năng của nó để nhận được nhiều thông tin cùng một lúc, nhanh chóng đánh giá và lựa chọn cách thức hành động phù hợp, còn lại tất cả vẫn phụ thuộc vào kiến thức và kỹ năng của sĩ quan trực ca độc lập [2]. Một điều nguy hiểm vô cùng đơn giản nhưng vẫn xảy ra trong thực tế, đó là đôi khi việc dẫn tàu sử dụng ECDIS trở thành bài tập thực hành được điều khiển bởi những người có năng khiếu máy tính hơn là những người có kinh nghiệm thực tế hàng hải. Nguy hiểm hơn khi có một số sĩ quan, có lẽ chưa bao giờ sử dụng biểu xích la bàn để xác định vị trí tàu bằng hướng ngắm (visual method) hay sử dụng sextant xác định vị trí tàu bằng quan trắc thiên thể (Celestial body method), họ quá tin tưởng vào các hệ thống điện tử (ECDIS, GNSS) mà quên đi việc kiểm tra chéo các thông tin do nó cung cấp như những gì các sĩ quan có kinh nghiệm thực tế thường làm. Trong bài báo này, nhóm tác giả tập trung giải quyết một số vấn đề nhằm góp phần hạn chế các sự cố về việc định vị dẫn tàu khi hàng hải ven bờ.

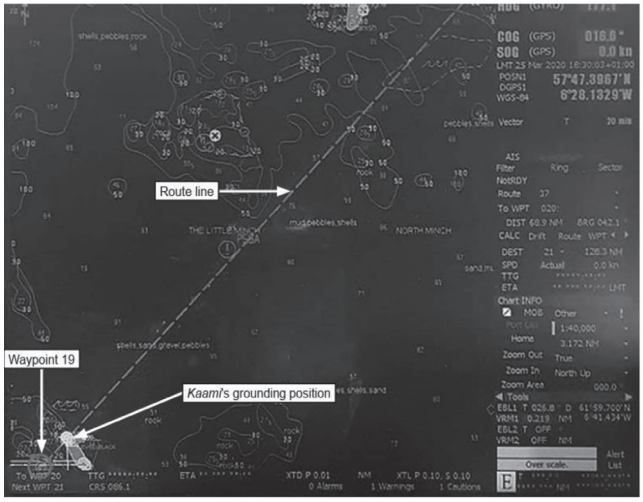
2. NGUYÊN NHÂN TÀU BỊ CẠN KHI HÀNG HẢI VEN BỜ

Trong phạm vi nghiên cứu, tác giả phân tích một số vụ tàu bị cạn mà nguyên nhân ban đầu là do thiếu kiểm tra chéo vị trí tàu dẫn đến việc thiếu sự cảnh báo để sĩ quan trực ca có hành động phù hợp, tránh các bãi cạn, khu vực nguy hiểm, độ sâu hạn chế.

2.1. Tai nạn hàng hải: Tàu Kaami mắc cạn trên vùng biển Little Minch Scotland [3]

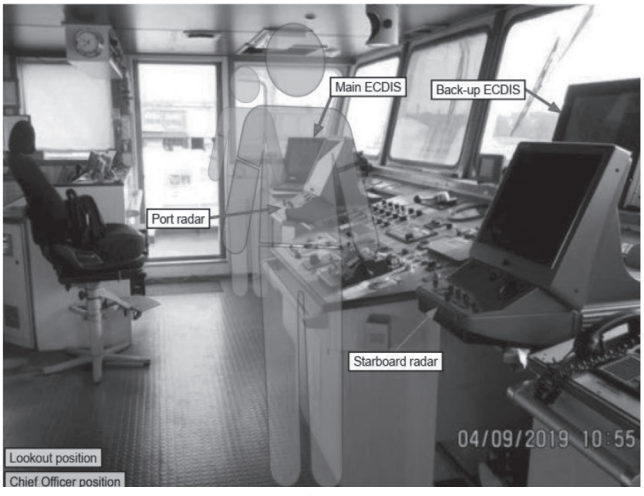
Tàu hàng bách hóa Kaami, quốc tịch Panama, số IMO:

9063885, dung tích toàn phần 2715, chiều dài lớn nhất 89,95 m bị cạn tại bãi cạn Sgeir Graidach thuộc vùng biển Little Minch, bờ tây Scotland khi hành trình từ Drogheda Ireland đi Slite Swede *(Hình 2.1)*.



Hình 2.1: Vị trí tàu Kaami bị cạn lúc 1h41 ngày 23/3/2020

Tàu Kaami được trang bị đầy đủ 2 hệ thống ECDIS độc lập, 2 radar và các trang thiết bị hàng hải hiện đại theo quy định của Công ước về an toàn sinh mạng con người trên biển (SOLAS).



Hình 2.2: Buồng lái tàu Kaami

Báo cáo điều tra tai nạn hàng hải của Hiệp hội Tàu buôn Vương quốc Anh (Marine Accident Investigation - United Kingdom Merchant Shipping) chỉ ra một số nguyên nhân làm tàu Kaami bị mắc cạn:

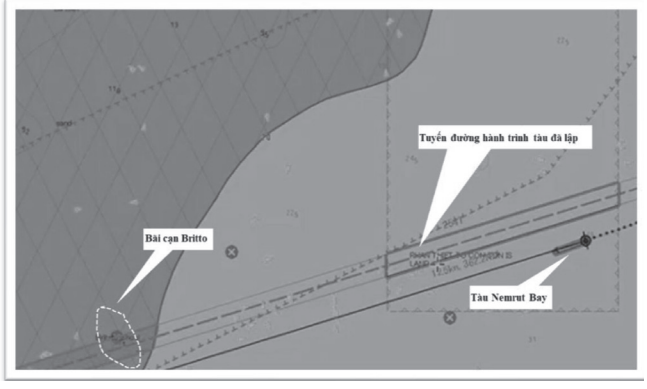
- Thuyền trưởng không kiểm tra đầy đủ tuyến hàng hải dự tính do thuyền phó 2 lập;
- Sử dụng hải đồ có tỷ lệ xích không phù hợp khi lập tuyến hàng hải dự tính;
- Tính toán chân hoa tiêu tối thiểu và đặt độ sâu an toàn trên ECDIS chưa chính xác;
- Không tiến hành các biện pháp kiểm tra chéo vị trí tàu trên ECDIS;
- Chức năng cảnh báo nguy hiểm của ECDIS chưa được khai thác tốt.

2.2. Tai nạn hàng hải: Tàu Nemrut Bay mắc cạn trên vùng biển Bình Thuận - Việt Nam [4]

Tàu Nemrut Bay, Quốc tịch Panama, Số IMO: 9860788, trọng tải 34431T, chiều dài lớn nhất 179,97 m, mớn nước thực tế: mũi 8,57 m - lái 9,36 m. Tàu rời cảng Manila - Philippines đi Vũng Tàu - Việt Nam để trả hàng. Thời tiết khu vực hàng hải như sau:

Theo bản tin dự báo thời tiết biển khu vực tỉnh Bình Thuận của Đài Khí tượng thủy văn tỉnh Bình Thuận ngày 20/6/2023: Dự báo thời tiết vùng biển Bình Thuận từ 16h00 ngày 20/6 đến 16h00 ngày 21/6/2023: Tầm nhìn xa trên 10 km, giảm từ 4 - 10 km trong mưa; gió Tây Nam cấp 4 - 5, có lúc cấp 6; biển động nhẹ, sóng biển cao trung bình từ 1,0 - 2,0 m.

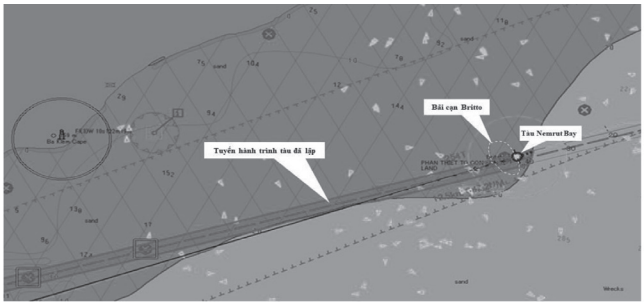
Theo bản tin dự báo thời tiết biển ngày 21/6/2023 của Trung tâm Dự báo khí tượng thủy văn Quốc gia: Vùng biển từ Bình Thuận đến Cà Mau có gió Tây Nam cấp 4 - 5; sóng biển cao 1,0 - 2,0 m, có lúc trên 2,0 m.



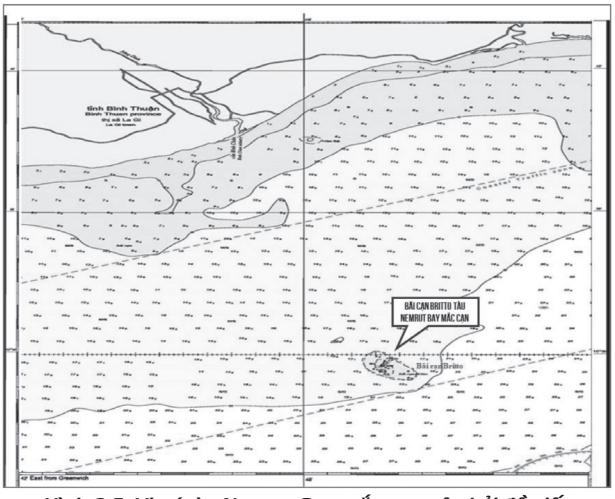
Hình 2.3: Vị trí tàu Nemrut Bay lúc 08h30 ngày 21/6/2023

Thời điểm 08h30, tàu Nemrut Bay hành trình đến vị trí có tọa độ: $10^0$32.276'N; $108^0$03.793'E, hướng $253^0$0, vận tốc 11,6 hải lý/giờ. Nhận thấy tại khu vực có nhiều tàu cá đang hoạt động, thuyền phó 3 yêu cầu thủy thủ lái chuyển từ chế độ lái tự động sang chế độ lái tay để tránh va với tàu cá.

Tàu tiếp tục hành trình, tránh va, đến 09h42 ngày 21/6/2023, đột nhiên bị rung lắc mạnh và tốc độ tàu giảm dần. Thuyền trưởng lệnh giảm nửa máy sau đó dừng máy, lúc này hướng mũi tàu là 255^0, vận tốc về 0. Sau khi tiến hành kiểm tra đã phát hiện tàu bị mắc cạn tại bãi cạn Britto có tọa độ: $10^0$29,556'N; $107^0$050,196'E , cách cửa biển Lagi, tỉnh Bình Thuận, Việt Nam khoảng 10 hải lý về phía Đông Nam.



Hình 2.4: Vị trí tàu Nemrut Bay mắc cạn trên hải đồ điện tử



Hình 2.5: Vị trí tàu Nemrut Bay mắc cạn trên hải đồ giấy

Báo cáo điều tra tai nạn của Cảng vụ Bình Thuận chỉ ra một số nguyên nhân làm tàu Nemrut Bay bị mắc cạn:

- Thuyền phó 2 lập tuyến hàng hải dự tính trên ECDIS từ cảng Manila - Philippines đến Vũng Tàu - Việt Nam). Tuyến đường từ điểm WPT 07 ($11^0$58,70N, $120^0$58,03E) đến điểm chuyển hướng WPT 08 ($10^0$16,54N, $107^0$06,13E). Do bất cẩn, thuyền phó hai đã kẻ đường đi qua khu vực bãi cạn Britto trên vùng biển Lagi, tỉnh Bình Thuận, Việt Nam.

-Thuyền phó 3 là sĩ quan trực ca không tuân thủ theo đúng hướng dẫn về việc xác định vị trí tàu trong hệ thống quản lý an toàn quốc tế của Công ty cũng như các khuyến nghị của Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) tại Nghị quyết A.529(13) [5]. Do vậy, thuyền phó 3 đã không kịp thời phát hiện vị trí của bãi cạn Britto khi tàu hành trình tới gần khu vực đó.

- Thuyền trưởng không kiểm tra đầy đủ kế hoạch chuyến đi do thuyền phó 2 lập. Qui trình thực hiện quản lý nguồn lực buồng lái BRM (Bridge Resource Management) vào thời điểm xảy ra sự cố tàu bị cạn chưa đúng hướng dẫn của Công ty và Tổ chức Hàng hải Quốc tế.

** Nhận xét:*

Hai báo cáo điều tra tai nạn tàu mắc cạn chỉ ra nhiều nguyên nhân chủ quan, khách quan khác nhau. Trong phạm vi nghiên cứu của bài báo này, nhóm tác giả đề xuất giải pháp khắc phục hai nguyên nhân sĩ quan hàng hải dễ mắc phải như sau:

- Do bất cẩn, thuyền phó 2 sử dụng hải đồ điện tử có tỷ lệ xích nhỏ nên tuyến hàng hải dự tính kẻ qua khu vực nguy hiểm, độ sâu hạn chế. Mặt khác, thuyền trưởng kiểm tra chưa đầy đủ nên không phát hiện ra thiếu sót của thuyền phó 2.

- Trong quá trình dẫn tàu, sĩ quan trực ca không tiến hành các phương pháp độc lập để kiểm tra chéo vị trí tàu trên ECDIS. Điều này dẫn đến việc không phát hiện được mối nguy hiểm do thiếu sót khi lập tuyến hàng hải dự tính nói trên.

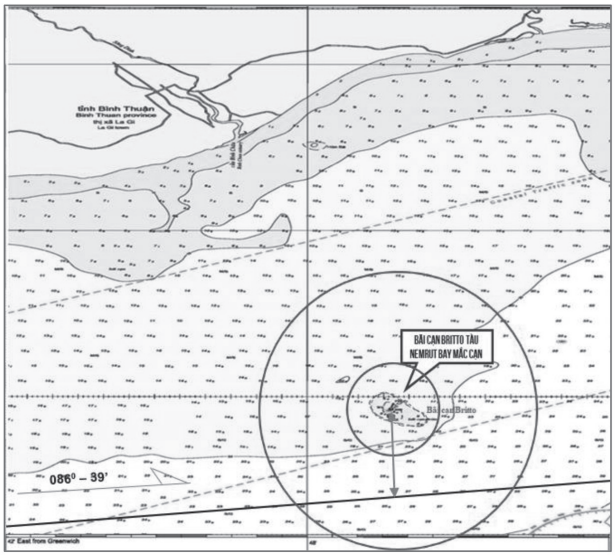
3. CHƯƠNG TRÌNH KIỂM TRA CHÉO VỊ TRÍ TÀU TRÊN ECDIS

Để có thể phát hiện, cảnh báo đối với một vị trí hoặc khu vực nguy hiểm hàng hải (ví dụ như bãi cạn Britto - *Hình 3.1*), trước hết cần xác định các giới hạn an toàn sau:

- Khoảng cách từ tàu tới vị trí nguy hiểm - cảnh báo giới hạn an toàn: D_1.

- Khoảng cách từ tàu tới vị trí nguy hiểm - cảnh báo giới hạn nguy hiểm: D_2.

- Khoảng cách từ điểm nguy hiểm tới đường đi thực tế - cảnh báo lệch đường: D_3.



Hình 3.1: Giới hạn cảnh báo nguy hiểm tàu mắc cạn

Các giới hạn an toàn D_1 , D_2 , D_3 được xác định dựa trên các thông số như: Loại tàu, khu vực hàng hải, điều kiện thời tiết... kết hợp tham khảo ý kiến chuyên gia.

Với một khu vực hàng hải nhất định, trước hết cần xác định bộ cơ sở dữ liệu bao gồm tất cả các vị trí, khu vực nguy hiểm, độ sâu hạn chế... : $\{A\} = \{T_1, T_2, T_3,...,T_n\}$ $\{A\} = \{T_1, T_2, T_3,...,T_n\}$. Bộ cơ sở dữ liệu này được xây dựng dựa vào việc khảo sát các số liệu trên hải đồ, đồng thời có tham khảo ý kiến chuyên gia và được cập nhật theo thực tế hàng hải. Bộ cơ sở dữ liệu các vị trí nguy hiểm $\{A\} = \{T_1, T_2, T_3,...,T_n\}$ sẽ được cài đặt trên máy tính trung tâm.

Trường hợp tàu đi đúng tuyến hàng hải dự tính sẽ không xảy ra tai nạn mắc cạn. Tuy nhiên, do các yếu tố như: Tác động của gió và dòng chảy; sau khi điều động tránh va; sự bất cẩn của thuyền viên... trọng tâm tàu sẽ dịch chuyển trên đường đi thực tế HTT.

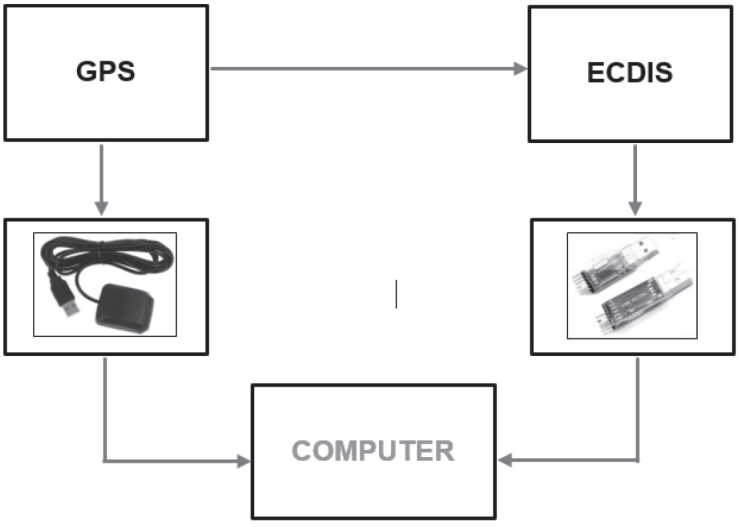
Qua bộ chuyển đổi, vị trí GPS sẽ được xác lập trên máy tính, từ đó đường đi thực tế HTT được tính toán. Tuy nhiên, vị trí tàu thực chất là vị trí ăng-ten máy thu GPS nên hướng dịch chuyển của vị trí tàu (vị trí GPS) sẽ thay đổi liên tục theo sự dịch chuyển thực tế của trọng tâm tàu. Do vậy, để phục vụ việc cảnh báo nguy cơ mắc cạn, hướng thực tế được xác định là hướng từ vị trí hiện tại của tàu (vị trí GPS) đến điểm chuyển hướng (WPT) tiếp theo. Phương trình đường đi thực tế của tàu HTT được xác lập trong hệ tọa độ vuông góc Descartes: $ax + by + c = 0$. Khoảng cách tới điểm nguy hiểm hàng hải gần nhất D_3 đối với mục tiêu T_i (x_i , y_i) được xác định theo công thức:

$$D_3 = \frac{|ax_i + by_i + c|}{\sqrt{(a^2 + b^2)}} \quad (3.1)$$

Vị trí tàu hiện tại là F_i (x, y), tính toán khoảng cách D từ tàu đến điểm nguy hiểm hàng hải T_i (x_i , y_i) được thực hiện bởi hàm Euclid:

$$D = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \quad (3.2)$$

Sơ đồ khối xây dựng thiết bị cảnh báo nguy cơ mắc cạn như sau:



Hình 3.2: Sơ đồ khối thiết bị cảnh báo nguy hiểm

Tín hiệu GPS được cài đặt vào COMPUTER qua bảng mạch nhận tín hiệu GPS VK-162. Tín hiệu từ ECDIS (Bộ dữ liệu vị tí các điểm nguy hiểm hàng hải, vị trí các điểm chuyển hướng, tuyến hàng hải dự tính) được cài đặt vào COMPUTER thông qua cáp chuyển đổi USB TO COM RS232 TTL UART HL-340 CH340 PLC.

Qui trình cảnh báo nguy hiểm:

- Mức 1: Cảnh báo sớm khi: $D < D_1$
- Mức 2: Cảnh báo nguy hiểm khi : $D < D_1$ và $D_3 < D_1$
- Mức 3: Cảnh báo khẩn cấp khi : $D < D_2$ và $D_1 < D_1$

Phương thức cảnh báo:

- Cảnh báo trên máy tính: hình ảnh + âm thanh
- Cảnh báo trên điện thoại: hình ảnh + âm thanh

Tùy thuộc vào điều kiện thực tế, phương thức cảnh báo trên máy tính, điện thoại hoặc thiết bị khác được thiết kế phù hợp, có tác động hiệu quả đến thị giác, thính giác của sĩ quan trực ca. Hệ thống cảnh báo nguy cơ mắc cạn thực hiện trên cơ sở kiểm tra chéo vị trí theo thời gian thực với vị trí của các điểm nguy hiểm hàng hải trong khu vực dẫn tàu. Trên cơ sở các cảnh báo nhận được, sĩ quan trực ca sẽ tiếp tục kiểm tra chéo vị trí tàu bằng các phương pháp có độ tin cậy cao theo hướng dẫn của IMO như: Xác định bằng hướng ngắm; sử dụng phương vị và khoảng cách radar; đường vị trí giới hạn…

4. KẾT LUẬN

Nhóm tác giả đã xây dựng được cơ sở lý thuyết và đề xuất chương trình kiểm tra chéo vị trí tàu trên ECDIS. Trong điều kiện và phạm vi nghiên cứu hạn chế, chương trình được thiết lập chưa có đầy đủ các khảo sát thực tế và tham khảo nhiều ý kiến chuyên gia hàng hải. Trong thời gian tới, nhóm tác giả sẽ tiếp tục nghiên cứu xây dựng cho một loại tàu cụ thể, chạy chuyên tuyến và tiến hành thử nghiệm độ tin cậy, tính hiệu quả của chương trình.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.02.

Tài liệu tham khảo

[1]. Nguyễn Thái Dương, Nguyễn Đình Hải (7/2023), Đánh giá độ chính xác của vị trí tàu xác định bằng máy thu GPS khi sử dụng các chế độ 2D và 3D trên vùng biển Hải Phòng, Tạp chí GTVT.

[2]. Tiếu Văn Kinh (2015), *Từ hải đồ giấy đến hải đồ điện tử*, NXB. GTVT.

[3]. Marine Accident Investigation Branch - MAIB (*3/2020*), *Report on the investgation of the grounding of general cargo vessel Kaami on Sgeir Graidach, the Little Minch*.

[4]. Cảng vụ Bình Thuận (8/2023), *Báo cáo điều tra tai nạn hàng hải tàu Nemrut Bay, Quốc tịch Panama, bị mắc cạn trên vùng biển tỉnh Bình Thuận*.

[5]. IMO Resolution A. 529 (13) (5/1983), *Accuracy standards for navigation*.

Ngày nhận bài: 20/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 11/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Ứng dụng machine learning trong nhận diện và phân loại quả cam sành

■ **ThS. NGUYỄN ĐÌNH KHIÊM[(1)]; PGS. TS. HOÀNG MẠNH CƯỜNG[(2)]**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: [(1)]khiemnd.vck@vimaru.edu.vn; [(2)]cuonghm@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Trong bài báo này, nhóm tác giả nghiên cứu ứng dụng machine learning trong nhận diện và phân loại quả cam sành. Đầu tiên, nhóm tác giả xây dựng mô hình machine learning có khả năng nhận diện và phân loại quả cam sành. Mô hình machine learning này được "học" từ mô hình phát hiện đối tượng YOLOv8 với dữ liệu đầu vào là ảnh quả cam sành. Việc xây dựng mô hình machine learning được thực hiện trên Google colab. Sau đó, mô hình machine learning lại được sử dụng trên bo mạch raspberry để có thể phân loại được quả cam sành đủ tiêu chuẩn hay chưa đủ tiêu chuẩn.

TỪ KHÓA: Python, học máy, YOLOv8.

ABSTRACT: In this article, the authors research the application of machine learning in identifying and classifying oranges. First, the authors built a machine learning model capable of identifying and classifying oranges. This machine learning model is "learned" from the YOLOv8 object detection model with input data being images of oranges. The machine learning model was built on Google Colab. Then the machine learning model is used on an raspberry board to be able to classify the orange as qualified or unqualified.

KEYWORDS: Python, machine learning, YOLOv8.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Machine Learning là một lĩnh vực của trí tuệ nhân tạo liên quan đến việc nghiên cứu và xây dựng các kĩ thuật cho phép các hệ thống "học" tự động từ dữ liệu để giải quyết những vấn đề cụ thể [7]. Một vài năm gần đây, trí tuệ nhân tạo nói chung và machine learning nói riêng đã và đang được ứng dụng ngày càng nhiều trong đời sống con người. Đặc biệt, có khả năng dự đoán (dự đoán giá cả vật liệu, dự toán nhu cầu sử dụng, kết quả trận đấu…) và nhận diện (nhận diện chữ viết, nhận diện biển báo, nhận diện vật thể…) [2]. Trong bài báo này, chúng tôi nghiên cứu ứng dụng Machine learning trong nhận diện và phân loại quả cam sành - một loại nông sản khá phổ biến ở Việt Nam. Việc nhận diện được tiến hành bằng cách cho mô hình phát hiện đối tượng Yolov8 "học" với dữ liệu là ảnh các quả cam sành đạt tiêu chuẩn và không đạt tiêu chuẩn. Dữ liệu này được thu thập từ nhiều nguồn, có thể từ Internet hoặc sử dụng điện thoại để chụp ảnh hoặc sử dụng camera pi để chụp ảnh. Việc chụp ảnh cũng được tiến hành với các điều kiện khác nhau, có thể là ban ngày với ánh sáng tự nhiên hoặc ban đêm với ánh sáng từ bóng điện và với khoảng cách khác nhau. Đồng thời, một quả cam cũng được chụp với các góc độ khác nhau. Chính vì thế, dữ liệu là khá đa dạng nhằm tăng độ chính xác khi dự đoán của mô hình. Bước tiếp theo là gán nhãn cho tất cả các ảnh thu được để làm dữ liệu. Để cho mô hình Yolov8 "học" cần có GPU (Graphic Proccessing Unit, là một vi mạch chuyên dụng được thiết kế để thao tác và truy cập bộ nhớ đồ họa một cách nhanh chóng), do đó nhóm tác sử dụng GPU có sẵn trên Google Colab để huấn luyện.

Mô hình sau khi được huấn luyện trên môi trường Google Colab lại được nhúng vào board raspberry pi 4 - một chiếc máy tính nhỏ, rẻ tiền, có thể lập trình. Một chiếc camera được kết nối với board raspberry để chụp ảnh các quả cam sành trên băng chuyền và gửi dữ liệu về board raspberry. Ngôn ngữ Python được sử dụng để đưa ảnh thu được từ camera pi vào mô hình machine learning đã huấn luyện và có khả năng nhận biết hình ảnh những quả cam sành không đạt tiêu chuẩn. Dựa vào nhãn của những quả cam sành không đạt tiêu chuẩn, board raspberry sẽ điều khiển động cơ servo để loại bỏ quả cam đó ra khỏi băng chuyền.

2. XÂY DỰNG MÔ HÌNH NHẬN DIỆN CAM SÀNH TRÊN GOOGLE COLAB

2.1. Google Colab

Google Colab là một sản phẩm từ Google Research, cho phép bất kỳ ai viết và thực hiện ngôn ngữ Python tùy ý thông qua trình duyệt mà không yêu cầu việc cài đặt phần mềm hay cấu hình máy tính. Google Colab hỗ trợ đa dạng tiện ích, đặc biệt phù hợp với các dự án liên quan đến machine learning, phân tích dữ liệu và giáo dục. Ngoài ra, Google Colab có thể tích hợp một cách thuận tiện với Google Drive, nghĩa là chúng ta có thể truy cập và làm việc trên các tệp tài liệu trong Google Drive ngay từ Google Colab và ngược lại.

2.2. Mô hình phát hiện đối tượng Yolov8

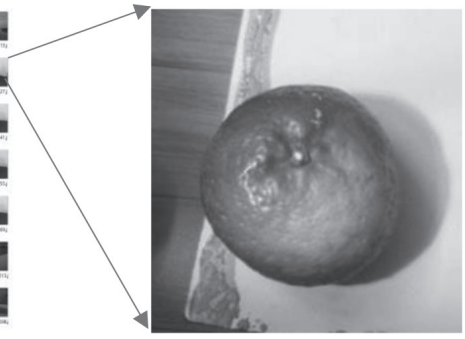
YOLO (You Only Look Once) là mô hình phát hiện đối tượng phổ biến được biết đến với tốc độ nhanh và độ chính xác cao. Mô hình này lần đầu tiên được giới thiệu bởi Joseph Redmon và cộng sự [1]. Sau đó, đã có nhiều phiên bản của YOLO được giới thiệu, mỗi phiên bản được xây dựng để cải tiến phiên bản tiền nhiệm, một trong những phiên bản gần đây nhất là Yolov9. Đầu vào của mô hình Yolo là một ảnh, mô hình sẽ nhận dạng ảnh đó có đối tượng nào hay không, sau đó sẽ xác định tọa độ của đối tượng trong ảnh.

Mô hình Yolov8 được sử dụng để xây dựng mô hình nhận diện cam sành với tập dữ liệu về ảnh cam sành trên môi trường Google Colab.

2.3. Xây dựng dữ liệu huấn luyện

Tập dữ liệu ảnh cam sành được dùng để huấn luyện như *Hình 2.1a* và *Hình 2.2a*.

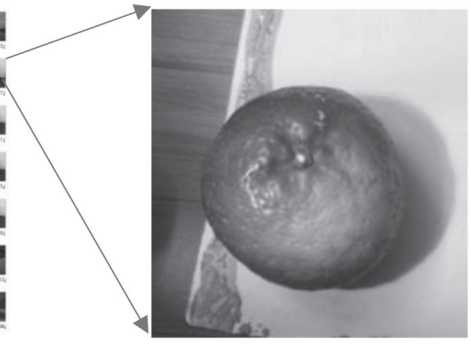
Hình 2.1a: Tập ảnh cam không đạt tiêu chuẩn



Hình 2.1b: Hình ảnh một quả cam không đạt tiêu chuẩn

Quả cam sành không đạt tiêu chuẩn *(Hình 2.1a)* là những quả cam đã xuất hiện màu vàng.

Hình 2.2a: Tập ảnh cam sành đạt tiêu chuẩn



Hình 2.2b: Hình ảnh một quả cam đạt tiêu chuẩn

Quả cam sành đạt tiêu chuẩn *(Hình 2.2a)* là những quả cam chưa xuất hiện màu vàng.

Toàn bộ ảnh đã thu thập được chia thành hai tập: Tập dữ liệu "train" - dùng để huấn luyện trong quá trình máy học (khoảng 80% ảnh) và tập dữ liệu "val" - dùng để kiểm thử độ chính xác của mô hình máy học trong quá trình huấn luyện (khoảng 20% ảnh). Với tập "train" mô hình Yolov8 sẽ "nhìn" và "học" các ảnh từ tập này. Còn tập "val" được sử dụng để tinh chỉnh các siêu tham số của mô hình. Mô hình được huấn luyện thỉnh thoảng nhìn thấy dữ liệu ở tập "val" nhưng không bao giờ "học" từ dữ liệu này [8].

Dữ liệu ảnh được gán nhãn cho những quả cam sành đạt tiêu chuẩn là camsanhok và những quả cam sành không đạt tiêu chuẩn là camsanhnook.

2.4. Xây dựng mô hình

Ảnh cam sành đã được gán nhãn sẽ được xuất sang dạng dữ liệu phù hợp để huấn luyện mô hình. Quá trình huấn luyện diễn ra trên Google Colab, trải qua các bước sau:

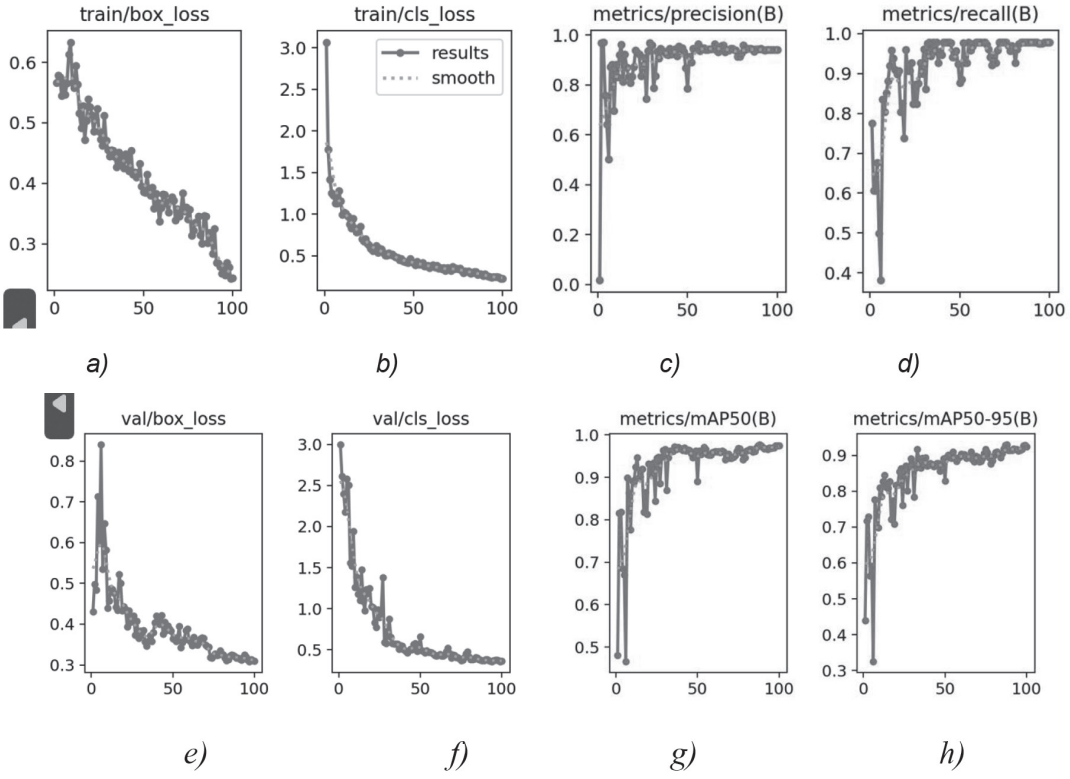
Bước 1: Tải dữ liệu huấn luyện lên Google Drive và tạo liên kết dữ liệu giữa Google Drive và Google Colab.

Bước 2: Cài đặt Yolov8 trên Google Colab.

Bước 3: Huấn luyện mô hình nhận diện và phân loại cam sành.

Việc huấn luyện được thực hiện qua các vòng lặp cho đến khi các hàm box_loss (hàm đo lường lỗi trong việc dự đoán tọa độ của các hộp giới hạn) và cls_loss (hàm định lượng lỗi trong việc dự đoán lớp đối tượng cho mỗi hộp giới hạn) ít thay đổi. Điều này có nghĩa là sai số trong việc nhận diện vị trí quả cam sành và sai số trong việc nhận diện quả cam sành đạt tiêu chuẩn hay không đạt tiêu chuẩn thay đổi không đáng kể thì dừng huấn luyện. Ở đây, sau 100 vòng lặp thì quá trình huấn

luyện kết thúc, mô hình tốt nhất trong các vòng lặp sẽ được lưu lại. Đây cũng là mô hình được sử dụng để nhận diện và phân loại cam sành. Đồng thời, ta cũng thu được các đồ thị của quá trình huấn luyện như ở *Hình 2.3*.



Hình 2.3: Các đồ thị của quá trình huấn luyện

Các đồ thị ở *Hình 2.3* cho biết các thông số đánh giá mô hình đã xây dựng [1], cụ thể là:

- Metrics/precision(B) *(Hình 2.3c)*, còn gọi là độ tin cậy, là tỷ lệ giữa số lượng các dự đoán đúng thuộc vào một lớp cụ thể và tổng số dự đoán thuộc vào lớp đó.

- Metrics/recall(B)) *(Hình 2.3d)*, còn gọi là độ nhạy, là tỷ lệ giữa số lượng các dự đoán đúng thuộc vào một lớp cụ thể và tổng số mẫu thật sự thuộc vào lớp đó.

- Metrics/mAP50(B) ở *Hình 2.3g*, là độ chính xác trung bình được tính ở ngưỡng giao nhau trên hợp nhau (IoU) là 0,50. IoU là thước đo định lượng sự chồng chéo giữa hộp giới hạn dự đoán (predicted bounding box) và hộp giới hạn sự thật mặt đất (ground-truth bounding box).

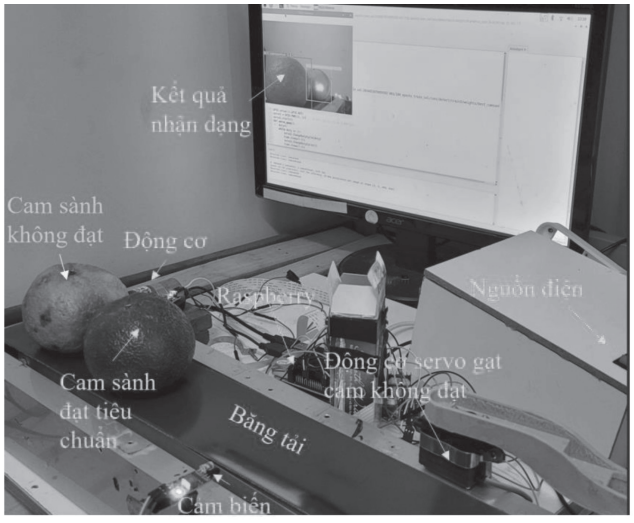
- Metrics/mAP50-95(B) trong *Hình 2.3h*, là trung bình của độ chính xác trung bình được tính ở các ngưỡng IoU khác nhau, dao động từ 0,50 đến 0,95.

Từ các đồ thị này cho thấy mô hình đã xây dựng tương đối tốt. Điều này thể hiện qua giá trị của các thành phần tiêu biểu của hàm tổn thất box_loss *(Hình 2.3a)*, cls_loss *(Hình 2.3b)*, ở tập "train" và box_loss *(Hình 2.4e)*, cls_loss *(Hình 2.3f)*, ở tập "val" đều giảm dần sau 100 vòng lặp. Đồng thời, độ tin cậy (metrics/precision(B)) ở *Hình 2.3c* và độ nhạy (metrics/recall(B)) ở *Hình 2.3d* đều tăng và cao. Ngoài ra, các thông số về mAP50(B) và mAP50-90(B) cũng tăng và gần bằng 1, điều này có nghĩa dự đoán của mô hình và vị trí thực tế của các vật thể trên ảnh là gần giống nhau.

3. THỰC NGHIỆM VÀ ĐÁNH GIÁ

3.1. Xây dựng mô hình thực nghiệm nhận diện và phân loại quả cam sành

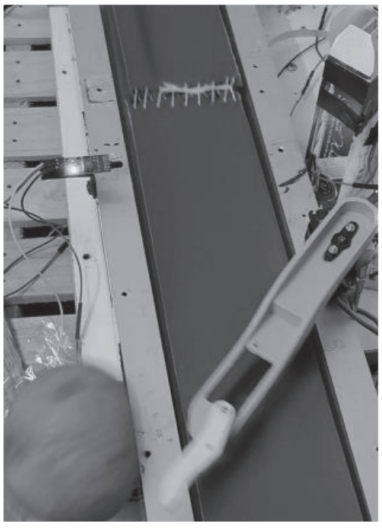
Mô hình nhận diện phân loại cam sành bao gồm các bộ phận chính sau: Board Raspberry được kết nối với mô-đun camera, băng tải, động cơ chạy băng tải, động cơ servo và cảm biến và nguồn cấp điện như ở *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Mô hình nhận diện và phân loại cam sành

Mô-đun camera sẽ gửi hình ảnh về các quả cam sành đang chạy trên băng tải về board Raspberry. Mô hình nhận diện cam sành đã xây dựng trên Google Colab được nhúng

vào board Raspberry sẽ nhận diện các hình ảnh thu được từ camera. Dựa trên việc so sánh các nhãn của các ảnh cam sành thu được, board Raspberry sẽ tiến hành điều khiển động cơ servo gạt cam không đạt tiêu chuẩn ra khỏi băng chuyền *(Hình 3.2a)*. Một cảm biến phát hiện vật được sử dụng để nhận biết vị trí quả cam trên băng chuyền, để quyết định thời điểm gạt cam sành không đạt tiêu chuẩn. Đối với những quả cam sành đạt tiêu chuẩn sẽ không bị gạt và di chuyển tới cuối băng chuyền *(Hình 3.2b)*.

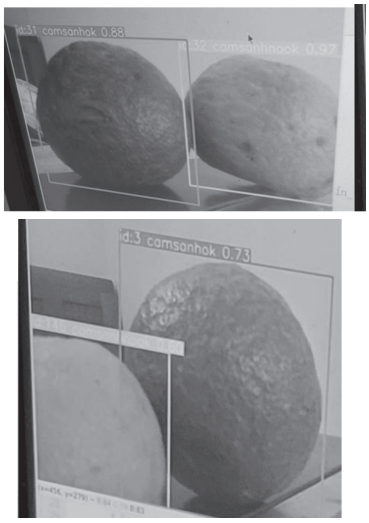


Hình 3.2a: Động cơ servo gạt cam không đạt

Hình 3.2b: Cam tiêu chuẩn không bị gạt

3.2. Đánh giá kết quả

Trong phần thực nghiệm này, tác giả cho mô hình nhận diện cam sành hoạt động và đánh giá sai số. Kết quả cho thấy mô hình nhận diện được rất tốt nếu dữ liệu đầu vào là ảnh của các quả cam sành vì ảnh này khá giống với tập dữ liệu huấn luyện. Tuy nhiên, nếu ảnh cam sành đến từ video thì việc nhận diện chưa chính xác. Nguyên nhân dẫn đến hạn chế này do mô-đun camera dễ bị ảnh hưởng bởi điều kiện ánh sáng, tốc độ xử lý của bo mạch raspberry chưa cao. Một số hình ảnh về độ tin cậy khi nhận diện được minh họa ở *Hình 3.3*.



Hình 3.3: Hình ảnh về độ tin cậy khi nhận diện của mô hình

Độ tin cậy khi nhận diện cam sành đạt tiêu chuẩn có thể đạt tới 88%, còn cam sành không đạt tiêu chuẩn có thể đạt tới 97% như ở *Hình 3.3*.

4. KẾT LUẬN

Bài báo này ứng dụng Machine learning trong nhận diện và phân loại quả cam sành trong thời gian thực. Các kết quả đạt được bao gồm: Xây dựng được mô hình nhận diện quả cam trên Google Colab cùng với các đồ thị đánh giá hiệu suất của mô hình; mô hình thực tế phân loại quả cam sành đạt tiêu chuẩn sử dụng bo mạch raspberry. Việc phân loại cam chủ yếu dựa vào màu sắc, nếu xuất hiện màu vàng ở vỏ ngoài quả cam thì đó là cam không đạt tiêu chuẩn và sẽ bị loại khỏi băng chuyền.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.31.

Tài liệu tham khảo

[1]. *https://docs.ultralytics.com/*.

[2]. Jiheng Liu, Zwmin Zhou, Xinwu Zeng (2019), *Research on Multi-Static Active Sonar Taget Recognition Based on Machine Learning*, IEEE.

[3]. Panos Louridas, Christof Ebert (2016), *Machine Learning*, IEEE Sortware.

[4]. *https://www.raspberrypi.com/*.

[5]. *https://www.miai.vn/*.

[6]. Vũ Hữu Tiệp (2020), *Machine learning cơ bản*.

[7]. Đỗ Bá Quang Huy, Trần Quang Huy, Đinh Văn Lực, Trần Thủy Văn (2023), *Ứng dụng machine learning trong nhận diện hình ảnh quả dâu tây*, Tạp chí Khoa học công nghệ.

[8]. *https://towardsdatascience.com/*.

[9]. *http://tutorials.aiclub.cs.uit.edu.vn*.

Ngày nhận bài: 19/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 10/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 02/5/2024

Nghiên cứu áp dụng logic mờ để đánh giá nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu

■ **TS. LƯƠNG TÚ NAM(*); TS. NGUYỄN XUÂN LONG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)luongtunam@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Khi xảy ra đâm va giữa tàu với các công trình cố định như cầu ảnh hưởng rất lớn đến an toàn, kinh tế cũng như môi trường. Nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu cần được đánh giá bằng các mô hình tiên tiến để có các biện pháp nhằm phòng ngừa đâm va cũng như bảo vệ cầu hiệu quả. Trong bài báo này, một mô hình cảnh báo nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu dựa trên logic mờ từ góc độ hành vi của tàu sử dụng dữ liệu từ AIS đã được đề xuất. Mô hình xác định các yếu tố rủi ro một cách toàn diện như độ sâu, hướng đi, vận tốc của tàu, từ đó thiết lập các tập hợp mờ để xác định nguy cơ đâm va. Để xác minh tính hiệu quả của mô hình đề xuất, dữ liệu AIS của tàu khi tiếp cận cầu đã được sử dụng để tiến hành thử nghiệm. Kết quả cho thấy mô hình đề xuất có thể dự đoán nguy cơ đâm va với độ chính xác cao khi tàu đi qua dưới cầu.

TỪ KHÓA: Mức độ nguy hiểm, nguy cơ đâm va, giao thông hàng hải, phân tích rủi ro, an toàn hàng hải.

ABSTRACT: A collision between a ship and a fixed structure such as a bridge greatly affects safety, economics, and the environment. The risk of collision between ships and bridges needs to be assessed using advanced models to take measures to prevent collisions and effectively protect bridges. This paper proposes a collision risk warning model between ships and bridges based on fuzzy logic from the perspective of ship behavior using data from AIS. The model comprehensively determines risk factors such as the ship's depth, direction, and speed, thereby establishing fuzzy sets to determine the risk of collision. To verify the effectiveness of the proposed model, AIS data in the area surrounding the bridge was used to conduct experiments. The results show that the proposed model can accurately predict collision risk when ships pass under the bridge.

KEYWORDS: Risk level, traffic analysis, collision risk, maritime traffic, risk analysis, maritime safety.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Những cây cầu vượt sông, vượt biển đã đóng một vai trò không thể thiếu trong sự phát triển kinh tế, tạo điều kiện thuận lợi cho giao thông và thúc đẩy phát triển kinh tế khu vực. Tuy nhiên, sự xuất hiện của các cây cầu cũng đã trở thành chướng ngại vật nhân tạo trên luồng, cản trở phần nào việc vận chuyển đường thủy ở các mức độ khác nhau, đồng thời cũng dẫn đến khả năng xảy ra đâm va giữa tàu và cầu. Trên thế giới đã xảy ra nhiều vụ tai nạn đâm va như vậy, gây thương vong và thiệt hại tài sản rất lớn và gây ô nhiễm môi trường. Với số lượng tàu ngày càng tăng lên hàng năm, tàu ngày càng lớn hơn, trọng tải tàu và tốc độ tàu ngày càng tăng, việc phân tích, nghiên cứu các yếu tố dẫn đến đâm va làm cơ sở cho quá trình đánh giá an toàn và đưa ra các biện pháp để phòng ngừa, giảm thiểu nguy cơ và cảnh báo nguy cơ đâm va, va chạm giữa tàu và cầu là đặc biệt quan trọng.

Việc cảnh báo sớm để chủ động tránh va giữa tàu và cầu chủ yếu thông qua Hệ thống quản lý giao thông tàu biển (VTS) tích hợp hệ thống camera giám sát, sử dụng hệ thống nhận dạng tự động (AIS) [1] để phát hiện mục tiêu và cảnh báo các khả năng có thể xảy ra đâm va. Mặc dù vậy, trong quá trình thực hiện xảy ra một số cảnh báo sai hoặc chưa đầy đủ, điều này đã hạn chế việc đảm bảo ATGT hàng hải.

Để giải quyết vấn đề này, các nhà nghiên cứu đã tiến hành nhiều nghiên cứu về rủi ro đâm va giữa tàu và cầu. Zhang và cộng sự đã phân tích quá trình va chạm của tàu và cầu để phân tích các ảnh hưởng đến an toàn vận hành của tàu đang di chuyển [2]. Zhu và cộng sự đề xuất một phương pháp tiếp cận dựa trên rủi ro để bảo trì tối ưu các cây cầu dưới tải trọng giao thông [3]. Những nghiên cứu này tập trung vào việc giảm thiểu hậu quả hoặc phân tích các yếu tố nhân quả và rất ít nghiên cứu tập trung vào việc tránh va giữa tàu và cầu. Bằng cách phân tích các vụ tai nạn trong quá khứ, các nhà nghiên cứu có thể xác định các yếu tố rủi ro đâm va giữa tàu và cầu, sau đó sử dụng chúng

để dự đoán nguy cơ đâm va [4, 5]. Kích thước tàu đã được xem xét đến, tuy nhiên, kết quả tính toán chưa đủ chính xác vì còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau. Các mô hình toán học để dự đoán tần suất xảy ra đâm va là bước quan trọng để đánh giá rủi ro đối với va chạm. Dựa trên cơ chế xảy ra đâm va giữa tàu và cầu, Kunz [6] đã nghiên cứu quỹ đạo đi sai hướng của tàu đi sai hướng và xác suất sẽ xảy ra đâm va, từ đó đưa ra phương pháp và quy trình phân tích rủi ro. Việc áp dụng dữ liệu AIS giúp điều tra hành vi thực tế và chính xác của các tàu có liên quan đến đâm va. Hansen và cộng sự [7] đã thực hiện các nghiên cứu về nguy cơ đâm va cho các thiết kế cầu khác nhau cho eo biển Sognejorden, chứng minh rằng việc sử dụng dữ liệu AIS là cơ sở vững chắc để thiết lập mô hình rủi ro đánh giá nguy cơ và tần suất đâm va.

Với mục đích giảm nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu, nghiên cứu này đề xuất mô hình đánh giá và cảnh báo từ góc độ hành vi của tàu, trong đó sử dụng dữ liệu AIS từ các tàu áp dụng logic mờ để mô hình hóa các yếu tố, từ đó tính toán chỉ số rủi ro để hỗ trợ hành động tránh va.

2. XỬ LÝ DỮ LIỆU AIS

AIS tàu đã đóng vai trò quan trọng trong lĩnh vực ATGT hàng hải như hỗ trợ điều động tàu, kiểm soát luồng giao thông đường thủy, quy hoạch luồng tàu… Việc phân tích dữ liệu AIS của tàu sẽ phản ánh trung thực các thông tin cơ bản của tàu giúp kết quả tính toán trở nên đáng tin cậy hơn.

Các thông tin AIS được chọn để phân tích thống kê được trình bày trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Dữ liệu AIS sử dụng để nghiên cứu hành vi tàu

Thông tin	Loại dữ liệu	Ví dụ
MMSI	VARCHAR	412.108.584
TIME	DATE	2023-12-20 09:11:26
LON(E)	DOUBLE	106,7650
LAT(N)	DOUBLE	20,8461
SOG (Kn)	DOUBLE	8,20
COG (°)	DOUBLE	285,45
LENGTH	DOUBLE	143,5

Trước khi phân tích dữ liệu để nghiên cứu hành vi của tàu, việc xử lý dữ liệu phải được thực hiện để loại bỏ nhiễu. Nguyên tắc loại bỏ nhiễu là sử dụng định luật vật lý cơ bản về chuyển động của tàu, ví dụ như tốc độ tàu. Sau khi có được dữ liệu AIS, việc xử lý dữ liệu được thực hiện theo ba bước để rút ra hành vi của tàu.

Bước đầu tiên là phân biệt hướng hành trình (tàu vào và ra). Điều này cần được phân biệt trước tiên vì tốc độ tàu có thể lợi dụng chênh lệch mực nước hoặc dòng chảy để tăng tốc độ tàu.

Bước thứ hai là xác định quỹ đạo của tàu trên tuyến luồng. Số nhận dạng MMSI được sử dụng để xác định hành trình cho các tàu khác nhau.

Bước thứ ba là phân biệt hành trình của tàu theo các mực nước khác. Luồng vận tải tại Hải Phòng là luồng một chiều, chiều rộng chỉ khoảng 80 m, độ sâu cũng hạn chế cho những tàu vận tải lớn. Việc tìm ra những mấu chốt sẽ giúp các tàu vận tải lớn qua lại tuyến luồng thuận lợi.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH CẢNH BÁO ĐÂM VA GIỮA TÀU VÀ CẦU ÁP DỤNG LOGIC MỜ

Logic mờ được sử dụng rộng rãi trong phân tích rủi ro và ra quyết định đối với vận tải hàng hải. Đầu tiên, logic mờ có thể xử lý tốt những thông tin không chắc chắn hoặc mơ hồ. Thông thường, có ba giai đoạn trong quá trình mô hình hóa sử dụng logic mờ. Cụ thể là làm mờ hóa các yếu tố rủi ro, suy luận mờ và giải mờ.

- Bước 1: Làm mờ các yếu tố có thể dẫn đến nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu. Việc đâm va giữa tàu và cầu bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố. Mức độ rủi ro của từng yếu tố được chia thành các giá trị "thấp", "trung bình", "cao" và "rất cao".

Có thể thấy rằng, khi đi cùng qua một cây cầu, tuy nhiên ở các tình huống khác nhau, với điều kiện khác nhau, thuyền trưởng sẽ điều động tàu với hướng và vận tốc khác nhau. Bằng phân tích dữ liệu AIS, các yếu tố dẫn đến nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu có thể tính đến như sau:

+ Độ sâu: Theo thống kê dữ liệu AIS, tốc độ của tàu thay đổi rất ít theo độ sâu do tàu hành trình với tốc độ an toàn theo yêu cầu của quy định và hướng dẫn của VTS.

+ Khoảng cách đến cầu: Khi tàu đến gần cầu sẽ không đủ thời gian để thực hiện các hành động tránh va.

+ Hướng hành trình: Hướng hành trình có thể gây ra sự khác nhau về hướng và tốc độ của tàu khi đi qua cùng một cây cầu.

+ Độ lệch so với chiều cao tĩnh không thông thuyền: Đây là yếu tố rủi ro chính dẫn đến va chạm tàu-cầu. Khi độ lệch này lớn thì khó có thể điều chỉnh hướng tàu, nhất là khi tàu ở gần cầu. Vì vậy, khả năng xảy ra va chạm giữa cầu tàu và cầu tàu là rất lớn. Hơn nữa, độ lệch này cũng thay đổi khi tàu ra hoặc vào luồng do lượng hàng hoặc thủy triều thay đổi. Trong nghiên cứu này, độ lệch 5 m được xác định có nguy cơ "trung bình" khi đi qua cầu; 1,2 lần độ lệch này có nguy cơ "thấp" và 0,8 lần chiều dài ày có nguy cơ rủi "cao".

+ Chiều dài tàu: Trong nghiên cứu này, chiều dài tàu 115 m được xác định có nguy cơ "trung bình" khi đi qua cầu; 0,8 lần chiều dài này có nguy cơ "thấp" và 1,2 lần chiều dài này có nguy cơ rủi ro "cao".

+ Khoảng cách đến cầu: Nếu tàu ở rất gần cầu, tàu sẽ không đủ thời gian để thực hiện các hành động tránh va. Hơn nữa, khi tàu đến gần cầu sẽ xuất hiện tương tác thủy động lực tạo thêm lực có thể dẫn đến tàu va chạm với trụ. Do đó, khoảng cách 0,9 nm được xác định là có mức độ rủi ro "trung bình" và 0,6 nm km được coi là rủi ro "cao".

+ Hướng tàu: Tàu phải giữ hướng không được lệch quá nhiều so với tim luồng khi đi qua gầm cầu. Khi đi từ đầu luồng vào, hướng 268^0 được xác định là có mức độ rủi ro "thấp". Tương tự, hướng 110^0 có mức độ rủi ro "thấp" cho tàu đi ra.

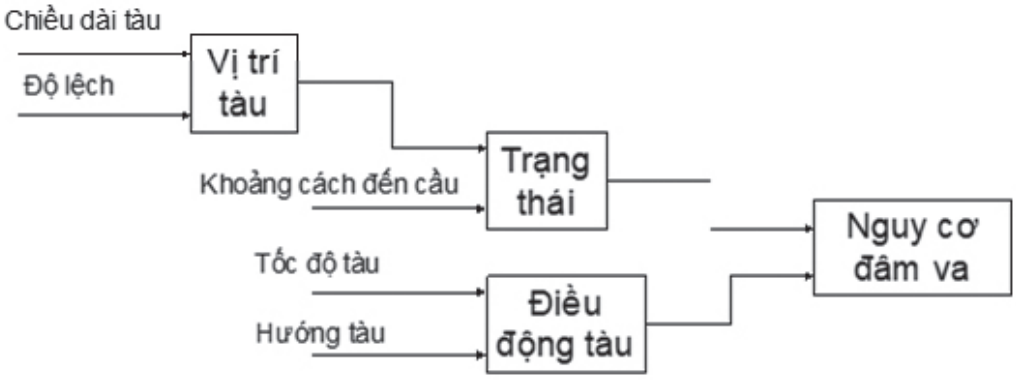
+ Tốc độ: Theo thống kê từ dữ liệu AIS, phần lớn tốc độ tàu khi đi qua cầu nằm trong khoảng từ 6 - 8 kn. Nghiên cứu này xác định tốc độ 7 kn được coi là có mức độ rủi ro "trung bình" khi đi qua cầu.

Mức độ rủi ro của các yếu yếu tố dẫn đến nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu được mô tả trong *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Mức độ rủi ro của các yếu yếu tố dẫn đến nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu

Yếu tố	Thấp	Trung bình	Cao	Rất cao
Chiều dài tàu (m)	(74;92;115)	(92;115;138)	(115;138;166)	-
Độ lệch so với chiều cao tĩnh không thông thuyền (m)	(5;6;7,2)	(4;5;6)	(3,2;4;5)	(2,6;3,2;4)
Khoảng cách đến cầu (nm)	(1,5;1,2;0,9)	(1,2;0,9;0,6)	(0,9;0,6;0,3)	(0,6;0,3;0)
Hướng tàu đi vào (^{0})	268	266 hoặc 270	264 hoặc 272	262 hoặc 274
Hướng tàu đi ra (^{0})	110	108 hoặc 112	106 hoặc 114	104 hoặc 116
Tốc độ (kn)	(5;6;7)	(6;7;8)	(7;8;9)	(8;9;10)

- Bước 2 bao gồm thiết lập các luật mờ, hộp logic mờ và cơ chế suy luận mờ. Cơ sở quy tắc mờ được thiết lập bằng cách sử dụng lược đồ IF-THEN và các hộp logic mờ được phát triển bằng cách xác định các biến đầu vào và đầu ra. Trong nghiên cứu này, hộp logic mờ một đầu ra nhiều đầu vào được giới thiệu. Kết quả của các hộp logic mờ được phát triển được thể hiện trên *Hình 3.1*. Cơ chế suy luận mờ dựa trên luật If - Then.



Hình 3.1: Thiết lập các hộp logic mờ

- Bước 3 là giải mờ các thuật ngữ ngôn ngữ, dựa vào đó có thể thu được các giá trị số của nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu. Sau khi thiết lập được cơ sở luật mờ, cần phát triển bộ suy luận mờ để xây dựng mối quan hệ giữa các biến đầu vào và đầu ra. Trong nghiên cứu này, phương pháp suy luận mờ Min-Max được áp dụng để rút ra các giá trị chính xác của nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu.

4. MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ

Một tàu có chiều dài 102 m đi qua cầu Hoàng Văn Thụ theo hướng từ đầu luồng vào như trên *Hình 4.1*. Trong quá trình tàu hành trình có 5 điểm được sử dụng để đánh giá nguy cơ đâm va với cầu. Thông tin chi tiết về quá trình tàu đi qua được thể hiện trong *Bảng 4.1*. Từ các giá trị mô tả trong *Bảng 3.1*, có thể rút ra các giá trị mờ của các yếu tố dẫn đến nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu. Yếu tố chiều dài tàu thuộc mức độ rủi ro "thấp" với giá trị 0,8, có thể được tính bằng như sau: (110-102) / (102-92) = 0,8. Do đó, chiều dài tàu có thể được mô tả là (thấp, 0,8). Tương tự như vậy, giá trị của các yếu tố khác có thể được suy ra như *Bảng 4.2*.

Khi tàu đến gần cầu, khoảng cách đến cầu giảm (giá trị mức độ rủi ro cao), tàu đã điều động để tránh va với cầu (tốc độ và hướng thay đổi dẫn đến giá trị mức độ rủi ro của các yếu tố này giảm dần). Giá trị rủi ro của độ lệch so với chiều cao tĩnh không thông thuyền cũng được giảm xuống mức rủi ro thấp. Điều này xác nhận tàu đã qua cầu thành công. Tuy nhiên, để có được sự đánh giá toàn diện hơn, việc suy luận mờ tiếp tục được thực hiện sau suy luận mờ.

Nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu được suy ra bằng cách sử dụng phương pháp tiếp cận kiểu Mamdani. Cụ thể, phương pháp này sử dụng quy tắc tổ hợp Min-Max. Cuối cùng, việc giải mờ được thực hiện bằng phương pháp trọng tâm, kết quả được trình bày trong *Bảng 4.3*.

Hình 4.1: Tàu hành trình qua cầu Hoàng Văn Thụ

Bảng 4.1. Hành trình tàu tại các điểm đánh giá

STT	Khoảng cách đến cầu (nm)	Tốc độ (kn)	Hướng	Độ lệch (m)
1	1,4	9	258	6,5
2	1,08	8,6	260	6,2
3	0, 77	7,7	263	6
4	0,46	6,8	266	6
5	0,15	6,8	268	6,3

Bảng 4.2. Mức độ rủi ro của các yếu tố

STT	Khoảng cách đến cầu	Tốc độ	Hướng	Độ lệch
1	Thấp; 0,5	Cao; 1.0	Rất cao	Trung bình
2	Trung bình; 0,67	Trung bình; 0,67	Rất cao	Trung bình
3	Trung bình; 0,76	Trung bình; 0,43	Cao	Trung bình
4	Cao; 0,875	Thấp; 0,25	Trung bình	Thấp
5	Cao; 1,0	Thấp; 0,25	Thấp	Thấp

Bảng 4.3. Giá trị các hộp logic mờ

STT	Vị trí tàu	Trạng thái	Điều động tàu	Nguy cơ đâm va
1	0,667	0,334	0,617	0,667
2	0,563	0,552	0,515	0,541
3	0,409	0,426	0,422	0,463
4	0,325	0,333	0,422	0,463
5	0,212	0,333	0,218	0,333

Nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu giảm dần trong toàn bộ quá trình đi qua cầu. Tuy nhiên, lưu ý rằng nguy cơ va chạm cao từ điểm 1 và 2, vì tàu cần có các hành động để tránh va từ xa trước khi đến gần cầu. Nguy cơ đâm va nếu chỉ giảm xuống mức vừa phải khi tàu ở rất gần cầu, điều này sẽ không thể chấp nhận được vì tàu sẽ không còn đủ thời gian để có hành động kịp thời. Do đó, mô hình đề xuất không chỉ có thể dự đoán nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu với độ chính xác cao mà còn được sử dụng để cải thiện khả năng điều động tàu khi đi qua cầu.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đề xuất mô hình đánh giá nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu dựa trên logic mờ từ góc độ hành vi của tàu. Mục đích của nghiên cứu là tìm ra một phương pháp dễ thực hiện và có thể phản ánh được các tình huống thực tế. Các yếu tố rủi ro có liên quan trực tiếp đến nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu được phân tích và làm mờ hóa. Sau đó, logic mờ nhằm tích hợp các yếu tố này để tính toán và đánh giá nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu theo thời gian thực. Kết quả cho thấy hiệu quả của mô hình trong việc cảnh báo nguy cơ đâm va giữa tàu và cầu, từ đó sỹ quan hàng hải có thể đưa ra các quyết định một cách nhanh chóng và hợp lý. Khi áp dụng mô hình cho các khu vực khác nhau, việc làm mờ các yếu tố rủi ro cần được sửa đổi vì hành vi của tàu đối với các cây cầu khác nhau là khác nhau.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.06.

Tài liệu tham khảo

[1]. Zhu, F., Liang, X., Zhang, Y., Gao, Z. (2010), *Research on the application of AIS in bridge collision avoidance*, In Ship Mooring Practice Research, the 5th Marine Ship Steering Committee: Shanghai, China, 171-173.

[2]. Zhang, W., Jin, X, Wang, J. (2014), *Numerical analysis of ship–bridge collision's influences on the running safety of moving rail train*, Ships and Offshore Structures, vol.9, no.5, 498-513.

[3]. Zhu, B., Frangopol, D.M. (2012), *Risk-based approach for optimum maintenance of bridges under traffic and earthquake loads*, Journal of Structural Engineering, vol.139, no.3, 422-434.

[4]. Huang, C., Hu, S., Gao, D., Xi, Y., Xuan, S., Peng, Y. (2013), *Design and implementation of dynamic risk assessment system for bridge ship collision*, Chin. J. Saf. Sci., 23, 120-126.

[5]. Zhong, J., Liu, M., Luo, C., Xie, C. (2018), *Ship bridge collision risk assessment based on combined weight fuzzy matter-element model*, J. Saf. Environ., 18, 423-428.

[6]. Kunz, C.U. (1998), *Ship bridge collision in river traffic, analysis and design practice*, Ship Collis. Anal., 13-21.

[7]. Hansen, M.G., Randrup-Thomsen, S., Askeland, T., Ask, M. (2013), *Bridge crossing at Sognefjorden-ship collision risk studies*, In Collision and Grounding of Ship and Offshore Structures, CRC Press/Taylor and Francis Group: London, UK, 9-17.

Ngày nhận bài: 20/2/2024
Ngày nhận bài sửa: 10/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 28/3/2024

Một số vấn đề về quản lý trật tự xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị thuộc thẩm quyền cấp quận

■ **PGS. TS. BÙI NGỌC TOÀN; TS. NGUYỄN THỊ HẬU**(*)
Trường Đại học Giao thông vận tải
■ **TS. HUỲNH THỊ YẾN THẢO**
Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh
■ **KS. HUỲNH THỊ LỆ HIỀN**
Phòng Quản lý đô thị, huyện Nhà Bè, TP. Hồ Chí Minh
Email: (*)nthau.qlda@utc.edu.vn

TÓM TẮT: Tình hình quản lý trật tự xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị tại các thành phố lớn còn nhiều bất cập, vi phạm trật tự xây dựng tràn lan. Một số địa phương, đặc biệt là cấp quận còn lúng túng, đùn đẩy, xử lý vi phạm không triệt để. Bài báo làm rõ nội dung, thực trạng và một số vấn đề đặt ra đối với quản lý trật tự xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị thuộc phạm vi quản lý cấp quận.

TỪ KHÓA: Trật tự xây dựng, nhà ở riêng lẻ, đô thị, cấp quận.

ABSTRACT: The management of urban individual housing construction order in major cities still faces many issues, violations of construction regulations are rampant. In some localities, particularly at the district level, there is confusion and a tendency to pass the buck, leading to ineffective handling of violations. The article clarifies the content, current situation, and raises several issues regarding the management of urban individual housing construction order within the jurisdiction of the district level.

KEYWORDS: Construction order, individual house, urban, district level.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hoạt động xây dựng nhà ở, đặc biệt là nhà ở riêng lẻ tại các đô thị lớn của Việt Nam như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh hiện nay đang diễn ra khá sôi động. Trật tự xây dựng nhà ở còn bị vi phạm nhiều. Nguyên nhân nằm trong công tác quản lý trật tự xây dựng. Trong quản lý nhà nước về xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị thì cấp quận có vai trò quan trọng vì đây là cấp có thẩm quyền cấp, thu hồi giấy phép xây dựng.

2. NỘI DUNG

2.1. Một số vấn đề chung về trật tự xây dựng và quản lý trật tự xây dựng nhà ở đô thị

2.1.1. Khái niệm, mục đích, yêu cầu đối với quản lý trật tự xây dựng

Trật tự xây dựng là sự tuân thủ của hoạt động xây dựng đối với các quy định của pháp luật về xây dựng.

Quản lý trật tự xây dựng là quá trình quản lý và kiểm soát hoạt động xây dựng trong một khu vực nhất định, bao gồm các hoạt động từ việc đăng ký xây dựng, cấp phép xây dựng đến thi công, nghiệm thu và bàn giao công trình.

Mục đích của quản lý trật tự xây dựng là đảm bảo tính an toàn, đúng quy trình, đảm bảo quyền lợi của các bên liên quan và đảm bảo sự phát triển bền vững của khu vực đó.

Quản lý trật tự xây dựng được thực hiện bởi các cơ quan quản lý nhà nước trong lĩnh vực xây dựng, bao gồm ban quản lý dự án, Sở Xây dựng, Cục Quản lý xây dựng, các đơn vị quản lý tài nguyên đất đai, an toàn lao động, bảo vệ môi trường và cộng đồng.

Việc quản lý trật tự xây dựng đòi hỏi sự hợp tác chặt chẽ giữa các cơ quan quản lý, chủ đầu tư, nhà thầu và các bên liên quan khác. Nó còn yêu cầu sự thực thi nghiêm ngặt các quy định pháp luật, bao gồm các quy định về xây dựng, an toàn lao động, bảo vệ môi trường, quy hoạch đô thị và các quy định khác liên quan đến hoạt động xây dựng.

2.1.2. Nội dung của quản lý trật tự xây dựng

Điều 56 Nghị định số 15/2021/NĐ-CP quy định về quản lý trật tự xây dựng như sau:

- Việc quản lý trật tự xây dựng phải được thực hiện từ khi tiếp nhận thông báo khởi công, khởi công xây dựng công trình cho đến khi công trình bàn giao đưa vào sử dụng nhằm phát hiện, ngăn chặn và xử lý kịp thời khi phát sinh vi phạm.

- Nội dung về quản lý trật tự xây dựng:

+ Đối với công trình được cấp giấy phép xây dựng: Việc quản lý trật tự xây dựng theo các nội dung của giấy phép xây dựng đã được cấp và quy định của pháp luật có liên quan;

+ Đối với công trình được miễn giấy phép xây dựng, nội dung quản lý trật tự xây dựng gồm: Kiểm tra sự đáp ứng các điều kiện về cấp giấy phép xây dựng đối với công trình thuộc đối tượng miễn giấy phép xây dựng, sự tuân thủ đối với quy hoạch xây dựng; kiểm tra sự phù hợp của việc xây dựng với các nội dung, thông số chủ yếu của thiết kế đã được thẩm định đối với trường hợp thiết kế xây dựng đã được cơ quan chuyên môn về xây dựng thẩm định.

- Khi phát hiện vi phạm, cơ quan có thẩm quyền quản lý trật tự xây dựng phải yêu cầu dừng thi công, xử lý theo thẩm quyền hoặc kiến nghị cấp có thẩm quyền xử lý vi phạm trật tự xây dựng theo quy định.

2.1.3. Quản lý trật tự xây dựng nhà ở đô thị

Nhà ở là nhu cầu cơ bản không thể thiếu của con người. Nó đóng góp vai trò quan trọng trong cuộc sống con người, đặc biệt trong cuộc sống ở các đô thị.

Nhà ở là loại công trình xây dựng phổ biến. Vì vậy, quản lý trật tự xây dựng nhà ở, đặc biệt là nhà ở đô thị là nội dung quan trọng trong công tác quản lý trật tự xây dựng.

Xây dựng nhà ở là một hoạt động rất được người dân, đặc biệt là các cư dân đô thị quan tâm. Đây là một hoạt động phức tạp, ẩn chứa nhiều rủi ro. Do đó, quản lý trật tự xây dựng nhà ở đô thị luôn là vấn đề "nóng" của xã hội.

2.2. Nội dung quản lý trật tự xây dựng nhà ở đô thị thuộc thẩm quyền cấp quận

Luật Xây dựng năm 2020 quy định trách nhiệm của UBND cấp huyện, cấp xã trong quản lý trật tự xây dựng như sau:

- Chịu trách nhiệm về quản lý trật tự xây dựng trên địa bàn theo phân cấp, ủy quyền của UBND cấp tỉnh;

- Tổ chức thực hiện việc theo dõi, kiểm tra, phát hiện, ngăn chặn và xử lý hoặc kiến nghị xử lý kịp thời khi phát sinh vi phạm trên địa bàn; thực hiện cưỡng chế công trình vi phạm trật tự xây dựng trên địa bàn theo quy định của pháp luật.

Các nội dung trên thường được triển khai như sau:

2.2.1. Quản lý xây dựng theo quy hoạch

Quản lý xây dựng theo quy hoạch là quá trình quản lý và giám sát các hoạt động xây dựng dựa trên quy hoạch xây dựng tại địa phương. Quy hoạch xây dựng là một tài liệu chi tiết về cách sắp xếp và phát triển các công trình xây dựng, kết cấu, đất đai và hệ thống hạ tầng trong một khu vực cụ thể. Quản lý theo quy hoạch xây dựng đảm bảo rằng các công trình xây dựng được thực hiện theo những nguyên tắc và tiêu chuẩn quy định trong quy hoạch, nhằm đảm bảo sự phát triển bền vững, an toàn và hài hòa của khu vực đó.

Quy hoạch xây dựng bao gồm 4 loại: Quy hoạch vùng, Quy hoạch đô thị, Quy hoạch khu chức năng đặc thù và Quy hoạch nông thôn. Trong đó, việc xây dựng nhà ở riêng lẻ chịu điều chỉnh trực tiếp của quy hoạch đô thị và quy hoạch nông thôn.

Đối với nhà ở riêng lẻ tại đô thị phải phù hợp với quy hoạch chi tiết xây dựng.

Quy hoạch chi tiết là việc phân chia và xác định chỉ tiêu sử dụng đất quy hoạch đô thị, yêu cầu quản lý kiến trúc, cảnh quan của từng lô đất; bố trí công trình hạ tầng kỹ thuật, công trình hạ tầng xã hội nhằm cụ thể hóa nội dung của quy hoạch phân khu hoặc quy hoạch chung.

2.2.2. Quản lý xây dựng theo giấy phép xây dựng, cấp và thu hồi giấy phép xây dựng

Quản lý xây dựng nhà ở theo giấy phép xây dựng liên quan đến quá trình quản lý, kiểm soát và giám sát việc xây dựng các công trình nhà ở dựa trên giấy phép xây dựng mà UBND cấp quận, huyện đã cấp cho các chủ đầu tư. Quá trình quản lý này nhằm đảm bảo việc xây dựng được thực hiện theo quy định và quy trình liên quan đến việc cấp giấy phép xây dựng, đảm bảo an toàn, chất lượng và tuân thủ các quy định pháp luật.

Trong trường hợp vi phạm giấy phép xây dựng có thể bị thu hồi. Điều này áp dụng trong các trường hợp khi giấy phép xây dựng được cấp không đúng quy định của pháp luật hoặc khi chủ đầu tư không khắc phục việc xây dựng sai với giấy phép xây dựng trong thời hạn ghi trong văn bản xử lý vi phạm theo yêu cầu của cơ quan quản lý nhà nước có thẩm quyền.

2.2.3. Xử lý vi phạm về xây dựng

Xử lý vi phạm về xây dựng là quá trình thực hiện các biện pháp quản lý và pháp lý đối với các hành vi vi phạm quy định và tiêu chuẩn xây dựng trong quá trình thực hiện các công trình xây dựng.

Các vi phạm thường gặp trong xây dựng nhà ở đô thị bao gồm: Xây dựng vi phạm quy hoạch; xây dựng không phép, sai phép; vi phạm về mật độ xây dựng; quá trình xây dựng không đảm bảo các điều kiện về an toàn lao động, vệ sinh môi trường; công trình xây dựng không đảm bảo các điều kiện về phòng cháy, chữa cháy, cứu nạn, cứu hộ.

Quá trình xử lý vi phạm xây dựng có thể bao gồm các biện pháp như hình thức xử phạt chính (phạt tiền); hình thức xử phạt bổ sung (đình chỉ thi công); biện pháp khắc phục hậu quả (phá dỡ công trình, phần công trình xây dựng vi phạm). Quá trình xử lý vi phạm do cơ quan có thẩm quyền xử lý vi phạm hành chính theo quy định của pháp luật. Mục tiêu chính của quá trình xử lý vi phạm là đảm bảo tính tuân thủ quy định pháp luật về xây dựng.

2.2.4. Tuyên truyền, phổ biến pháp luật về xây dựng

Tuyên truyền và phổ biến pháp luật về xây dựng là quá trình truyền đạt thông tin và kiến thức về các quy định và tiêu chuẩn liên quan đến lĩnh vực xây dựng tới cộng đồng dân cư, các nhà phát triển, chủ đầu tư và các bên liên quan khác. Mục tiêu chính của việc tuyên truyền và phổ biến pháp luật về xây dựng là nhằm đảm bảo sự hiểu biết và tuân thủ đúng quy định pháp luật về xây dựng.

Tuyên truyền và phổ biến pháp luật về xây dựng là một phần quan trọng của việc đảm bảo tính tuân thủ pháp luật trong hoạt động lĩnh vực xây dựng. Nó giúp đảm bảo rằng mọi người có đủ kiến thức để thực hiện các dự án, công trình xây dựng một cách hợp pháp và đáp ứng các tiêu chuẩn cần thiết.

Xây dựng nhà ở đô thị là lĩnh vực tương đối "nhạy cảm" và phức tạp, đòi hỏi công tác tuyên truyền về lĩnh vực xây dựng phải được thực hiện tốt để mọi người chấp hành thực hiện một cách tự nguyện, tạo ý thức chấp hành nghiêm pháp luật về xây dựng trong nhân dân. Tuy nhiên, để thực hiện tốt công tác này có hiệu quả thì đòi hỏi phải thường xuyên, liên tục và không ngừng được sáng tạo và đổi mới hình thức tuyên truyền cho phù hợp với từng đối tượng.

2.3. Thực trạng và một số vấn đề đặt ra cho quản lý trật tự xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị thuộc phạm vi quản lý cấp quận

Quản lý trật tự xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị là nội dung chủ yếu và quan trọng trong quản lý trật tự xây dựng nhà ở đô thị. Đây là nội dung thuộc thẩm quyền cấp quận. Thực trạng hoạt động này có thể mô tả như sau:

2.3.1. Quản lý xây dựng theo quy hoạch và cấp, thu hồi phép xây dựng

Bức tranh chung ở các quận thuộc các đô thị lớn của Việt Nam như Hà Nội, TP. Hồ Chí Minh là đã có đồ án quy hoạch chung và các đồ án quy hoạch phân khu (quy hoạch tỷ lệ 1/2.000) và các đồ án quy hoạch chi tiết tỷ lệ 1/500 đã được phê duyệt, tuy nhiên vẫn còn một số tồn tại và bất cập gây khó khăn, vướng mắc trong quản lý trật tự xây dựng nhà ở đô thị. Một số bất cập có thể kể đến là:

- Quy hoạch chung không còn phù hợp với tình hình kinh tế - xã hội địa phương;
- Một số khu vực chưa được phủ kín quy hoạch phân khu tỷ lệ 1/2.000 nên không thể lập, điều chỉnh quy hoạch chi tiết tỷ lệ 1/500;
- Các chức năng việc sử dụng đất và chỉ tiêu quy hoạch - kiến trúc giữa các loại quy hoạch chưa đồng bộ do có sự điều chỉnh các quy chuẩn, tiêu chuẩn, quy định tại các thời điểm phê duyệt các loại quy hoạch khác nhau.

Để tháo gỡ các khó khăn, vướng mắc trên, một số vấn đề cần triển khai trong quản lý xây dựng theo quy hoạch ở cấp quận là:

- Trong quá trình lập và thực hiện quy hoạch cần coi trọng sự tham gia của cộng đồng dân cư, các tổ chức có liên quan để đảm bảo tính khả thi của quy hoạch, phù hợp định hướng phát triển kinh tế - xã hội của địa phương và nhu cầu khách quan. Như vậy, cần đổi mới quy trình xin ý kiến cộng đồng mang tính thực chất, hiệu quả hơn, nâng cao mức độ tham gia của cộng đồng dân cư trên địa bàn và các nhà đầu tư.
- Quy hoạch cần tính chiến lược hơn, khả thi hơn, hạn chế những quy hoạch treo do vấn đề vốn đầu tư. Đồng thời, cải tiến quy trình điều chỉnh quy hoạch để việc điều chỉnh diễn ra thuận lợi hơn, minh bạch hơn, tăng khả năng kiểm soát điều chỉnh cục bộ, đảm bảo tính thống nhất và bảo vệ lợi ích cộng đồng.
- Việc lập, điều chỉnh quy hoạch phải đảm bảo sự thống nhất, đồng bộ, phù hợp giữa các loại quy hoạch, tránh tình trạng sai sót trong việc cấp phép xây dựng do các bất cập giữa các loại quy hoạch.

2.3.2. Xử lý vi phạm về trật tự xây dựng

Mặc dù công tác kiểm tra, giám sát được thực hiện thường xuyên nhưng việc phát hiện, xử lý vi phạm, khắc phục hậu quả do hành vi vi phạm hành chính gây ra còn chậm, thiếu kiên quyết... là một trong những nguyên nhân dẫn đến tình trạng xây dựng không phép, sai phép trên địa bàn các quận. Chính quyền địa phương cấp quận, cấp phường đôi khi còn nể nang, né tránh, đùn đẩy. Công tác phối hợp giữa các đơn vị có liên quan chưa được thực hiện nghiêm minh dẫn đến công tác quản lý về xây dựng nhà ở đô thị còn chưa triệt để.

Để xảy ra tình trạng trên, ngoài nguyên nhân ý thức của một số người dân thực hiện xây dựng chưa tốt, còn nguyên nhân thuộc trách nhiệm của người lãnh đạo đứng đầu; năng lực quản lý của UBND cấp huyện, cấp xã cũng như công tác phối hợp giữa các đơn vị có liên quan trong quá trình xử lý các vi phạm chưa hiệu quả; xử lý vi phạm chưa triệt để.

Xử lý triệt để vi phạm trật tự xây dựng là một thách thức không nhỏ đối với chính quyền các cấp, đặc biệt là cấp quận, phường.

2.3.3. Tuyên truyền, phổ biến quy định pháp luật

Các địa phương về cơ bản đều chấp hành nghiêm túc các quy định về phổ biến, giáo dục pháp luật trên địa bàn, hàng năm đều có kế hoạch và văn bản hướng dẫn để thực hiện công tác phổ biến, tuyên truyền.

Các hình thức tuyên truyền, phổ biến pháp luật thường được các địa phương sử dụng là tuyên truyền miệng; biên soạn tài liệu dưới dạng hỏi đáp pháp luật, tình huống pháp luật; hội nghị giới thiệu pháp luật; tuyên truyền pháp luật trên các phương tiện thông tin đại chúng của địa phương; xây dựng tủ sách pháp luật tại địa phương; thi tìm hiểu kiến thức pháp luật; tuyên truyền pháp luật thông qua hoạt động hòa giải ở cơ sở, tư vấn pháp luật, trợ giúp pháp lý…

Tuy nhiên, nội dung, hình thức, biện pháp cụ thể còn chưa sinh động, đôi chỗ còn chưa phù hợp với từng đối tượng.

Vấn đề đổi mới các hình thức, biện pháp, phương tiện phổ biến, tuyên truyền pháp luật cần phải được nghiên cứu để phù hợp với thời đại kỹ thuật số, Internet vạn vật như hiện nay.

3. KẾT LUẬN

Có thể khẳng định nguyên nhân chủ yếu của tình hình vi phạm trật tự xây dựng nhà ở riêng lẻ đô thị nằm trong công tác quản lý trật tự xây dựng, trước hết là cấp quận. Để khắc phục tình trạng này có nhiều vấn đề đặt ra để làm tốt hơn các khâu cấp, thu hồi giấy phép xây dựng và xử lý vi phạm trật tự xây dựng.

Tài liệu tham khảo

[1]. *Luật số 62/2020/QH14 sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Xây dựng năm 2014.*

[2]. *Thông tư số 03/2022/TT-BXD ngày 27/9/2022 của Bộ Xây dựng hướng dẫn chức năng, nhiệm vụ, quyền hạn của cơ quan chuyên môn về xây dựng thuộc UBND tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương, UBND huyện, quận, thị xã, thành phố thuộc tỉnh, thành phố trực thuộc Trung ương.*

[3]. TSKH. Nguyễn Ngọc Châu (2018), *Quản lý đô thị*, NXB. Xây dựng.

Ngày nhận bài: 02/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 25/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024

Tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực cục bộ trên bánh lái tàu thủy trong một chu kỳ

■ **TS. CỔ TẤN ANH VŨ**(*)
Học viện Hàng không Việt Nam
Email: (*) vucotananh@gmail.com

TÓM TẮT: Bánh lái tàu thủy hoạt động trong môi trường nước, thường xuyên dìm dưới nước, chịu sự tác động của động lực học dòng chảy bao và xuất hiện một hiện tượng vật lý là xâm thực trên bánh lái. Hiện tượng này gây ra ảnh hưởng nhất định tới hoạt động khai thác và điều khiển hướng chuyển động tàu thủy. Nếu kích thước túi hơi xâm thực phù hợp, chúng sẽ hình thành, phát triển và mất đi mang tính chu kỳ, dẫn tới cấu trúc bọt ở phía sau túi hơi xâm thực khi nổ gây ăn mòn bề mặt bánh lái. Bài báo ứng dụng CFD tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực cục bộ trên bánh lái tàu thủy qua các giai đoạn của một chu kỳ (T) với các giá trị lực nâng (CL) và lực cản (CD).

TỪ KHÓA: Túi hơi xâm thực, xâm thực cục bộ, bánh lái tàu thủy, chu kỳ xâm thực, CFD.

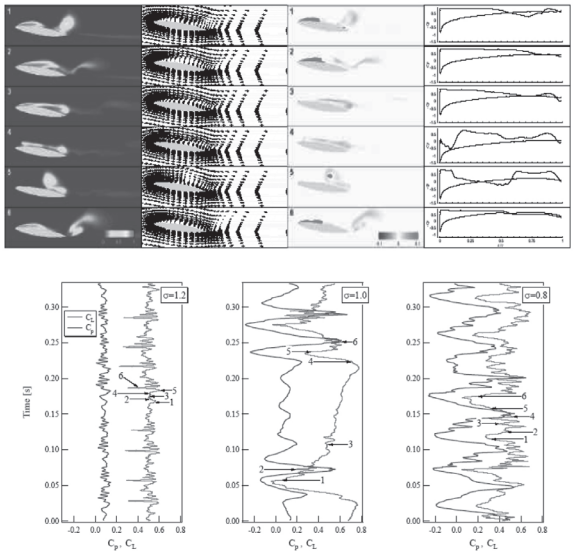
ABSTRACT: The ship's rudder operates in a water environment, that is often submerged under water, subjected to the flow dynamics. It appears a physics that is cavitation on the rudder. This phenomenon has a strong impact on the navigation of ships. The cavitation airbags will be formed, grown and loosened cyclically if their size is suitable. It leads to a foam structure behind the cavitation airbags when it explodes, causing corrosion of the rudder surface. This article applies CFD to calculate and simulate the size of cavitation airbags on ship rudders through the stages of a cycle (T) with the values of increasing power (CL) and resistance force (CD).

KEYWORDS: Cavitation airbags, local cavitation, cavitation cycle, CFD.

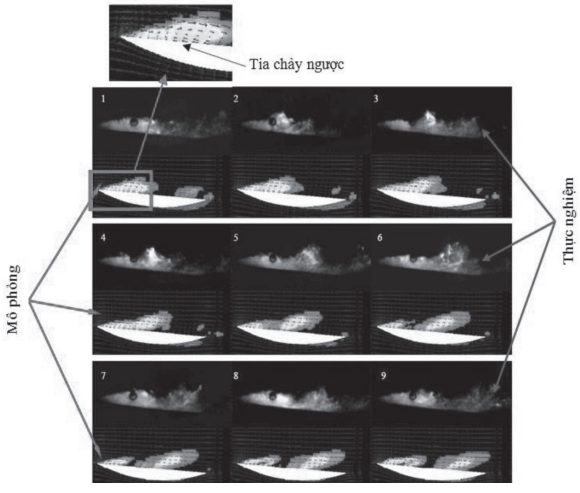
1. PHÂN TÍCH MỘT SỐ CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU VỀ TÚI HƠI XÂM THỰC TRÊN THẾ GIỚI

Việc nghiên cứu xâm thực tàu thủy trên thế giới phát triển mạnh mẽ từ những năm 1970. Những năm gần đây, với sự phát triển của khoa học công nghệ, đáp ứng công việc tính toán bài toán lớn thì mô phỏng dòng chảy là lựa chọn tối ưu khi nghiên cứu về xâm thực, có thể kể đến:

Năm 2003 tại Nhật Bản, các nhà khoa học đã tính toán mô phỏng dòng xâm thực cánh 2D, đưa ra chu kỳ của túi hơi xâm thực, hệ số lực nâng, hệ số áp suất, mô tả theo *Hình 1.1*, đồng thời đã đưa ra kết quả chu kỳ xâm thực cục bộ trên profil cánh bằng mô phỏng và thực nghiệm theo *Hình 1.2*.

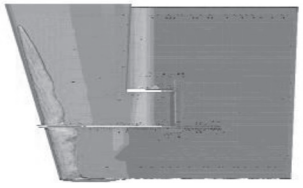


Hình 1.1: Chu kỳ của túi hơi xâm thực, hệ số lực nâng và hệ số áp suất tại các số xâm thực s khác nhau



Hình 1.2: Chu kỳ của xâm thực cục bộ giữa thực nghiệm và mô phỏng

Năm 2009, tác giả Thomas Lücke và Heinrich Streckwall, Hamburg tại Đức đã công bố những nghiên cứu thực nghiệm và tính toán mô phỏng số về xâm thực trên bánh theo *Hình 1.3*. Kết quả nghiên cứu chỉ rõ xuất hiện xâm thực cục bộ tại mép vào bánh lái cũng như vùng xâm thực tại mép thoát tại một số chế độ điều động tàu khác nhau.



Hình 1.3: Hình ảnh xâm thực cục bộ tại mép vào bánh lái

2. GIỚI HẠN ĐIỀU KIỆN BIÊN VÀ XÂY DỰNG QUY TRÌNH TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG KÍCH THƯỚC TÚI HƠI XÂM THỰC TRONG MỘT CHU KỲ BẰNG CFD

Giới hạn điều kiện biên: Ứng dụng CFD với Fluent - Ansys tính toán mô phỏng túi hơi xâm thực cục bộ tại mép thoát bánh lái, khi có tác động của dòng chảy bao, với tham số đầu vào:

- Sử dụng biên dạng bánh lái theo hồ sơ tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, tiêu chuẩn đồng dạng Froude, với tỷ lệ đồng dạng hình học k = 100.
- Giá trị vận tốc tàu và giá trị góc bẻ lái, cụ thể:

V = {4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5}, (m/s);

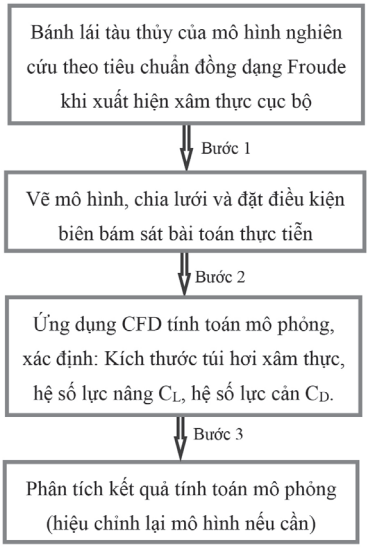
$\alpha^0 = \{0^0, 5^0, 10^0, 15^0, 20^0, 25^0, 30^0, 35^0\}$, (độ).

- Sử dụng mô hình tính toán là Mixture, với đặc tính pha nước và pha hơi.

Kết quả tính toán tại đầu ra:

- Kích thước túi hơi xâm thực cục bộ tại mép vào bánh lái trong một chu kỳ;
- Thông số làm việc của bánh lái như: Hệ số lực nâng C_L, hệ số lực cản C_D.

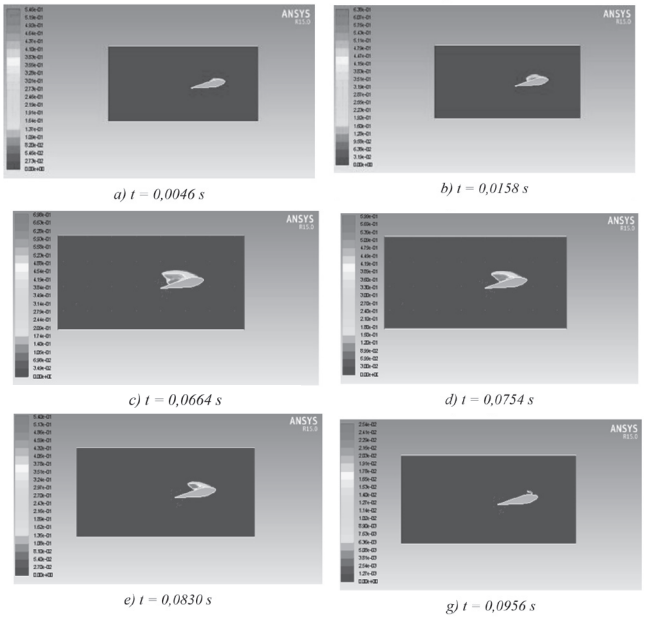
Xây dựng quy trình tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực trong một chu kỳ bằng CFD mô tả theo *Hình 2.1*, gồm 3 bước, việc phân tích từng bước được thể hiện chi tiết trong *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Quy trình ứng dụng CFD tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực cục bộ tại bánh lái tàu thủy

3. PHÂN TÍCH, ĐÁNH GIÁ KẾT QUẢ TÍNH TOÁN MÔ PHỎNG KÍCH THƯỚC TÚI HƠI XÂM THỰC CỤC BỘ TRONG MỘT CHU KỲ

Thực hiện tính toán mô phỏng bằng CFD theo quy trình *(Hình 2.1)* cho các trường hợp khác nhau với vận tốc V và góc bẻ lái khác nhau của điều kiện biên. *Hình 3.1* minh họa cụ thể cho một trường hợp đặc trưng, khi góc bẻ lái lớn nhất là $\alpha = 20^0$ và vận tốc tàu lớn nhất là V = 7,5 m/s. Kết quả tính toán mô phỏng cho trường hợp này với hình ảnh và kích thước túi hơi xâm thực cục bộ tại mép vào tương ứng 6 giai đoạn trong một chu kỳ, mô tả ở *Hình 3.1*.



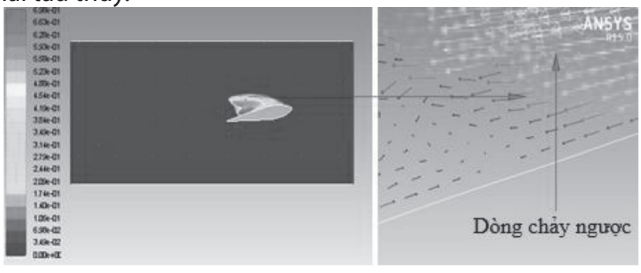
Hình 3.1: Kết quả tính toán mô phỏng hình ảnh và kích thước túi hơi xâm thực cục bộ tại profil bánh lái tàu thủy theo bước thời gian t khác nhau

Phân tích cụ thể kết quả *Hình 3.1*, nhận xét:

Hình 3.1a thể hiện hình ảnh túi hơi xâm thực cục bộ bắt đầu hình thành tại mép vào của profil bánh lái tàu thủy.

Hình 3.1b mô tả hình ảnh túi hơi từ từ phát triển lớn dần.

Hình 3.1c nhận được hình ảnh túi hơi phát triển tới kích thước lớn nhất, tại đây bắt đầu xuất hiện dòng chảy ngược, kết quả nhận thấy rõ nét và tường minh mô tả theo *Hình 3.2*. Đây là nguyên nhân khiến túi hơi bị bóc ra khỏi bánh lái tàu thủy.



Hình 3.2: Kết quả tính toán mô phỏng hình ảnh và kích thước túi hơi lớn với dòng chảy ngược

Hình 3.1d và *Hình 3.1e* là hình ảnh túi hơi xâm thực cục bộ mép vào bị tách dần ra không gian. Tại đây, áp suất chất lỏng lớn hơn, do đó bọt khí bị xẹp nổ, lúc này áp suất và nhiệt độ tăng vọt và là nguyên nhân gây rỗ bề mặt bánh lái;

Hình 3.1g mô tả hình ảnh bắt đầu hình thành chu kỳ mới của túi hơi xâm thực cục bộ tại mép vào của bánh lái tàu thủy.

Mặt khác, từ các kết quả trên, nhận được:

- Chu kỳ của loại xâm thực cục bộ đối với profil bánh lái trong trường hợp này là:

T = 0,0956 s - 0,0046 s = 0,0910 s

hay tần số dao động f là:

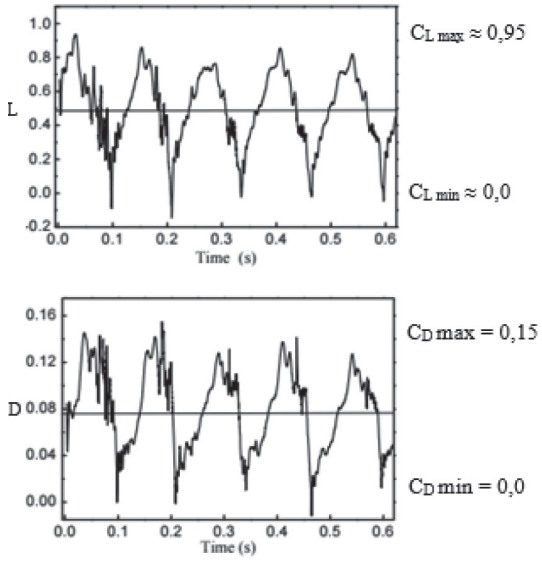
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,091} \approx 11\,\text{Hz}$$

Hơn nữa, T cũng là chu kỳ dao động của hệ số lực nâng C_L, lực cản C_D chính là chu kỳ dao động của lực bẻ lái tàu thủy. Nghĩa là, khi bánh lái xuất hiện xâm thực cục bộ, mặc dù không thay đổi tốc độ chuyển động của tàu và giữ nguyên giá trị góc bẻ lái, nhưng lực bẻ lái lại dao động với một chu kỳ như tính toán, điều này ít nhiều gây khó khăn cho việc điều khiển hướng chuyển động tàu thủy.

Với profil bánh lái có dạng đối xứng, tồn tại giá trị hệ số lực nâng C_L chỉ phụ thuộc vào góc bẻ lái, khi góc bẻ lái nhỏ (khi đó sin $\alpha^0 \approx \alpha^0$) và có thể tính toán bằng công thức giải tích sau.

$C_L = 2\pi\alpha$ (với α tính bằng rad)

Giai đoạn bánh lái xuất hiện xâm thực, hệ số C_L là biến thiên, việc tính toán xuất phát từ xác định thông số động lực học dòng chảy bao bánh lái. Hoàn toàn xác định được giá trị hệ số lực nâng C_L, hệ số lực cản C_D tương ứng với từng trường hợp trong một chu kỳ xuất hiện xâm thực bánh lái. Kết quả tính toán cụ thể cho trường hợp góc bẻ lái $\alpha = 35^0$ và V = 7,5 m/s, mô tả chi tiết ở *Hình 3.3*.



Hình 3.3: Kết quả tính toán giá trị C_L và C_D tại α = 35⁰, V = 7,5 m/s

4. KẾT LUẬN

Bài báo thực hiện giới hạn điều kiện biên và xây dựng quy trình tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực trong một chu kỳ bằng CFD, trên cơ sở sử dụng số liệu theo tiêu chuẩn đồng dạng Froude với tàu M/V TAN CANG FOUNDATION, tỷ lệ đồng dạng hình học k = 100. Từ đó phân tích, đánh giá kết quả tính toán mô phỏng kích thước túi hơi xâm thực cục bộ trong một chu kỳ, thông qua 6 giai đoạn với các bước thời gian cụ thể, để tính được chu kỳ xâm thực cục bộ của từng trường hợp. Đối với trường hợp đặc trưng thì chu kỳ xâm thực cục bộ đối với profil bánh lái là: T = 0,0956 s - 0,0046 s = 0,0910 s. Mặt khác, hoàn toàn xác định được hệ số lực nâng C_L và lực cản C_D, đây là những thông số quan trọng để đánh giá lực bẻ lái và ảnh hưởng đến hướng chuyển động trong điều khiển tàu, góp phần an toàn hàng hải.

Tài liệu tham khảo

[1]. Cổ Tấn Anh Vũ (Chủ nhiệm), Phạm Nguyên Đăng Khoa và các tác giả khác (2017), *Xây dựng chương trình tính toán mô phỏng và thử nghiệm một số nguyên nhân cơ bản dẫn đến tai nạn hàng hải trên tuyến luồng Sài Gòn phục vụ công tác đào tạo và huấn luyện thuyền viên*, Đề tài Khoa học công nghệ cấp Bộ GTVT, mã số DT174030.

[2]. Cổ Tấn Anh Vũ (2018), *Nghiên cứu ảnh hưởng xâm thực bánh lái đến lực bẻ lái tàu thủy*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam.

[3]. Phạm Kỳ Quang, Cổ Tấn Anh Vũ, Phạm Nguyên Đăng Khoa và tác giả khác (2015 - 2022), *Số liệu nghiên cứu, tổng hợp từ hồ sơ của tàu M/V TAN CANG FOUDATION*.

[4]. J. Pierre Franc, J. Marie Michel (2004), *Fundamentals of Cavitation*, Kluwer academic publishers. Dordrecht, Boston, London.

[5]. O. Coutier Delgosha and J. F. Devillers (2003), *A joint experimental and numerical study of mechanisms associated to instability of partial cavitation on two-dimensional hydrofoil*, CAV2003, Osaka, Japan.

[6]. Yoshinori Saito, Ichiro Nakamori and Toshiaki Ikohagi (2003), *Numerical analysis of unsteady behavior of cloud cavitation around a NACA0015 foil*, CAV2003, Osaka, Japan.

[7]. Masashi Fukaya, Tomoyoshi Okamura, Yoshiaki Tamura and Yoichiro Matsumoto (2003), *Prediction of cavitation perfermance of axial flow pump by using numerical cavitating flow simulation with bubble flow model*, CAV2003, Osaka, Japan.

[8]. Thomas Lücke, Heinrich Streckwall (June, 2009), *Cavitation Research on a Very Large Semi Spade Rudder*, First International Symposium on Marine Propulsors smp'09, Trondheim, Norway.

[9]. Prof. Dr. Luong Cong Nho, Prof. Dr. Pham Ky Quang, Dr. Vu Van Duy, PhD. Student Bui Van Cuong, PhD. Student Co Tan Anh Vu, PhD. Student Nguyen Thanh Nhat Lai (26 - 29, October, 2016), *Calculation and simulation of the current effects on maritime safety in Haiphong fairway, Vietnam*, International Association of Maritime Universities (IAMU), 17th Annual General Assembly (AGA), Vietnam, SCOPUS, H-index 2, pp.170-179.

Ngày nhận bài: 11/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 19/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 03/5/2024

Đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến chỉ tiêu kinh tế và môi trường động cơ diesel

■ **ThS. TRẦN ÁNH VIÊN**
Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp
Email: tavien@uneti.edu.vn

TÓM TẮT: Vấn đề ô nhiễm môi trường do phương tiện giao thông gây ra đang trở nên ngày càng cấp bách, đòi hỏi các hãng sản xuất động cơ phải tìm ra các giải pháp có thể giảm ô nhiễm môi trường, đặc biệt là với động cơ diesel. Trong thời gian gần đây, vấn đề nghiên cứu sử dụng nhiên liệu ethanol trên động cơ diesel được quan tâm nhiều vì có nhiều lợi thế so với nhiên liệu truyền thống như giảm được phát thải độc hại và là nguồn bổ sung nhiên liệu thay thế cho nhiên liệu hóa thạch đang trở nên cạn kiệt. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của hỗn hợp ethanol-diesel đến chỉ tiêu kinh tế và môi trường của động cơ diesel. Nghiên cứu này được thực hiện trên phần mềm AVL-BOOST. Đối tượng nghiên cứu là động cơ diesel 4 xy-lanh phun trực tiếp và ethanol được phun ngoài cửa nạp nhằm tạo ra hỗn hợp đồng nhất. Chế độ mô phỏng tại tốc độ động cơ từ 1.600 đến 3.200 vòng/phút và tại chế độ lượng nhiên liệu cấp là 0,017 [g/chu trình]. Ứng với mỗi chế độ tốc độ tỷ lệ ethanol được thay thế cho diesel tương ứng là 0% (DE0), 10% (DE10), 20% (DE20), 30% (DE30), 40% (DE40), 50% (DE50). Kết quả nghiên cứu cho thấy khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế, phát thải Soot và NOx và suất tiêu hao năng lượng giảm.

TỪ KHÓA: Diesel, ethanol, lưỡng nhiên liệu, động cơ diesel.

ABSTRACT: The problem of environmental pollution caused by vehicles is becoming increasingly urgent, requiring engine manufacturers to find solutions that can reduce environmental pollution, especially with diesel engines. In recent times, research into the use of ethanol fuel in diesel engines has received a lot of attention because it has many advantages compared to fossil fuels, such as reducing toxic emissions and being an alternative fuel source to replace fossil fuel that is becoming depleted. This paper presents the results evaluation of the influence of ethanol-diesel blend on economic and environmental indicators of diesel engines. This study was carried out using AVL-BOOST software. The research object is a 4-cylinder diesel engine with direct injection, and ethanol is sprayed outside the intake to create a homogeneous mixture. Simulation mode at engine speed from 1600 to 3200 RPM and the mode the amount of fuel supplied is 0.017 [g/cycle]. For each speed mode, the percentage of ethanol replaced for diesel is 0% (DE0), 10% (DE10), 20% (DE20), 30% (DE30), 40% (DE40), and 50% (DE50), respectively. Research results show that Soot and NOx emissions and energy consumption decrease with increasing ethanol substitution ratio.

KEYWORDS: Diesel, ethanol, dual-fuel, diesel engine.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, ở phân khúc xe du lịch và xe hạng nhẹ, các loại xe sử dụng động cơ diesel đang dần bị thay thế bởi động cơ xăng và xe điện do động cơ diesel phát thải ra môi trường nhiều phát thái độc hại [3]. Tuy nhiên, trên các phương tiện hạng trung và hạng nặng khó có thể thay thế hoàn toàn được động cơ diesel vì những thiết bị này yêu cầu công suất lớn và hiệu suất nhiệt cao [2]. Hơn nữa, việc sử dụng nhiên liệu diesel cần phải trang bị thêm hệ thống luân hồi khí xả, hệ thống phun amoniac và bộ xử lý xúc tác 3 đường để hạn chế để phát thải động cơ có thể đáp ứng các tiêu chuẩn khí thải nghiêm ngặt [4]. Các thiết bị xử lý khí xả này chứa các chất xúc tác đắt tiền nên chi phí phương tiện tăng đáng kể. Các giải pháp kỹ thuật này có thể kiểm soát được các phát thải như CO, HC, NO_x và PM, nhưng không kiểm soát được phát thải CO_2 - một trong những khí gây ra hiệu ứng nhà kính và gây ra biến đổi khí hậu [7]. Cũng vì lý do này, các quốc gia trên thế giới đã ký Thỏa thuận Paris vào năm 2015 cam kết nỗ lực hạn chế lượng khí thải CO_2 và đạt được mức trung hòa carbon vào năm 2050 [6]. Tăng hiệu suất nhiệt của động cơ có thể giảm phần nào lượng khí thải CO_2, tuy nhiên các công nghệ tiên tiến để cải tiến hiệu suất động cơ gần như đã bão hòa nên giải pháp này khó thực hiện được. Do đó, sử dụng nhiên liệu thay thế không có carbon hoặc ít carbon là cách tốt nhất để giảm đáng kể lượng khí thải CO_2, đặc biệt là trong lĩnh vực sử dụng động cơ đốt trong, loại nhiên liệu này bao gồm LPG, CNG, ethanol, hydro và amoniac. Trong các loại nhiên liệu đó thì sử dụng ethanol thay thế một phần cho nhiên liệu diesel truyền thống đã được chứng minh là có hiệu

quả cao trong việc tăng được hiệu suất nhiệt và giảm được phát thải độc hại cho động cơ diesel do trong thành phần ethanol có chứa oxy và ít carbon hơn nhiên liệu diesel. Thêm nữa, nhiên liệu ethanol hoàn toàn có thể sản xuất được từ nhiều nguồn khác nhau từ các sản phẩm trong nông nghiệp và sinh khối, nên có thể đảm bảo được vấn đề an ninh năng lượng của mỗi quốc gia. Sử dụng nhiên liệu ethanol trên động cơ diesel ngoài việc giảm được phát thải độc hại nó còn góp phần thay thế một phần cho nhiên liệu có nguồn gốc từ hóa thạch đang dần cạn kiệt. Vì vậy, nghiên cứu sử dụng ethanol trên động cơ diesel là rất cần thiết. Trong nghiên cứu này, tác giả tập trung đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế cho nhiên liệu diesel đến chỉ tiêu kinh tế và môi trường động cơ diesel.

2. MÔ HÌNH HÓA ĐỘNG CƠ DIESEL SỬ DỤNG HỖN HỢP NHIÊN LIỆU ETHANOL-DIESEL

2.1. Lý thuyết xây dựng mô hình mô phỏng

Mô hình mô phỏng động cơ được xây dựng trên phần mềm AVL BOOST. Tác giả sử dụng mô hình cháy AVL-MCC, mô hình truyền nhiệt của Woschni 1978 [8]. Theo lý thuyết nhiệt động học I, thông số tốc độ tỏa nhiệt $dQ_F/d\varphi$ của mô hình cháy AVL-MCC được xác định như sau:

$$\frac{dQ_F}{d\varphi} = C_{mod} \cdot f_1(M_F, Q) \cdot f_2(k, V) \quad (1)$$

$$f_1(M_F, Q) = M_F \cdot \frac{Q}{LVC} \quad (2)$$

$$f_2(k, V) = \exp(C_{rate} \cdot \frac{\sqrt{k}}{3\sqrt{V}}) \quad (3)$$

Trong đó:

C_{mod} - Mô hình không đổi [kJ/kg/^{0}TK];

C_{rate} - Hằng số tốc độ hòa trộn [s];

K - Mật độ của động năng chuyển động cục bộ [m^2/s^2];

M_F - Khối lượng nhiên liệu phun [kg];

LCV - Nhiệt trị thấp [kJ/kg];

Q - Nhiệt tích lũy [kJ];

V - Thể tích xy-lanh tức thời [m^3];

φ - Góc quay trục khuỷu [^{0}TK].

Mô hình tỏa nhiệt Woschni 1978 dùng cho động cơ phun trực tiếp, buồng cháy thống nhất. Hệ số truyền nhiệt của mô hình Woschni 1978 tính cho quá trình nén và cháy giãn nở theo phương trình sau:

$$\alpha_W = 130.D^{-0,2}.p_c^{0,8}.T_c^{-0,53}.\left[C_1.c_m + C_2.\frac{V_D.T_{c,1}}{p_{c,1}.V_{c,1}}.(p_c - p_{c,o})\right]^{0,8} \quad (4)$$

Trong đó:

$C_1 = 2,28 + 0,308.c_u/c_m$;

$C_2 = 0,00324$ động cơ phun trực tiếp;

$C_2 = 0,00622$ động cơ phun gián tiếp;

D - Đường kính xy-lanh;

p_c - Áp suất môi chất trong xy-lanh;

$T_{c,1}$ - Nhiệt độ môi chất khi đóng xu-pap nạp;

c_m - Tốc độ trung bình của piston.

$c_u = \pi.D.n_d/60$;

n_d - Tốc độ xoáy của môi chất;

V_D - Thể tích công tác của 1 xy-lanh;

$p_{c,o}$ - Áp suất khí trời;

$p_{c,1}$ - Áp suất môi chất khi đóng xu-pap nạp.

2.2. Đối tượng mô phỏng

Đối tượng mô phỏng là động cơ diesel 490QZL 4 xy-lanh 4 kỳ với đường nạp được cải tiến lắp thêm vòi phun để cung cấp ethanol bên ngoài xy-lanh. Các thông số kỹ thuật của động cơ được trình bày cụ thể trong *Bảng 2.1*.

Bảng 2.1. Thông số kỹ thuật của động cơ

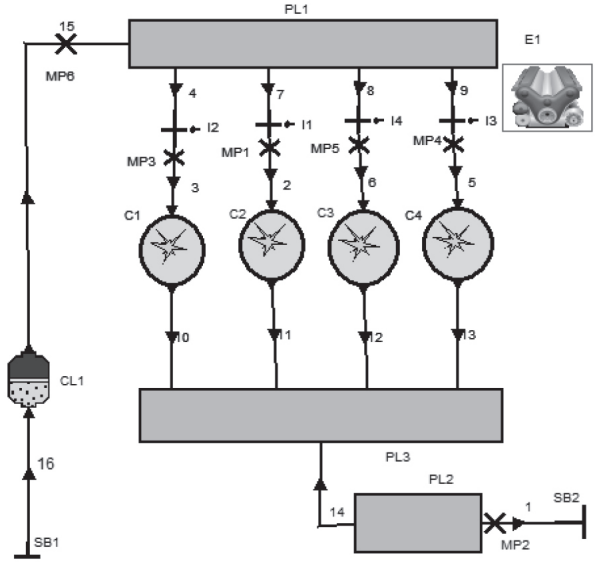
Thông số	Giá trị
Tên động cơ	490 QZL, 4 xy-lanh
Công suất lớn nhất	80 HP/3.200 (v/p)
Mô-men xoắn cực đại	180 Nm/2000 (v/p)
Đường kính xy-lanh	89,5 mm
Hành trình piston	89,5 mm
Dung tích xy-lanh	2,545 lít
Tỷ số nén	17:1
Số vòng quay định mức	3.200 v/p
Xu-pap nạp	Mở sớm 12^{0}TK Đóng muộn 38^{0}TK
Xu-pap thải	Mở sớm 50^{0}TK Đóng muộn 14^{0}TK

Nhiên liệu được sử dụng trong mô phỏng là diesel và ethanol với một số tính chất hóa lý cơ bản như trong *Bảng 2.2*.

Bảng 2.2. Tính chất nhiên liệu

Thông số	Diesel	Ethanol
Hệ số không khí lý thuyết (kg_{kk}/kg_{nl})	14,7	8,96
Nhiệt trị thấp (MJ/kg)	41,66	26,8
Nhiệt hóa hơi (kJ/kg)	270	840
Nhiệt độ tự cháy (K)	500	665
Trị số xê-tan	45 - 50	5 - 8
Phần trăm khối lượng carbon	87	52,2
Phần trăm khối lượng hydro	13	13
Phần trăm khối lượng oxy	0	34,8

2.3. Xây dựng mô hình động cơ diesel sử dụng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel



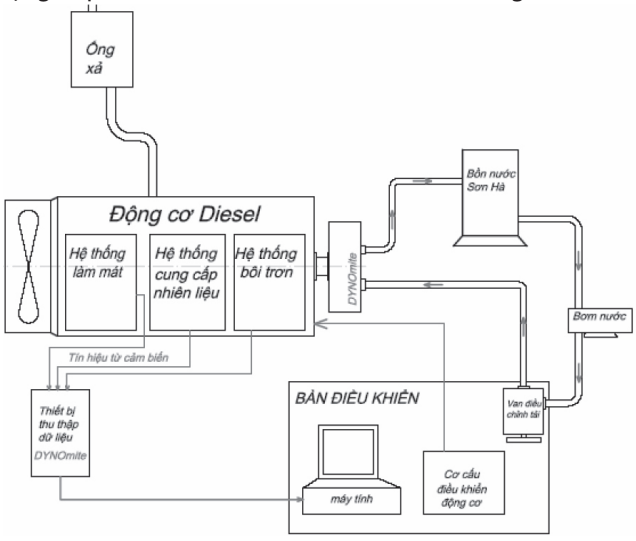
Hình 2.1: Mô hình động cơ diesel sử dụng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel

Dựa vào thông số kỹ thuật của động cơ thử nghiệm 490QZL để xây dựng mô hình động cơ này trên phần mềm AVL-BOOST như trong *Hình 2.1*. Trong mô hình trên, các phần tử I_1, I_2, I_3, I_4 thể hiện các vòi phun ethanol bên ngoài

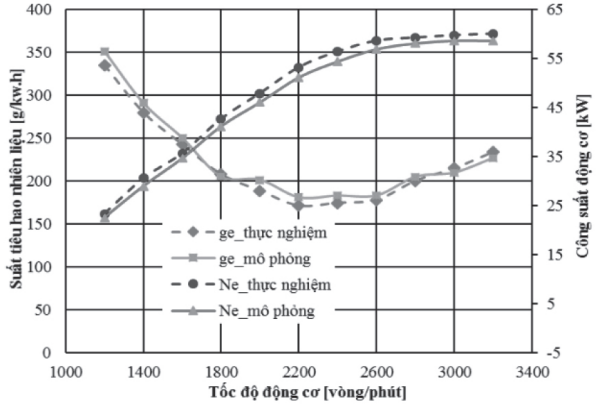
đường ống nạp động cơ. Chế độ làm việc của động cơ khi tính toán: Tốc độ động cơ thay đổi từ 1.600 vòng/phút đến 3.200 vòng/phút với bước thay đổi là 400 vòng/phút, động cơ chạy ở chế độ lượng nhiên liệu cấp là 0,017 [g/chu trình]. Ứng với mỗi chế độ tốc độ tỷ lệ ethanol được thay thế tương ứng là 0% (DE0), 10% (DE10), 20% (DE20), 30% (DE30), 40% (DE40), 50% (DE50). Tại mỗi chế độ chạy mô phỏng, suất tiêu hao năng lượng và phát thải động cơ được khảo sát và phân tích so sánh với trường hợp động cơ chạy 100% nhiên liệu diesel.

2.4. Kiểm chứng tính xác thực của mô hình

Để kiểm chứng tính xác thực mô hình mô phỏng phải xây dựng đường cong thực nghiệm về đặc tính ngoài động cơ. Sơ đồ băng thử nghiệm được chỉ ra như trong *Hình 2.2*. Một số thông số chính của thiết bị thử nghiệm gồm: Phanh thủy lực và đo mô-men kích cỡ 13 inches hãng sản xuất Land & Sea - USA. Đo mô-men theo nguyên lý đo biến dạng, cấp chính xác 0,5% FS. Điều khiển tải bằng van nước.



Hình 2.2: Sơ đồ thiết bị thử nghiệm động cơ



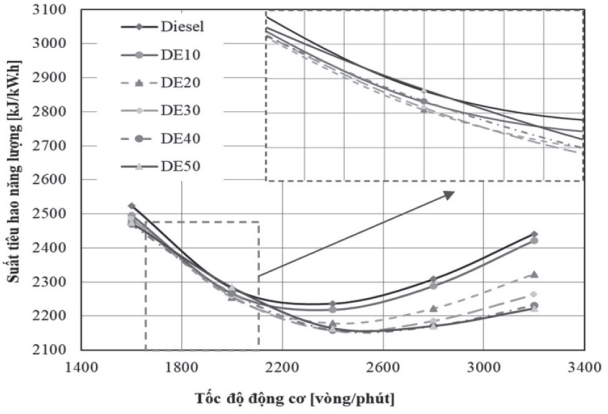
Hình 2.3: Đường đặc tính động cơ mô phỏng và thực nghiệm

Các đầu đo bao gồm: Đầu đo áp suất, đầu đo áp suất nhiên liệu, đầu đo tiêu hao nhiên liệu, đầu đo nhiệt độ dầu động cơ, đầu đo nhiệt độ nước làm mát, thiết bị đo khí thải, đầu đo áp suất buồng đốt động cơ diesel. Dựa vào đồ thị *Hình 2.3* ta thấy đường đặc tính mô phỏng và thực nghiệm sai khác nhau rất nhỏ (sai lệch trung bình là 3,2%), vì vậy mô hình có thể sử dụng được để tính toán mô phỏng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến suất tiêu hao năng lượng động cơ

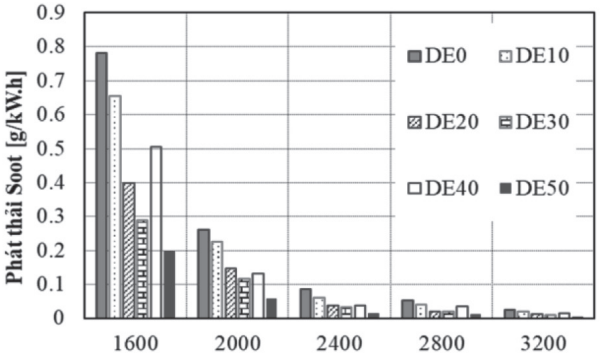
Hình 3.1 chỉ ra kết quả tính toán ảnh hưởng của ethanol đến suất tiêu hao năng lượng trên toàn bộ dải hoạt động của động cơ. Tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel có ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất cháy của động cơ và tỷ lệ ethanol thay thế càng nhiều thì hiệu quả cháy của nhiên liệu càng cao. Điều này được thể hiện rõ trên *Hình 3.1*, khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel thì suất tiêu hao năng lượng của động cơ càng giảm (điều này thể hiện là nhiên liệu cháy triệt để hơn nên hiệu quả sử dụng năng lượng của động cơ cao hơn). Kết quả nghiên cứu này cũng tương tự như trong các nghiên cứu [1, 5].



Hình 3.1: Ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến suất tiêu hao năng lượng

Ngoài ra, ở chế độ dải vòng tua máy thấp từ 1.600 - 2.000 vòng/phút, lượng ethanol thay thế ảnh hưởng đến hiệu suất cháy nhỏ nên suất tiêu hao năng lượng giảm ít hơn so với trường hợp 100% diesel. Tuy nhiên, khi tăng số vòng tua máy từ 2.000 - 3.200 vòng/phút thì suất tiêu hao năng lượng giảm đáng kể. Khi thay thế lượng ethanol cho dầu diesel có thể làm tăng hiệu suất cháy được giải thích là do trong phân tử ethanol có chứa oxy nên nó dễ bị oxy hóa hoàn toàn. Thêm nữa, ethanol dễ bay hơi và hòa trộn hơn dầu diesel nên hỗn hợp hòa trộn đều hơn so với sử dụng 100% nhiên liệu diesel.

3.2. Ảnh hưởng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải Soot động cơ diesel

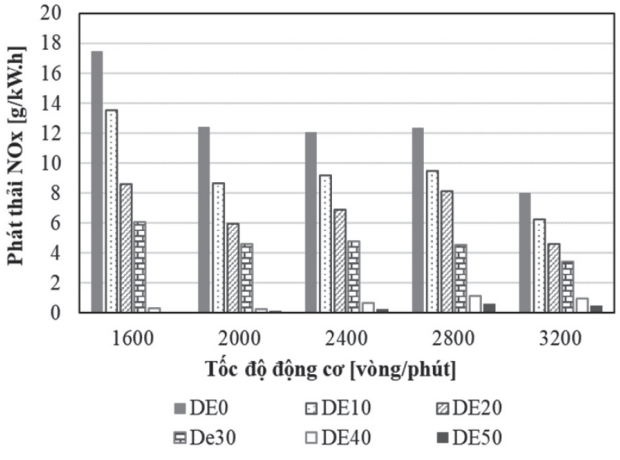


Hình 3.2: Ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải Soot

Phát thải Soot trên động cơ diesel được các hãng sản xuất động cơ quan tâm nhiều vì nó thường nghiêm trọng hơn so với động cơ xăng. Khi thay thế lượng ethanol cho dầu diesel có thể làm giảm được nhiều phát thải Soot, đây là một lợi thế lớn khi sử dụng ethanol thay thế cho dầu diesel. Điều này được thể hiện trên *Hình 3.2*, lượng ethanol thay thế cho dầu diesel có thể làm giảm được phát thải Soot, khi càng tăng tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel thì phát thải Soot giảm càng nhiều. Thêm nữa, ở vòng tua máy càng cao thì phát thải Soot càng giảm mạnh. Phát thải Soot giảm khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế là do ethanol có khả năng hóa hơi nhanh hơn so với dầu diesel nên lượng bồ hóng hình thành ít hơn. Ở chế độ vòng tua máy lớn thì khả năng vận động rối của dòng khí trong xy-lanh mạnh nên nhiên liệu hóa hơi tốt hơn dẫn đến giảm phát thải Soot.

3.3. Ảnh hưởng hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải NO_x

Hình 3.3 chỉ ra kết quả tính toán ảnh hưởng của tỷ lệ ethanol thay thế đến phát thải NO_x. Kết quả tính toán chỉ ra rằng, khi thay thế ethanol cho dầu diesel phát thải NO_x có xu hướng giảm mạnh. Lượng ethanol thay thế càng nhiều thì phát thải NO_x càng giảm mạnh. Thêm nữa, khi tăng tốc độ vòng tua máy thì phát thải NO_x có xu hướng giảm. Phát thải NO_x hình thành trong động cơ là do các điều kiện nhiệt độ và nồng độ ô xy trong buồng đốt cao. Khi thay thế ethanol cho dầu diesel thì nhiệt độ cháy trong buồng đốt động cơ giảm (do nhiệt trị ethanol thấp hơn nhiều so với nhiệt trị dầu diesel), điều này dẫn đến phát thải NO_x có xu hướng giảm khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế.



Hình 3.3: Ảnh hưởng của hỗn hợp nhiên liệu ethanol-diesel đến phát thải NO_x

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của lượng ethanol thay thế cho dầu diesel khi chuyển đổi động cơ diesel sang chạy lưỡng nhiên liệu rút ra một số kết luận sau:

- Lượng ethanol thay thế cho dầu diesel càng nhiều thì suất tiêu hao năng lượng động cơ càng giảm, điều này chứng tỏ rằng lượng ethanol thay thế có thể làm tăng hiệu suất cháy của nhiên liệu và tăng được khả năng cháy hoàn toàn nhiên liệu.

- Phát thải Soot giảm mạnh khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế, đây là một lợi thế lớn khi sử dụng ethanol thay thế một phần cho nhiên liệu diesel. Phát thải Soot giảm là do ethanol có khả năng hóa hơi tốt hơn dầu diesel nên chất lượng hỗn hợp hình thành trong buồng cháy tốt hơn.

- Phát thải NO_x giảm mạnh khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế cho dầu diesel. Phát thải NO_x giảm là do nhiệt trị của ethanol thấp hơn nhiều so với nhiệt trị nhiên liệu diesel nên nhiệt độ cháy trong buồng đốt giảm mạnh khi tăng tỷ lệ ethanol thay thế.

Tài liệu tham khảo

[1]. M. Abu-Qudais, O. Haddad và M. Qudaisat (2000), *The effect of alcohol fumigation on diesel engine performance and emissions, Energy Conversion and Management 41*, 389-399.

[2]. Malaiperumal V, Saravanan CG, Raman V, Kirubagaran RK, Pandiarajan P, Sonthalia A, et al, *Effect of intake port design modifications on diesel engine characteristics fuelled by pine oil-diesel blends*, *https://doi.org/10.1080/15567036.2022.2038312*.

[3]. Malaquias ACT, Netto NAD, Filho FAR, da Costa RBR, Langeani M, Baeta JGC, *The misleading total replacement of internal combustion engines by electric motors and a study of the Brazilian ethanol importance for the sustainable future of mobility: a review*, J Braz Soc Mech Sci Eng 2019;41, *https://doi.org/10.1007/S40430-019-2076-1*.

[4]. Martinovic F, Castoldi L, Deorsola FA, *Aftertreatment technologies for diesel engines: an overview of the combined systems*, Catalysts 2021;11:653, *https://doi.org/10.3390/CATAL11060653. 2021;11:653*.

[5]. R. Vasanthakumar, M. Loganathan, S. Chockalingam, M. Vikneswaran, M. Manickam, *A study on the effect of hydrogen enriched intake air on the characteristics of a diesel engine fueled with ethanol blended diesel*, International Journal of Hydrogen Energy, Available online 21 March 2023.

[6]. Raiser K, Kornek U, Flachsland C, Lamb WF, *Is the Paris Agreement effective? A systematic map of the evidence*, Environ Res Lett 2020; 15:083006, *https://doi.org/10.1088/17489326/AB865C*.

[7]. Thiyagarajan S, Edwin Geo V, Martin LJ, Nagalingam B., *Comparative analysis of various methods to reduce CO_2 emission in a biodiesel fueled CI engine*, Fuel 2019; 253:146e58, *https://doi.org/10.1016/J.FUEL.2019.04.163*.

[8]. Woschni (1967), *A Universally Applicable Equation for the Instantaneous Heat Transfer Coefficient in Internal Combustion Engines*, SAE 670093.

Ngày nhận bài: 17/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 24/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 17/5/2024

Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình hàn đến tổ chức của mối hàn thép không gỉ

■ **PGS. TS. NGUYỄN DƯƠNG NAM(*); TS. BÙI THỊ NGỌC MAI**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
■ **TS. HOÀNG ANH TUẤN**
Viện Công nghệ - Tổng cục Công nghiệp Quốc phòng
Email: (*)namnd.khcs@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của quá trình hàn đến sự thay đổi tổ chức của mối hàn thép không gỉ ứng dụng trong các bồn chứa nước. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra tổ chức tại vùng hàn của thép không gỉ có sự thay đổi về mặt hình thái tổ chức. Kích thước hạt nhỏ đi so với hạt nền; xuất hiện các khuyết tật ở vùng hàn. Những khuyết tật này là nguyên nhân chính để một số bồn nước bị hỏng sau một thời gian sử dụng.

TỪ KHÓA: Thép không gỉ, tổ chức, kích thước hạt, khuyết tật.

ABSTRACT: This article presents research results on the influence of the welding process on microstructure changes of stainless steel welds applied in water tanks. Research results have shown that the structure in the welding zone of stainless steel has changed in terms of structure morphology. The particle size is smaller compared to the matrix grain size; defects appear in the welding area. These defects are the main reason some water tanks fail after a period of use.

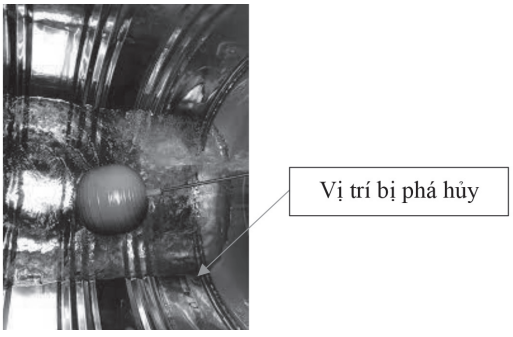
KEYWORDS: Stainless steel, microstructure, grain size, defects.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các chi tiết làm từ vật liệu 304 có nhiều ứng dụng trong công nghiệp cũng như trong giao thông. Các chi tiết này thường được làm việc trong điều kiện chịu ăn mòn ở các vùng miền khác nhau. Đối với các chi tiết chế tạo từ thép 304 ứng dụng trong công nghiệp, giao thông thường là các chi tiết dạng tấm phẳng hoặc chi tiết đã được uốn cong sau đó được ghép nối lại với nhau. Phương pháp hàn là phương pháp chủ yếu dùng để nối các dạng chi tiết này [1, 2].

Hình 1.1: Sản phẩm hàn thép không gỉ bị phá hủy

Một ví dụ cho các sản phẩm đó là các bồn chứa nói chung và các bồn chứa nước nói riêng được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp cũng như trong dân dụng. Các chi tiết này sau đó được ghép nối với nhau bằng phương pháp hàn. Theo các kết quả khảo sát của các nhà máy lớn như Tân Á thì một số bồn nước sau một thời gian ngắn sử dụng xảy ra hiện tượng tại các vị trí vùng hàn nước bị rò và vùng xung quanh mối hàn bị hiện tượng bám cặn, sau đó vật liệu tại vùng này bị phá hủy.



Hình 1.2: sản phẩm bồn chứa bị phá hủy tại mối hàn nắp và thân bình

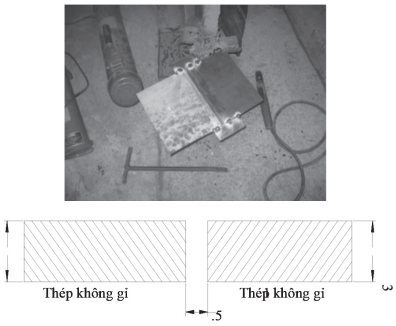
Trên thế giới có nhiều công trình nghiên cứu về hiện tượng ăn mòn của thép không gỉ. Các nghiên cứu cũng chỉ ra được về sự ăn mòn của thép không gỉ dưới tác dụng của một số điều kiện khác nhau [3-7]. Các nghiên cứu này hầu hết mới chỉ ra được quá trình ăn mòn của thép không gỉ chưa có những nghiên cứu chỉ ra ăn mòn tại khu vực mối hàn của thép không gỉ dưới tác dụng của các điều kiện

khác nhau.

Việc các sản phẩm chế tạo bằng phương pháp hàn mà bị phá hủy sẽ ảnh hưởng lớn đến chất lượng của các sản phẩm và tuổi thọ của công trình. Chính vì vậy, việc nghiên cứu xác định nguyên nhân gây phá hủy các sản phẩm này cũng như đưa ra một số giải pháp khắc phục là điều cần thiết hiện nay.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

- Vật liệu: Thép không gỉ được cắt trên máy cắt dây để tạo các tấm có kích thước (275x85x3)mm. Để chuẩn bị cho quá trình hàn, các mẫu được mài sạch để loại bỏ tạp chất có trên bề mặt, nhằm tránh các khuyết tật có thể xảy ra. Do các mẫu mỏng nên không cần thực hiện vát mép. Sau đó, các tấm được hàn đính và cố định hai đầu như trên *Hình 2.1a*.



Hình 2.1: a) - Hàn đính; b) - Chuẩn bị mép hàn

- Điện cực hàn: Chọn que hàn E309L-16 (Philarc 309L) hoặc E312-16 (Philstain 312- 16). Điều quan trọng nhất là chọn que hàn phù hợp để hàn kim loại khác nhau. Que hàn tốt nhất để hàn thép không gỉ đến thép nhẹ là E312-16, sau đó là E309L-16. Que hàn này có hàm lượng crom và niken cao. Nó cũng được thiết kế để chống nứt do nóng. E309-16 để lại một mối hàn đẹp với độ bền cao, độ dẻo, chống ăn mòn và nhiệt. Sau đó, nếu bạn có kim loại khó hàn hơn hoặc không rõ thì có thể sử dụng que hàn E312. Que hàn E309L-16 (Philarc 309L) là loại phổ biến nhất cho công việc. Que hàn E312 (Philstain 312) được thiết kế cho các kim loại khác nhau chưa biết hoặc khó hàn, ví dụ, thép không gỉ mactenxit đến thép carbon cao hoặc thậm chí là thép công cụ. Nhưng đối với hầu hết các trường hợp, E309 là quá đủ, dễ tìm hơn và rẻ hơn.

** Những điều cần lưu ý khi sử dụng que hàn Inox:*

Que hàn inox có sự khác biệt so với các loại que thông thường. Hàn bằng que Inox tạo ra khói độc hại. Nếu hàn trong nhà thì cần thông gió để hút khói và sử dụng mặt nạ phòng độc khi hàn. Đảm bảo gió thổi khói ra khỏi thợ hàn và sử dụng mặt nạ phòng độc nếu hàn ngoài trời. Các que hàn Inox cần điện áp hở mạch cao (OCV) để hoạt động chính xác. OCV là hiệu điện thế giữa giá đỡ điện cực và kẹp làm việc khi không có hồ quang. Tuy nhiên, nếu OCV quá thấp sẽ không có hồ quang ổn định và que sẽ dính trên kim loại.

Một vấn đề khác đối với que hàn Inox là chúng rất nhạy cảm với độ ẩm của không khí. Do đó, nếu từ thông hút ẩm, các que sẽ dính nhiều hơn, tạo ra hồ quang không ổn định và tạo ra mối hàn bị rỗ, tốt nhất là nên chuẩn bị mọi thứ và mở gói que ngay trước khi hàn. Sau khi hàn phải bảo quản các que còn lại trong bao bì kín khí tuyệt đối hoặc tủ sấy que. Que hàn có xu hướng dính trên kim loại cơ bản. Để tránh que bị dính, có thể làm nóng que bằng cách đánh hồ quang hoặc sử dụng tính năng khởi động nóng nếu máy hàn đã được hỗ trợ. Các que hàn Inox này nóng chảy nhanh hơn ngay cả khi cường độ dòng điện thấp hơn so với que hàn thường. Do đó, hãy sử dụng tốc độ hàn nhanh hơn. Vỏ ngoài bằng thép không gỉ nhạy cảm với nhiệt và có thể cháy dễ dàng. Thuốc hàn bị cháy sẽ mất tính chất dẫn đến mối hàn kém. Đó là một lý do khác để cẩn thận khi đặt cường độ dòng điện. Lớp phủ xỉ có xu hướng tự bong ra khi nguội đi, vì vậy hãy luôn đeo kính bảo hộ khi nhìn vào mối hàn.

- *Thiết bị hàn:* Trong thí nghiệm này, máy hàn Inverter được sử dụng để hàn thép không gỉ với thép carbon.

Bảng 2.1. Thành phần hóa học của kim loại cơ bản và kim loại điện cực

Nguyên tố	C [%]	Mn [%]	Si [%]	S [%]	P [%]	Cr [%]	Ni [%]	Mo [%]	V [%]
Thép 304	0,09	1,54	0,49	0,005	0,005	18,3	7,56	0,13	0,11
Điện cực E309L - 16	0,03	1,34	0,71	0,005	0,003	23,7	12,6	-	-

Bảng 2.1 đưa ra thành phần hóa học của kim loại cơ bản và kim loại điện cực. Sau hàn, các mẫu được đo lại thành phần tại vị trí: Vùng HAZ thép không gỉ và kim loại mối hàn. Kết quả đo được trong *Bảng 2.2*.

Bảng 2.2. Thành phần hóa học thực tế đo sau hàn

Nguyên tố	**C [%]**	**Mn [%]**	**Si [%]**	**S [%]**	**P [%]**	**Cr [%]**	**Ni [%]**	**Mo [%]**	**V [%]**
Thép 304	0,096	1,54	0,49	<0,005	0,0058	18,3	7,56	0,131	0,114
Kim loại mối hàn	0,055	0,64	1,21	<0,005	0,01	22,0	13,4	0,137	0,087

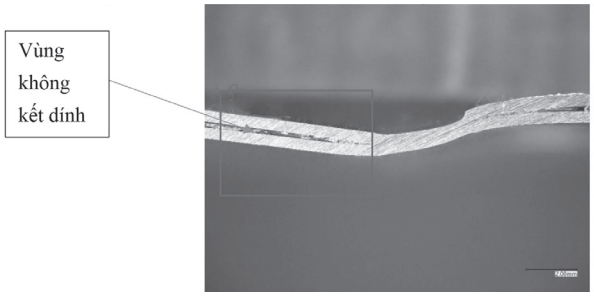
Quy trình hàn:

Các mẫu thép được hàn với nhau bằng phương pháp hàn hồ quang tay (SMAW). Chế độ hàn được đưa ra trong *Bảng 2.3*.

Bảng 2.3. Chế độ hàn

Tham số hàn	I (A)	U (V)	V (mm/ph)	Nhiệt độ môi trường (^{0}C)
Giá trị	80	25	100	30

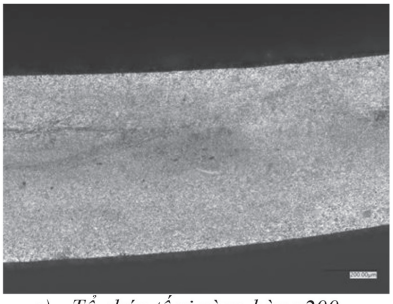
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN



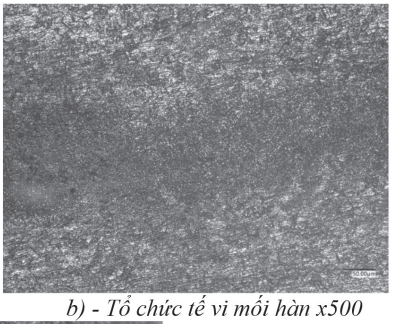
Hình 3.1: Tổ chức macro vùng hàn

Phân tích tổ chức vùng hàn cho thấy tại khu vực mối hàn xuất hiện vùng tiếp giáp các tấm kim loại chưa được

đảm bảo kết dính. Chính sự không kết dính giữa hai tấm kim loại là nguyên nhân gây nên hiện tượng ăn mòn của mối hàn. Tại khu vực này, trong quá trình các chi tiết hoạt động sẽ là nơi tập trung các chất bẩn của môi trường làm việc tạo nên sự chênh lệch điện thế và gây nên hiện tượng ăn mòn của tấm thép không gỉ.



a) - Tổ chức tế vi vùng hàn x200



b) - Tổ chức tế vi mối hàn x500

c) - Tổ chức tế vi mối hàn x2000

Hình 3.2: Tổ chức tế vi vùng hàn

Phân tích tổ chức tế vi vùng hàn cho thấy: Tổ chức tế vi của vùng hàn *Hình 3.2a* có xuất hiện các vết màu đen; những vết này có thể là các dạng khuyết tật của quá trình hàn. Phân tích *Hình 3.2c* cho thấy trên tổ chức xuất hiện các vết nứt màu đen. Đây chính là nguyên nhân gây nên sự chênh lệch điện thế và tạo ra sự phá hủy mối hàn theo cơ chế ăn mòn điện hóa.

Phân tích *Hình 3.2b* cho thấy tổ chức ở vùng hàn có kích thước nhỏ mịn hơn hẳn so với kích thước hạt vùng xung quanh. Với sự khác biệt về mặt kích thước giữa các vùng sẽ gây nên sự phá hủy mối hàn tại điểm tiếp giáp giữa vùng mối hàn và vùng HAZ của mối hàn.

3. KẾT LUẬN

Bài báo đã phân tích được chế độ hàn cho mối hàn thép không gỉ 304; xác định được quy trình hàn đối với thép 304.

Bằng các kết quả phân tích về tổ chức cũng xác định được tổ chức tế vi của vùng hàn; đã giải thích được quá trình ăn mòn và đưa ra các nguyên nhân gây nên hiện tượng ăn mòn của mối hàn thép không gỉ 304.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.33.

Tài liệu tham khảo

[1]. R. Francis and G. Byrne (2021), *Duplex stainless steels-alloys for the 21st century*, Metals, vol.11, no.5, doi: 10.3390/met11050836.

[2]. K. H. Lo, C. H. Shek and J. K. L. Lai (2009), *Recent developments in stainless steels*, Materials Science and Engineering R: Reports, vol.65, no.4-6, doi: 10.1016/j.mser.2009.03.001.

[3]. K. A. Emelyanenko, A. M. Emelyanenko and L. B. Boinovich (2023), *Laser Obtained Superhydrophobic State for Stainless Steel Corrosion Protection, a Review*, Coatings, vol.13, no.1, doi: 10.3390/coatings13010194.

[4]. G. Ko, W. Kim, K. Kwon and T. K. Lee (2021), *The corrosion of stainless steel made by additive manufacturing: A review*, Metals, vol.11, no.3, doi: 10.3390/met11030516.

[5]. R. Hübler, A. Cozza, T. L. Marcondes, R. B. Souza and F. F. Fiori (2001), *Wear and corrosion protection of 316-L femoral implants by deposition of thin films*, Surf, Coatings Technol., vol.142, no.144, doi: 10.1016/S0257-8972(01)01321-4.

[6]. W. Ahmed, A. Elhissi, M. J. Jackson and E. Ahmed (2012), *Precision machining of medical devices*, in The Design and Manufacture of Medical Devices, doi: 10.1533/9781908818188.59.

[7]. M. Arakawa, S. Yamaguchi, H. Sumitomo, S. Todashi, T. Nishida and T. Ooka (1978), *NICKELLESS AUSTENITIC STAINLESS STEEL - YUS 120*, Nippon Steel Tech. Rep., no.12.

Ngày nhận bài: 12/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 10/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 08/5/2024

Nghiên cứu tính toán phân tích tĩnh học của cánh tay robot 8 bậc tự do trong các điều kiện tải trọng thay đổi

■ **KS. ĐỖ VĂN TỈNH**
Trường Đại học Kinh tế Kỹ thuật công nghiệp
Email: dvtinh@uneti.edu.vn

TÓM TẮT: Xu thế phát triển các sản phẩm trong công nghiệp bao gồm vòng đời sản phẩm ngắn hơn, giảm thời gian đưa ra thị trường và tùy chỉnh hàng loạt đòi hỏi các mô hình và phương pháp tiếp cận mới do dây chuyền sản xuất và máy móc. Về lâu dài, các công ty sản xuất và chế tạo sẽ chỉ có thể tồn tại trước xu hướng toàn cầu hóa ngày càng tăng nếu họ có thể phản ứng linh hoạt và nhanh chóng trước những thay đổi của nhu cầu khách hàng và thị trường. Các mô hình và cách tiếp cận mới đang chờ đợi để đáp ứng những yêu cầu này. Các hệ thống sản xuất được kiểm soát tập trung, có tính liên kết cao và được liên kết chặt chẽ thành các mô-đun liên kết. Trong bài báo này, khái niệm về cánh tay robot tám bậc tự do sẽ được nghiên cứu. Nó mang lại khả năng chuyển động linh hoạt, cho phép đạt được nhiều vị trí cho bất cứ mục tiêu nhất định nào. Chuyển động được điều chỉnh bởi các ràng buộc bổ sung để chuyển động thực tế hơn so với các hệ thống sử dụng sáu bậc tự do thông thường. Bài báo trình bày một phương pháp sử dụng mô hình hóa và phân tích tĩnh cánh tay robot tám bậc tự do để nghiên cứu cơ chế chuyển động và khả năng chịu tải trong các điều kiện tải trọng khác nhau.

TỪ KHÓA: Cánh tay robot, bậc tự do, phân tích tĩnh học.

ABSTRACT: Product development trends in industry include shorter product life cycles, reduced time to market and mass customization that require new models and approaches driven by production lines and machinery. In the long term, production and manufacturing companies will only be able to survive the growing trend of globalization if they can respond flexibly and quickly to changes in customer and market demand. New models and approaches are waiting to meet these requirements. Production systems are centrally controlled, highly interconnected and tightly linked into linked modules. In this paper, the concept of an eight-degree-of-freedom robotic arm will be studied. It provides flexibility of movement, allowing for multiple positions for any given goal. Movement is governed by additional constraints for more realistic movement than systems using conventional six degrees of freedom. This article presents a method using modeling and static analysis of an eight-degree-of-freedom robot arm to study the motion mechanism and load-bearing capacity under different loading conditions.

KEYWORDS: Robot arm, degrees of freedom, static analysis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mục tiêu chính của nghiên cứu là tạo ra một phương thức và phân tích cánh tay robot tám trục độc đáo cho các ứng dụng công nghiệp. Cánh tay robot tám bậc tự do khá phức tạp về mặt lý thuyết toán học. Cánh tay robot cung cấp phạm vi quỹ đạo rộng trên không gian ba chiều xung quanh chân đế. Điều này cho phép có nhiều vị trí cánh tay thao tác được cho mục tiêu nhất định nào đó, do đó mang lại khả năng chuyển động rất linh hoạt. Chuyển động có thể được điều chỉnh bởi các ràng buộc bổ sung, để chuyển động thực tế hơn so với các hệ thống sáu bậc tự do thông thường, nghiên cứu kết hợp thêm hai bậc tự do nữa vào robot sáu bậc tự do có khớp nối cánh tay robot. Hai bậc tự do bổ sung là chuyển động tịnh tiến của tấm quay đối với khâu 1 và chuyển động tịnh tiến của tay kẹp đối với khâu 5.

Một số bài báo tham khảo tại các tạp chí quốc tế uy tín đã thảo luận về công nghệ máy tính và hệ thống điều khiển, làm tăng đáng kể khả năng điều khiển chuỗi động học về độ chính xác của việc định vị. Chuỗi động học có độ

chính xác cao hoặc việc điều chỉnh các hệ thống hoạt động để đạt được độ chính xác phù hợp vẫn được yêu cầu trong các ứng dụng thực tế. Bài báo trình bày một cách tiếp cận ban đầu bằng cách sử dụng phân tích độ chính xác cấu trúc của robot và xem xét các chuỗi và cơ chế của nó. Các kết quả về phân tích tĩnh học và các tần số tự nhiên nhằm dựa vào đó để cải thiện kết cấu và đặc tính của robot.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô hình hóa cánh tay robot có sự hỗ trợ của máy tính

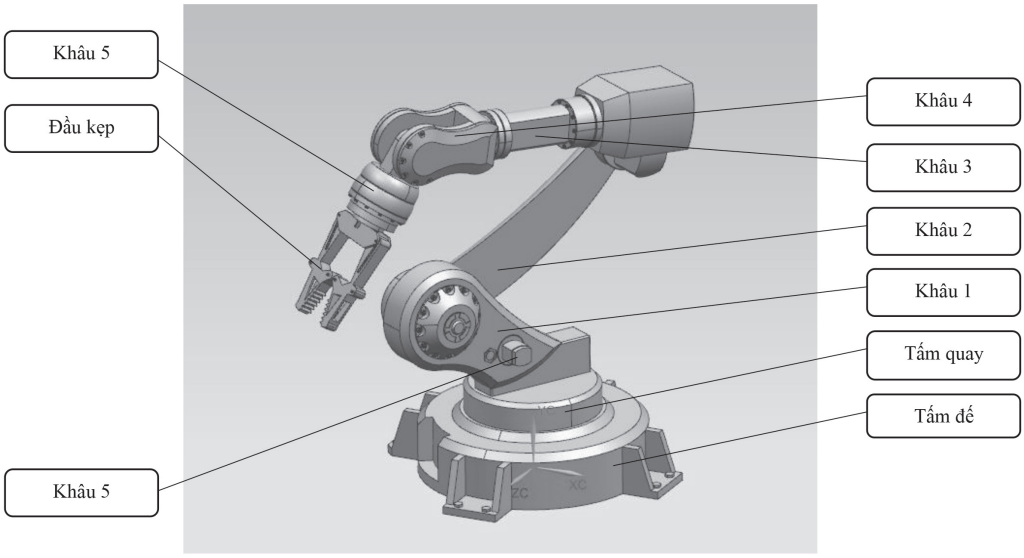
Về cấu trúc chức năng, một mô hình 3D của cánh tay robot được xây dựng bao gồm các bộ phận và liên kết với nhau thành mô hình hệ thống robot. Trong động học robot, bộ kẹp có thể được di chuyển đến bất cứ vị trí nào bằng cách xoay các khâu và khớp. Với mục đích này, các khâu và khớp nối được coi như một hệ tọa độ độc lập. Mô hình hóa cánh tay robot tám bậc tự do được thực hiện bằng phần mềm NX.

Các thành phần của cánh tay robot tám bậc tự do bao gồm:
- Tấm đế;
- Tấm quay;
- Khâu 1;
- Khâu 2;
- Khâu 3;
- Khâu 4;
- Khâu 5;
- Đầu kẹp;
- Bộ phận điều khiển 1;
- Bộ phận điều khiển 2;
- Bộ phận điều khiển 3;
- Bộ phận điều khiển 4.

2.2. Lắp ráp cánh tay robot

Khi kết hợp các khâu thành các bộ phận, kết hợp các bộ phận thành các cụm, chế độ lắp ráp trong NX cho phép lắp ráp các bộ phận thành phần và các cụm lắp ráp con lại với nhau để tạo thành cụm lắp ráp.

Lắp ráp cánh tay robot được hiển thị như hình bên dưới:



Hình 2.1: Cấu tạo cánh tay robot tám bậc tự do

Tám bậc tự do đạt được bằng cách kết hợp thêm hai bậc tự do vào sáu bậc tự do có khớp nối cánh tay robot. Hai bậc tự do bổ sung là chuyển động tịnh tiến của tấm quay đối với khâu 1 và chuyển động tịnh tiến của tay kẹp với khâu 5.

2.3. Chuyển động của cánh tay robot

- Trục 1: Trục này nằm ở đế robot, cho phép robot quay từ phải sang trái. Đây là chuyển động tương đối của tấm quay đối với khâu 1. Điều này cho phép tấm quay quanh trục của chính nó theo chiều kim đồng hồ trong nửa chu kỳ chuyển động của cánh tay robot. Chuyển động này mở rộng khu vực làm việc bao gồm cả khu vực ở hai bên và phía sau cánh tay. Trục này cho phép robot quay tới 90 độ.

- Trục 2: Trục này cũng được đặt ở chân đế robot, cho phép robot di chuyển theo hướng lên trên và hướng xuống dưới. Đây là chuyển động tương đối giữa tấm quay và khâu 1. Điều này cho phép chuyển động của tấm quay theo hướng đi lên dọc theo trục khớp nối giữa tấm quay và khâu 1 trong nửa chu kỳ chuyển động đầu tiên của cánh tay robot và theo hướng đi xuống hướng dọc theo cùng một trục của khớp trong nửa chu kỳ chuyển động quay trở lại của cánh tay robot.

- Trục 3: Trục này nằm ở vị trí liên kết của robot. Đây là chuyển động tương đối của khâu 2 đối với tấm quay. Trục này cho phép liên kết 2 của cánh tay robot kéo dài về phía trước và phía sau. Nó là trục cung cấp năng lượng cho toàn bộ cánh tay robot chuyển động. Trong nửa chu kỳ chuyển động đầu tiên của cánh tay robot, khâu 2 quay theo hướng ngược chiều kim đồng hồ dọc theo trục khớp nối 2 và tấm quay.

- Trục 4: Trục mở rộng tầm với theo chiều dọc của robot. Đây là chuyển động tương đối của liên kết 3 và liên kết 2. Nó cho phép liên kết 3 nâng lên và hạ xuống. Trong nửa chu kỳ chuyển động đầu tiên của cánh tay robot, khâu 3 quay theo

chiều kim đồng hồ dọc theo trục khớp nối 3 và khâu 2, cho phép cánh tay trên vươn ra phía sau, mở rộng phạm vi làm việc.

- Trục 5: Trục này hỗ trợ việc định vị bộ phận tác động cuối và thao tác với bộ phận được gọi là cổ tay. Đó là chuyển động tương đối giữa khâu 4 và khâu 3. Nó làm khâu 4 quay quanh trục để liên kết 3 chuyển động theo chiều ngang và chiều dọc.

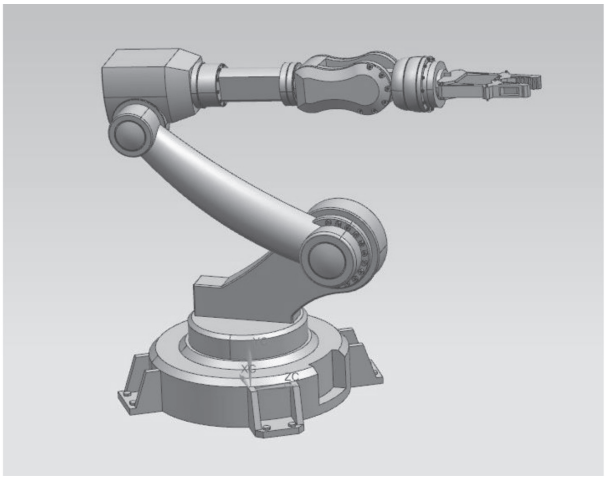
- Trục 6: Trục này cho phép liên kết 5 của cánh tay robot nghiêng lên xuống. Đây là chuyển động tương đối của khâu 5 và khâu 4. Trục này chịu trách nhiệm về chuyển động nghiêng, chuyển động cao độ hay uốn cong, lên xuống như mở và đóng nắp hộp, chuyển động sang trái và phải giống như một cánh cửa có bản lề.

- Trục 7: Trục này cho phép bộ phận kẹp của cánh tay robot di chuyển tiến và lùi. Đây là chuyển động tương đối của bộ kẹp đối với liên kết 5. Trong nửa chu kỳ chuyển động đầu tiên của cánh tay robot, bộ kẹp di chuyển theo hướng thuận dọc theo trục khớp nối của bộ kẹp và liên kết 5. Trong nửa chu kỳ quay lại tiếp theo, nó di chuyển theo hướng lùi dọc theo cùng một trục của khớp.

- Trục 8: Trục này cho phép bộ phận kẹp của cánh tay robot quay quanh trục của chính nó. Đây là chuyển động tương đối của bộ kẹp với liên kết 5. Nó chịu trách nhiệm thực hiện chuyển động xoắn, cho phép nó xoay tự do theo chuyển động tròn, vừa để định vị các cơ quan tác động cuối, vừa để thao tác các bộ phận.

3. PHÂN TÍCH KẾT CẤU TĨNH

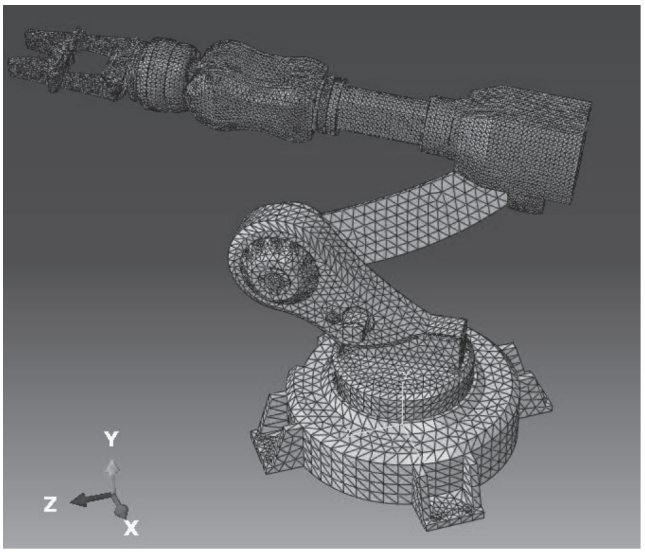
Phân tích tĩnh là nghiên cứu về cấu trúc tại một thời điểm cố định và động học và nghiên cứu về cấu trúc trong một khoảng thời gian. Về cơ bản, tĩnh học nghiên cứu những thứ không chuyển động, trong khi động lực học nghiên cứu những thứ chuyển động. Tĩnh học liên quan đến mô-men, lực, ứng suất, áp suất… Động lực học liên quan đến độ dịch chuyển, vận tốc, gia tốc, động lượng… Tĩnh học liên quan đến cách một hệ cơ học sẽ hoạt động nếu mọi thứ hoàn toàn hóa cứng.



Hình 3.1: Mô hình cánh tay robot tám bậc tự do dưới dạng 3D bằng phần mềm NX

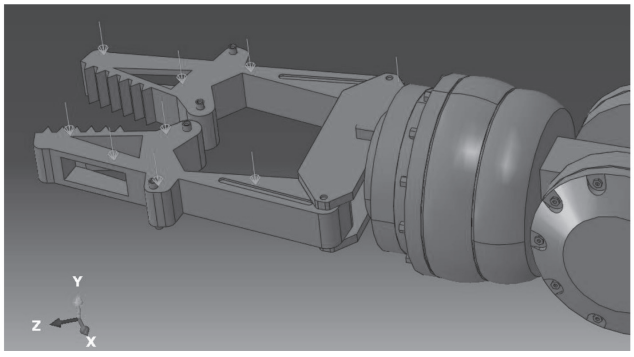
3.1. Chia lưới

Quá trình biểu diễn một miền vật lý bằng các phần tử hữu hạn được gọi là chia lưới và tập hợp các phần tử thu được gọi là lưới của phần tử hữu hạn. Vùng tiếp xúc giữa các bộ phận được xác định đầy đủ bằng các bề mặt có định nghĩa kiểu liên kết. Mô hình kết quả bao gồm 221.275 phần tử với tổng khối lượng xấp xỉ 100 kg và thể tích xấp xỉ 0,011 m^2.

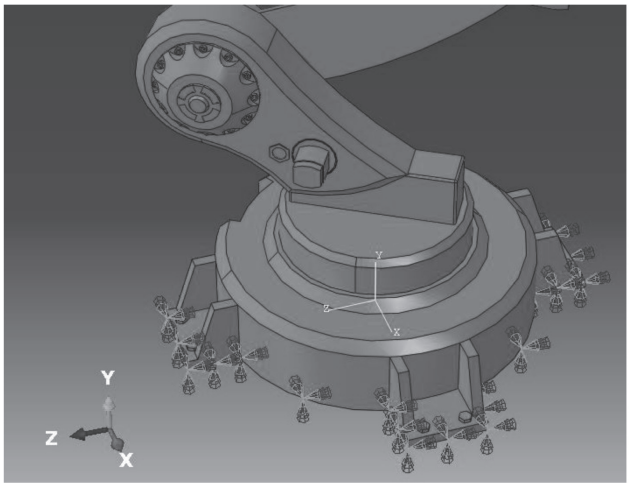


Hình 3.2: Chia lưới cánh tay robot tám bậc tự do bằng phần mềm Abaqus

3.2. Áp điều kiện biên



Hình 3.3: Tải trọng đặt lên tay gắp của cánh tay robot



Hình 3.4: Cố định sáu bậc tự do cho đế robot

Đối với dữ liệu đầu vào và sơ đồ tải trọng, lực hấp dẫn và quán tính đã được đưa vào mô hình hiện tại với các giá trị tối đa mà ứng dụng yêu cầu. Cơ sở đã được cố định. Vận tốc quay 16 rad/s được tác dụng tại mối nối giữa liên kết 4 và liên kết 5. Tải trọng được tác dụng tại điểm cuối của kẹp. Vận tốc chuyển động thẳng là 1 cm/s. Sự phân bố nhiệt độ theo nhiệt độ phòng là 25^0C và được xem xét là điều kiện lý tưởng.

3.3. Phân tích cánh tay robot

Quá trình phân tích phần tử hữu hạn cánh tay robot được thông qua phần mềm chuyên dụng phân tích FEM. Mô hình đã được xuất sang bộ xử lý FEM trên phần mềm Abaqus. Mô hình hóa đã được cập nhật và cấu trúc chia lưới được thực hiện trong phần mềm chuyên dụng Abaqus. Xem xét tải trọng đầu vào, một phân tích tĩnh đã được thực hiện cho toàn bộ hệ thống, nhằm thu được các thông số chính về biến dạng, ứng suất và độ mỏi. Khi xem xét phân tích tĩnh học của cánh tay robot, trước tiên tất cả các khớp đều được coi là khóa cứng để cánh tay trở thành một chi tiết.

Phân tích tĩnh bao gồm việc đánh giá chuyển vị tổng thể, ứng suất tương đương dưới các tải trọng khác nhau, ứng suất cắt tối đa và phân tích về độ mỏi để tìm ra tuổi thọ cũng như các dạng hư hỏng và biện pháp an toàn. Trong nghiên cứu này, tải trọng được đặt vào đầu kẹp để tiến hành phân tích bao gồm 5 kg, 15 kg và 25 kg. Kết quả được chi ra trong bảng sau:

Bảng 3.1. Kết quả phân tích tĩnh cánh tay robot dưới các tải trọng khác nhau

Tải trọng	Chuyển vị (mm)	Ứng suất tương đương (Mpa)	Ứng suất cắt lớn nhất (Mpa)	Ứng suất tiếp xúc (Mpa)
5	0,21	74,457	38,341	138,542
15	0,18	72,056	37,654	136,425
25	0,16	69,153	36,425	135,722

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã phân tích mô hình cánh tay robot tám bậc tự do thông qua các tải trọng khác nhau để tìm ra chuyển vị và các dạng ứng suất, để từ đó đánh giá chi tiết tốt hơn khi sử dụng cánh tay robot trong các ứng dụng công nghiệp như hàn hồ quang, hàn điểm, phun sơn, dây chuyền lắp ráp… Có tổng cộng tám bậc tự do trong cánh tay robot, trong đó có sáu bậc là chuyển động quay và hai bậc chuyển động tịnh tiến.

Kết quả phân tích tĩnh cho thấy rằng biến dạng tổng tối đa chủ yếu tập trung ở phần trên của cánh tay robot, nơi tải trọng được áp dụng cho tất cả các trường hợp, tức là liên kết 5 và kẹp. Những biến dạng tổng tối đa này rất nhỏ và không đáng kể.

Theo nghiên cứu, cánh tay robot này cho phép robot có thể hoạt động tại nhiều vị trí nào, do đó mang lại khả năng chuyển động linh hoạt hơn so với các hệ robot sáu bậc tự do.

Thông qua phương pháp mô phỏng phân tích có thể dễ dàng tối ưu hóa thiết kế, kiểm bền chi tiết thiết kế dưới tác dụng của tải trọng tĩnh và tải trọng động. Đưa quá trình thiết kế đến chế tạo trở thành khâu khép kín, tránh hiện tượng chế tạo sản phẩm kém bền, tiết kiệm chi phí cho quá trình chế thử và tiết kiệm thời gian cho quá trình thiết kế - chế tạo.

Dựa vào kết quả ứng suất và biến dạng, các nghiên cứu vẫn tiếp tục được đào sâu và mở rộng để tìm ra giải pháp cải thiện kết quả, nghiên cứu thực nghiệm đề xuất cho mô hình phân tích để so sánh kết quả với phương pháp phần tử hữu hạn.

Tài liệu tham khảo

[1]. Maxine Emerich, *Design of a six Degree-of-Freedom Articulated Robotic Arm for Manufacturing Electrochromic Nanofilms*.

[2]. T.T. Mon, F.R. Mohd Romlay and M.N. Tamin, *Advances in Robot Manipulators-Chp 28 Role of Finite Element Analysis in Designing Multi-axes for Robotic Manipulators*, Universiti Malaysia Pahang, Universiti Teknology Malaysia, Malaysia, pp.565-588.

[3]. Jaydeep Roy, Randal Goldberg and Louis L.Whitcomb (2000), *Structural Design and Analysis of a New SemiDirect Drive Robot Arm: Theory & Experiments*, Department of Mechanical Engineering, Johns Hopkins University, IEEE International Conference on Robotics and Automation.

[4]. Choong W. H. & Yeo K. B., *Structural Design for a 3DOF Rrobot Lower-Arm Via Computer Aided Engineering*, Centre of Materials & Minerals, Universiti Malaysia Sabah, 88999 Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia, pp.8-18.

Ngày nhận bài: 25/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 15/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 06/5/2024

Nghiên cứu chuyển vị tường Buttress kết hợp tường Barrette trong thi công hầm

■ **TS. NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG**
Trường Đại học Xây dựng Miền Tây
Email: nguyentuanphuong@mtu.edu.vn

TÓM TẮT: Việc xây dựng các công trình có nhiều tầng hầm trong các đô thị lớn hiện nay ngày càng trở nên phổ biến, đồng thời cũng đối mặt với nhiều sự cố như sụp lún, trượt ngang, trong đó có biến dạng ngang lớn ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Do đó, giải pháp kỹ thuật thi công xây dựng tường vây các tầng hầm được yêu cầu rất nghiêm ngặt nhằm hạn chế rủi ro có thể xảy ra. Thông thường, việc thi công xây dựng sử dụng tường vây cọc Barrette, tuy nhiên trong một số công trình có yêu cầu chuyển vị ngang của tường vây rất nhỏ. Để đảm bảo yêu cầu này, giải pháp kỹ thuật được đề ra là sử dụng hệ tường Buttress kết hợp với tường Barrette trong thi công xây dựng tầng hầm. Nội dung bài báo nghiên cứu chuyển vị của tường Buttress kết hợp tường Barrette trong thi công hầm có thể giảm chuyển vị ngang cho công trình lân cận.

TỪ KHÓA: Tường Buttress, tường Barrette, hố đào sâu, chuyển vị, hầm.

ABSTRACT: To day, the construction of projects with many basements in large urban areas is becoming more and more popular, and also faces many incidents such as subsidence and horizontal slippage, including large horizontal deformations affecting the buildings, neighboring buildings. Therefore, technical solutions for constructing diaphragm walls in basements are required very strictly to limit possible risks. Normally construction uses Barrette pile diaphragm walls, however in some projects the horizontal displacement of the diaphragm wall is required to be very small. To ensure this requirement, the proposed technical solution is to use the Buttress wall system combined with Barrette wall in basement construction. The content of the paper is to study the displacement of Buttress walls combined with Barrette walls in tunnel construction, which can reduce horizontal displacements for neighboring structures.

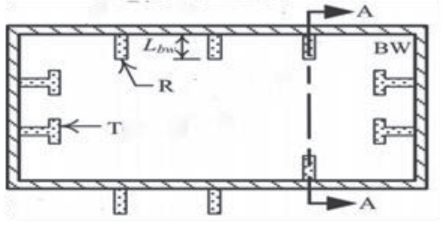
KEYWORDS: Buttress wall, Barrette wall, deep excavation, displacement, tunnel.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các công trình đã được thi công trước đây sau thời gian dài nền đất đã ổn định. Các công trình thi công sau trong quá trình thi công thường triển khai các giải pháp thi công móng sâu cũng như giải pháp thi công hầm. Điều này luôn tiềm ẩn những rủi ro cao cho các công trình lân cận ở những vị trí hố đào sâu. Cơ chế phá hoại ngang trong đất nền đã gây ra nhiều sự cố công trình cũng như nhiều tổn thất về kinh tế và xã hội. Các cơ chế phá hoại được hình thành chủ yếu do thay đổi ứng suất bên trong nền đất xuất hiện trong quá trình thi công như thay đổi điều kiện nước ngầm dưới nền đất hoặc thay đổi độ cứng của tường và biện pháp thi công đào sâu. Sự xuất hiện mặt trượt có thể diễn ra nhanh hay chậm còn tùy thuộc vào nhiều yếu tố trong quá trình thi công và rất khó kiểm soát. Việc phá hoại công trình có thể diễn ra theo cơ chế trượt ngang do thay đổi ứng suất làm lún nền.

2. TƯỜNG BUTTRESS

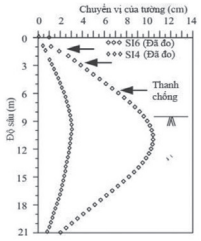
Tường Buttress (BW) là tường bê tông cốt thép có chiều dài hữu hạn được thi công trước khi tiến hành đào và để kết nối với tường Barrette, từ đó làm tăng độ cứng tổng thể của hệ thống tường vây. Tường Buttress có thể được bố trí ở hai phía, thông thường tường vây sẽ được làm gần hết khu đất để tận dụng tối đa diện tích, vì vậy tường Buttress thường sẽ được thi công ở bên trong hố đào. Tường Buttress sẽ được thi công sau cũng bằng công nghệ thi công tường Barrette và có thể bố trí trong *Hình 2.1*.



Hình 2.1: Mặt bằng các kiểu bố trí tường Buttress [3]

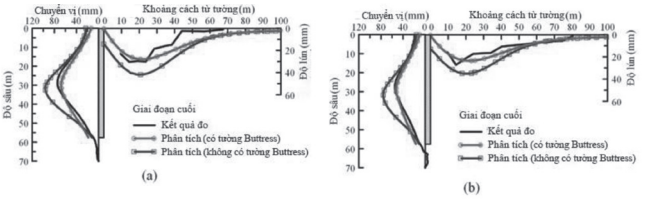
Theo Chang Yu Ou [3], hệ tường Buttress của một hố đào sâu có kích thước 44 m dài, 42 m rộng và sâu 8,6 m. Tường Barrette dày 0,6 m với chiều sâu 21 m. Để bảo vệ công trình lân cận hố đào, tường Buttress đã được áp dụng và bố trí dọc theo cạnh 42 m của công trình. Kết quả cho thấy chuyển vị của tường Barrette khi bố trí tường BW (SI4) và khi không bố trí tường BW (SI6) tại khu vực ở giữa

các cạnh và tại giai đoạn đào cuối cùng, có thể thấy rằng việc sử dụng BW mang lại hiệu quả cao trong việc giảm biến dạng của tường trong trường hợp này. Chuyển vị của tường vây tại SI4 nhỏ hơn nhiều so với SI6 được thể hiện trong *Hình 2.2*.



Hình 2.2: Mặt bằng bố trí BW và kết quả chuyển vị tường vây tại SI4 và SI6 [4]

Theo Kim Hing Law (2018) [8], tường Buttress giảm ảnh hưởng của việc thi công hố đào sâu tới chuyển vị của tuyến Metro lân cận cho một công trình có hố đào sâu 22,5 m tại Kuala Lumpur, Malaysia, kết quả được thể hiện trong *Hình 2.3a, 2.3b*.

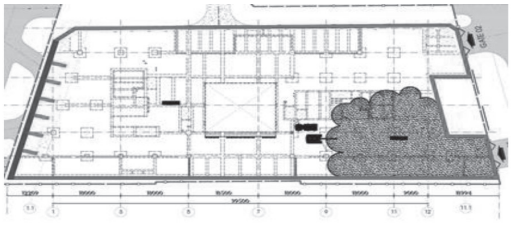


Hình 2.3a,b: So sánh chuyển vị của tường vây và lún nền từ kết quả quan trắc hiện trường và kết quả phân tích từ phần mềm Plaxis 3D [7]

Theo Shong-Loong Chen và cộng sự (2011) [9], sử dụng tường Buttress trong việc giảm chuyển vị tường vây khi thi công hố đào sâu của dự án Taipei 101 và Neuhu. Kết quả cũng chỉ ra rằng, tường Buttress chữ T mang lại hiệu quả hơn tường Buttress chữ I trong việc giảm chuyển vị của tường vây trong trường hợp tường Buttress thi công bên trong hố đào. Chuyển vị của tường vây sẽ giảm khi chiều dài tường Buttress dài và khoảng cách giữa các tường nhỏ.

3. ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CỦA HỆ TƯỜNG BUTTRESS KẾT HỢP TƯỜNG BARRETTE TRONG VIỆC GIẢM CHUYỂN VỊ KHI THI CÔNG HẦM TẠI CÔNG TRÌNH CT TOWNER TP. MỸ THO

Công trình 16 tầng nổi, 5 tầng hầm, chiều sâu đào khoảng 20 m tính từ mặt đất tự nhiên. Sử dụng tường vây cọc Barrette dày D = 1.000 mm, chiều sâu tường vây là 38m, Inclinometer được cắm sâu 40 m tính từ cao độ sàn tầng trệt. Tường vây được gia cố thêm hệ tường Buttress để khống chế và giảm chuyển vị tường vây đảm bảo ổn định theo yêu cầu trong quá trình thi công được thể hiện qua mặt bằng công trình *Hình 3.1*.



Hình 3.1: Vị trí công trình và mặt bằng tường vây dự án

3.1. Địa chất khu vực thi công xây dựng công trình

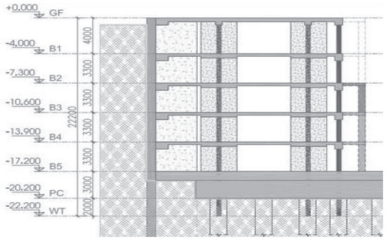
Điều kiện địa chất khu đất được chia thành gồm các lớp đất theo *Bảng 3.1*.

Bảng 3.1. Tổng hợp các thông số nền đất

Lớp đất	Lớp A	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4	Lớp
	Cát sỏi sạn	Sét	Cát	Sét	Sét	Cát pha
Trạng thái	Rời	Dẻo	Chặt vừa	Cứng	Cứng	Chặt vừa
Mô hình	HSM	HSM	HSM	HSM	HSM	HSM
	Drained	Undrained	Drained	Undrained	Undrained	Drained
γ_{unsat} (kN/m^3)	18,5	16,0	21	20,7	21,6	21,4
γ_{sat} (kN/m^3)	19,5	16,8	22	21,2	21,92	21,78
e	0,72	1,32	0,510	0,542	0,421	0,435
K_x (m/ngày)	1	0,0002	10	0,00002	0,00002	10
K_y (m/ngày)	1	0,0001	10	0,00002	0,00002	10
φ′ (°)	30	19,57	30,5	29,32	30,37	43,15
c′ (kPa)	1	12,9	5	22,21	20,5	4,0
Ψ (°)	0	0	1,5	0	0	11,9
R_{inter}	0,8	0,85	0,8	0,85	0,85	0,9
E_{50}^{ref} (kPa)	8.500	4.900	25.620	79.000	85.000	90.000
E_{oed}^{ref} (kPa)	8.500	4.900	25.620	79.000	85.000	90.000
E_{ur}^{ref} (kPa)	25.000	14.200	76.000	235.000	245.000	258.000
m	0,55	0,9	0,9	0,75	0,75	0,65
v_{ur}	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

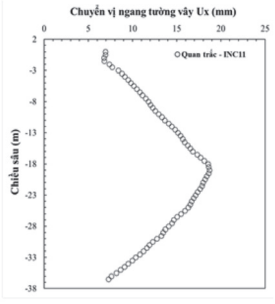
3.2. Trình tự các bước thi công tầng hầm và số liệu quan trắc biến dạng ngang của tường hầm

Thi công tầng hầm được thể hiện theo *Hình 3.2.*



Hình 3.2: Các giai đoạn thi công tầng hầm trong công trình

Tường vây có chiều sâu là 38 m, Inclinometer trong đo đạc ống được hạ vào đất đến độ sâu 40 m. Điểm cuối của ống đo trong lớp đất tốt được xem là điểm chuẩn và được lấy làm mốc và xem chuyển vị ngang và đứng bằng không. Kết quả đo đạc chuyển vị ngang của tường vây cọc Barrette có tường Buttress theo quan trắc như *Hình 3.3.*

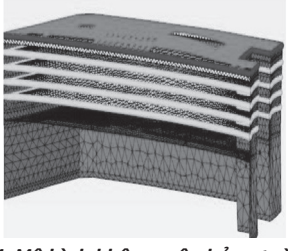


Hình 3.3: Biểu đồ chuyển vị ngang của tường vây cọc Barrette có tường Buttress theo kết quả quan trắc

Kết quả quan trắc cho thấy chuyển vị ngang lớn nhất của tường ở chiều sâu 18 m ứng với chuyển vị 17,538 mm.

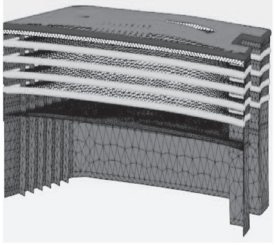
3.3. Mô phỏng bài toán bằng phương pháp phần tử hữu hạn sử dụng Plaxis 3D Foundation

Mô phỏng tường vây cọc Barrette ứng với từng giai đoạn thi công hầm theo thực tế như *Hình 3.4.*



Hình 3.4: Mô hình không mô phỏng tường Buttress

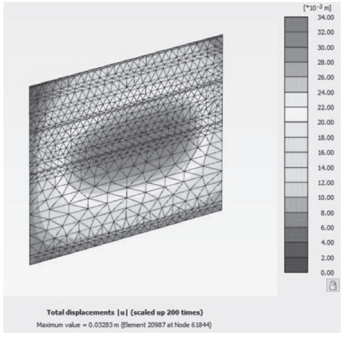
Mô phỏng tường vây cọc Barrette có sử dụng tường Buttress ứng với từng giai đoạn thi công hầm theo thực tế như *Hình 3.5.*



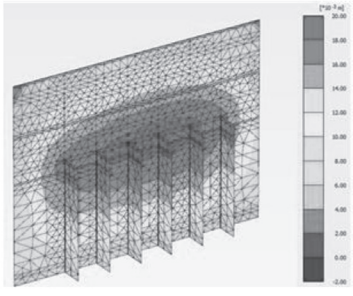
Hình 3.5: Mô hình mô phỏng tường Buttress

Kết quả mô phỏng tường vây cọc Barrette không có tường Buttress cho thấy chuyển vị của tường vây cọc Barrette tập trung ở đoạn giữa tường là lớn nhất. Chuyển vị lớn nhất ở chiều sâu khoảng 17 - 18 m. Trong khi 4 biên trên, dưới, trong, ngoài rất bé và không đáng kể như *Hình 3.5.*

Trong trường hợp mô phỏng tường vây cọc Barrette có tường Buttress cho thấy chuyển vị của tường vây cọc Barrette có khuynh hướng giảm chuyển vị ở giữa tường do có sự gia tăng về độ cứng tường nên ứng suất có khuynh hướng phân bố cho các biên. Chuyển vị lớn nhất tập trung ở đầu các tường Buttress ứng với độ sâu 17 - 18 m. Điều này thể hiện rõ ở *Hình 3.7.*

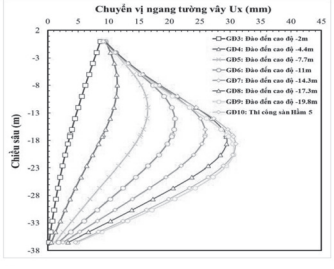


Hình 3.6: Chuyển vị của tường vây khi không mô phỏng tường Buttress

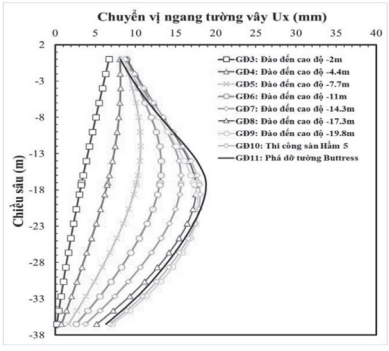


Hình 3.7: Chuyển vị của tường vây khi mô phỏng tường Buttress

Trong quá trình thi công tầng hầm, chuyển vị của tường chủ yếu ảnh hưởng do áp lực ngang, tuy việc giằng chống cũng như hoàn thiện sàn trong quá trình thi công cũng dựa vào giá trị áp lực ngang phát sinh để từ đó gia tăng các hệ chống đỡ. Tuy nhiên, việc này cũng không đảm bảo triệt tiêu áp lực ngang. Do đó, chuyển vị của tường cọc Barrette trong trường hợp không tường Buttress là khá lớn trong giai đoạn thi công sàn tầng hầm 5 được thể hiện trong *Hình 3.8.* Trong khi việc thi công tầng hầm 5 có sử dụng tường vây cọc Barrette kết hợp tường Buttress thì chuyển vị ngang của tường cọc Barrette giảm đáng kể do ảnh hưởng độ cứng tường Buttress được thể hiện trong *Hình 3.9.*



Hình 3.8: Chuyển vị của tường vây ứng với từng giai đoạn thi công trong trường hợp không bố trí tường Buttress



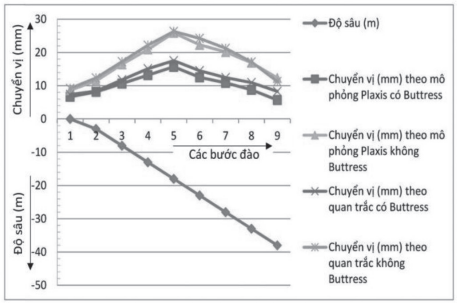
Hình 3.9: Chuyển vị của tường vây ứng với từng giai đoạn thi công trong trường hợp bố trí tường Buttress

Chuyển vị của tường vây Barrette theo mô phỏng và kết quả quan trắc như *Bảng 3.2*.

Bảng 3.2. Chuyển vị tường vây khi bố trí và không bố trí tường Buttress

Độ sâu (m)	Chuyển vị (mm) theo mô phỏng Plaxis có Buttress	Chuyển vị (mm) theo mô phỏng Plaxis không	Chuyển vị (mm) theo quan trắc có Buttress	Chuyển vị (mm) theo quan trắc không Buttress
0	6,69	8,65	7,363	9,213
-3	8,14	11,45	8,375	12,357
-8	10,67	16,46	11,8	17,248
-13	13,21	20,91	15,125	22,167
-18	15,7	25,88	17,538	26,321
-23	12,51	22,32	14,521	24,248
-28	10,89	20,16	12,46	21,257
-33	8,76	16,89	10,92	17,138
-38	5,69	12,34	8,32	11,247

Kết quả phân tích từ mô phỏng và quan trắc chuyển vị ngang thực tế của tường cọc Barrette có sử dụng tường Buttress giảm nhiều theo chiều sâu của tường. Giá trị giảm lớn nhất ở độ sâu khoảng 18 m tương ứng 33,36% được thể hiện trong *Hình 3.10*.



Hình 3.10: Biểu đồ chuyển vị ngang tường vây theo quan trắc và 2 trường hợp mô phỏng có cọc và không cọc

Theo *Hình 3.10*, nhận thấy trong trường hợp thiết lập mô phỏng có khai báo tường Buttress kết hợp tường cọc Barrette thì chuyển vị ngang của tường vây có khuynh hướng phân bố đều hơn từ trên xuống dưới, ít chuyển vị cục bộ ở giữa tường, đều này hạn chế phát sinh khe nứt cho kết cấu tường trong quá trình thi công. Chuyển vị tường vây tại khu vực đáy hố đào sẽ chuyển vị lớn hơn tại vị trí chân tường.

4. KẾT LUẬN

Kết quả chuyển vị ngang cực đại của tường vây trong trường hợp có mô phỏng có tường Buttreess và không tường Buttress gần giống với số liệu quan trắc thực tế, mức độ sai lệch khoảng 1,0% so với quan trắc. Trong trường hợp thiết kế tường vây cọc Barrette có kết hợp tường Buttress chuyển vị ngang của tường ở độ sâu 18 m sẽ giảm từ (33,36% - 39,33%).

Trong một số trường hợp thi công hầm trong điều kiện thi công trong khu vực có yêu cầu hạn chế tối đa chuyển vị ngang có thể gây ảnh hưởng đến công trình lân cận thì nên xem xét đến giải pháp tính toán tường cọc Barrette có kết hợp tường Buttress.

Tài liệu tham khảo

[1]. Zhang, W., & Liu, H. (2021), *Design of Deep Braced Excavation and Earth Retaining Systems Under Complex Built Environment: Theories and Case Studies*, Springer Nature.

[2]. Ou, C. Y., Hsieh, P. G., & Chiou, D. C. (1993), *Characteristics of ground surface settlement during excavation*, Canadian geotechnical journal, 30(5), 758-767.

[3]. Ou, C. Y. (2021), *Fundamentals of Deep Excavations*, CRC Press.

[4]. Chang, C. T., Sun, C. W., Duann, S. W., & Hwang, R. N. (2001), *Response of a Taipei Rapid Transit System (TRTS) tunnel to adjacent excavation*, Tunnelling and Underground Space Technology, 16(3), 151-158.

[5]. Sharma, J. S., Hefny, A. M., Zhao, J., & Chan, C. W. (2001), *Effect of large excavation on deformation of adjacent MRT tunnels*, Tunnelling and Underground Space Technology, 16(2), 93-98.

[6]. Chen, R., Meng, F., Li, Z., Ye, Y., & Ye, J. (2016), *Investigation of response of metro tunnels due to adjacent large excavation and protective measures in soft soils*, Tunnelling and Underground Space Technology, 58, 224-235.

[7]. Hsieh, P. G., & Ou, C. Y. (2018), *Mechanism of buttress walls in restraining the wall deflection caused by deep excavation*, Tunnelling and Underground Space Technology, 82, 542-553.

[8]. Law, K. H. (2018), *A parametric study of efficiency of buttress walls in reducing the excavation-induced tunnel movement*, In Numerical Methods in Geotechnical Engineering IX, vol.2, pp.1173-1179, CRC Press.

[9]. Chen, S. L., Ho, C. T., Li, C. D., & Gui, M. W. (2011), *Efficiency of buttress walls in deep excavations*, Journal of GeoEngineering, 6(3), 145-156.

[10]. Yu, H., Cai, C., Bobet, A., Zhao, X., & Yuan, Y. (2019), *Analytical solution for longitudinal bending stiffness of shield tunnels*, Tunnelling and Underground Space Technology, 83, 27-34.

[11]. J. E. Bowles (1996), *Foundation Analysis and Design*.

[12]. Liew, S. S., & Gan, S. J. (2007), *Back Analyses and Performance of Semi Top- Down Basement Excavation in Sandy Alluvial Deposits*, G&P Geotechnics Sdn Bhd, Wisma G&P, Bandar Tasik Selatan, Kuala Lumpur, Malaysia [2007] Sabatini, PJ Pass, DG Bachus, RC, Geotechnical engineering circular.

Ngày nhận bài: 01/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 17/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 03/5/2024

Nghiên cứu điều khiển vector cho động cơ bước hai pha ứng dụng trong hệ thống trợ lực lái của xe điện

■ **TS. ĐẶNG HỒNG HẢI(*); ThS. CAO ĐỨC THANH**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)danghonghai@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Động cơ bước ngày nay được ứng dụng rộng rãi trong các hệ thống trợ lực điện trên xe ô tô. Các phương pháp điều khiển như kích điện áp đơn, kích điện áp cao và thấp mặc dù đã rất hoàn thiện nhưng chúng đều có các vấn đề thường gặp như dao động tần số thấp, mô-men xoắn tần số cao và đáp ứng chậm. Bài báo sẽ đề xuất phương pháp điều khiển vector của động cơ bước lai hai pha theo cấu trúc cầu H kép, thuật toán SVPWM được trình bày. Các kết quả mô phỏng trên Matlab - Simulink đã chứng minh tính hiệu quả phương pháp điều khiển đề xuất.

TỪ KHÓA: Điều khiển tựa từ thông rotor, điều khiển vector, động cơ bước.

ABSTRACT: Stepper motors are widely used today in electric power steering systems on cars. Although control methods such as single voltage excitation, high and low voltage excitation are very mature, they all have common problems such as low frequency oscillation, high frequency torque and slow response. This article will propose a vector control method of a two-phase hybrid stepper motor according to the dual H-bridge structure, the SVPWM algorithm is presented. Simulation results on Matlab- Simulink have proven the effectiveness of the proposed control method.

KEYWORDS: FOC, space vector modulation, step motor.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong các cơ cấu trợ lực điện trên ô tô, động cơ bước đóng vai trò quan trọng giúp nâng cao trải nghiệm người dùng. Bên cạnh các phương pháp điều khiển động cơ bước truyền thống mặc dù đã rất hoàn thiện nhưng đều tồn tại các vấn đề thường gặp như dao động tần số thấp, mô-men xoắn tần số cao và đáp ứng chậm [1]. Trong [2, 3, 4] đã tiến hành điều khiển vector của động cơ bước lai hai pha, kết quả cho thấy hiệu suất ổn định và hoạt động tốt. Kỹ thuật điều chế độ rộng xung (PWM), điều chế độ rộng xung vector không gian (SVPWM) có thể giảm đáng kể thành phần hài của dòng điện nghịch lưu đầu ra, cải thiện việc sử dụng điện áp một chiều của biến tần và giảm độ gợn sóng mô-men xoắn. Đồng thời, nó dễ dàng thực hiện trên các chip nhúng như vi điều khiển nên được sử dụng rộng rãi trong các loại điều khiển động cơ xoay chiều [5]. Các tài liệu [6, 7, 8] nghiên cứu về SVPWM của điều khiển vector động cơ bước lai. Trong nghiên cứu này, mục đích là điều khiển động cơ bước lai hai pha sử dụng cấu trúc cầu H đôi, thuật toán SVPWM được thiết kế để cải thiện hơn nữa hiệu suất điều khiển của động cơ bước.

2. MÔ HÌNH HÓA ĐỘNG CƠ BƯỚC HAI PHA TRÊN CÁC HỆ TỌA ĐỘ

Động cơ bước lai sử dụng 2 cuộn dây A, B cấp điện áp vào cho stator, điện áp trong 2 cuộn lệch pha nhau 90 độ. Từ pha của dòng điện trong 2 cuộn dây A, B ta có hệ tọa độ tĩnh với trục trục hoành là pha của dòng A và trục tung là pha của dòng B được thể hiện như *Hình 2.1*. Theo [10], động cơ bước lai là động cơ phi tuyến tính có độ phức tạp cao, vì vậy để thuận tiện cho việc điều khiển, một số giả định được đưa ra như sau theo [9]: Động cơ tuyến tính và bỏ qua ảnh hưởng của bão hòa; liên kết từ thông của nam châm vĩnh cửu trong cuộn dây pha thay đổi theo hình sin như vị trí thay đổi của rotor mà không có bất kỳ ảnh hưởng nào từ dòng điện trong cuộn dây statorr; bỏ qua tác dụng của dòng điện xoáy và độ trễ của từ trường, giả sử dây quấn pha hình sin phân bố dọc theo chu vi của stator; độ tự cảm lẫn nhau giữa A và B bằng không. Sức phản điện động trong cuộn dây A và B là:

$$e_a = \omega.p.\psi_m \sin(p\theta) \quad (1)$$

$$e_b = \omega.p.\psi_m \sin(p\theta - \frac{\pi}{2}) \quad (2)$$

Từ đây, ta có phương trình dòng điện trong 2 pha A, B là:

$$L\frac{di_a(t)}{dt} = V_a(t) - R.i_a(t) + \omega(t).p.\psi_m.\sin(p\theta) \quad (3)$$

$$L\frac{di_a(t)}{dt} = V_a(t) - R.i_a(t) + \omega(t).p.\psi_m.\cos(p\theta) \quad (4)$$

Bên cạnh đó, ta có phương trình mô-men điện từ của động cơ [11]:

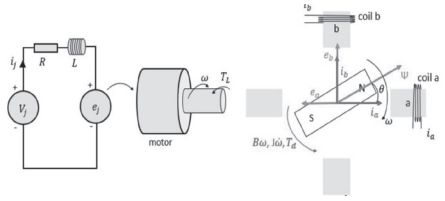
$$T_e = -i_a.p.\psi_m.\sin(p\theta) + i_b.p.\psi_m.\cos(p\theta) \quad (5)$$

Phương trình mô tả quan hê điên-cơ [11]:

$$J\frac{d\omega(t)}{dt} = Te(t) - T_L - B.\omega(t) \quad (6)$$

Trong đó:
ω - Tốc độ cơ của rotor, [rad/s];
p - Số đôi cực của rotor;
ψm - Liên kết từ thông tối đa, [Vs];
θ - Ví trí góc của rotor, [rad];
Va, Vb - Điện áp pha, [V];
ia, ib - Dòng điện pha, [A];

ea, eb - Sức phản điện động, [V];
R - Điện trở của cuộn dây pha statorr, [Ohm];
L - Độ tự cảm pha statorr, [H];
J - Quán tính rotor, [kg m^2];
TL - Mô-men xoắn của tải, [Nm];
B - Hệ số ma sát, [Nms].



Hình 2.1: Động cơ và các thông số của động cơ

Hình bên trái dùng để mô tả phương trình điện áp với R, L, V, e lần lượt là điện trở, cuộn cảm, điện áp và suất phản điện động phía stator. Bên phải là mô tả hệ tọa độ tĩnh. Sử dụng phép biến đổi Park chuyển từ hệ tọa độ tĩnh a-b sang hệ tọa độ quay d-q. Với trục d trùng với vị trí góc rotor và trục q vuông góc với trục d, sau trục d 1 góc 90. Từ đây ta có thể thiết lập mối quan hệ giữa mô-men và dòng điện theo hướng đơn giản hơn [12].

Công thức chuyển hệ tọa độ:

$$i_d = i_a.\cos\theta + i_b.\sin\theta \quad (7)$$

$$i_q = -i_a.\sin\theta + i_b.\cos\theta \quad (8)$$

Thay (7), (8) vào các phương trình (3), (4), (5), ta có phương trình dòng điện trên hệ tọa độ d-q:

$$L\frac{di_d(t)}{dt} = V_d(t) - R.i_d(t) + L.p.\omega(t).i_q(t) \quad (9)$$

$$L\frac{di_q(t)}{dt} = V_q(t) - R.i_q(t) - L.p.\omega(t).i_d(t) - p.\omega(t).\psi_m \quad (10)$$

Phương trình mô-men điện từ:

$$T_e(t) = p.\psi_m.i_q(t) \quad (11)$$

Việc thực hiện điều khiển vector là thông qua pha và biên độ dòng điện stator trong động cơ is. Sau khi thực hiện phép chuyển tọa độ, các thông số này hoàn toàn có thể điều khiển được thông qua điều chỉnh dòng id, iq [13]. Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng phương pháp điều khiển tựa từ thông rotor. Bên cạnh đó, do khe hở không khí của động cơ bước nhỏ, năng lượng đầu ra sẽ bị ảnh hưởng đáng kể bởi hiệu ứng kháng từ, vì vậy để tránh lãng phí năng lượng thì ta có thể cho dòng $id = 0$. Khi đó, dòng điện tại stator và mô-men điện từ của động cơ sẽ được điều khiển hoàn toàn thông qua iq như ta thấy trong phương trình (11) và $is = iq$.

Từ đây, biến đổi Laplace 2 vế của các phương trình (6), (9), (10), (11), ta thu được các phương trình như sau:

$$I_q(s) = \frac{V_q(s) - p.L.\omega(s).I_d(s) - p\psi_m\omega(s)}{L.s + R} \quad (12)$$

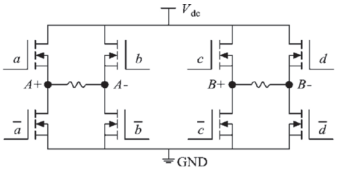
$$I_d(s) = \frac{V_d(s) - p.L.\omega(s).I_q(s)}{L.s + R} \quad (13)$$

$$\omega(s) = \frac{p.\psi_m.I_q(s) - T_L}{J.s + B} \quad (14)$$

3. THIẾT KẾ ĐIỀU KHIỂN

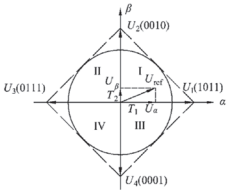
3.1. Kỹ thuật điều chế vector không gian cho động cơ bước

Đối tượng của bài báo này là điều khiển động cơ bước hai pha, vì vậy cấu trúc cầu H kép được sử dụng, được thể hiện trong *Hình 3.1*. Tuy nhiên, thuật toán SVPWM truyền thống được thiết kế cho điều khiển biến tần ba pha, do đó cần phải thiết kế lại thuật toán SVPWM [14] để điều khiển cho động cơ bước.



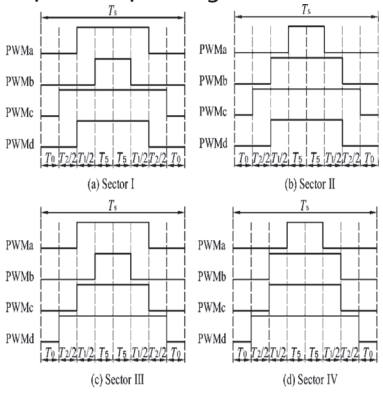
Hình 3.1: Cấu trúc mạch cầu H đôi

Để giảm thiểu độ rung mô-men xoắn của động cơ và cải thiện hiệu suất động của động cơ, thuật toán SVPWM bảy giai đoạn được thiết kế. Trong đó, 4 vector trạng thái U1(1011), U2(0010), U3(0111), U4(0001) và hai vector không U0(0000), U5(1111) được chọn làm các vector cơ bản. Do đó, vòng vector điện áp được chia thành 4 khu vực và biểu đồ vector điện áp cơ bản được hình thành, được thể hiện trên *Hình 3.2* [13, 15].



Hình 3.2: Sơ đồ vector điện áp

Nguyên tắc phân phối được như sau: Khi chuyển mạch, số lượng pha thay đổi trạng thái chuyển mạch phải được giảm thiểu và vector 0 phải được phân bố đồng đều theo thời gian để PWM được tạo ra đối xứng, có thể hiệu quả giảm tần số chuyển mạch, tổn thất chuyển mạch và các thành phần sóng hài của PWM. Trình tự thuật toán SVPWM 7 giai đoạn được thể hiện trong *Hình 3.3*.



Hình 3.3: Dạng sóng thuật toán SVPWM trong từng sector

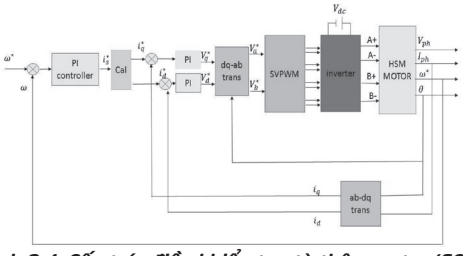
Từ đây, ta có thời gian mở van theo từng nhánh trong các sector khác nhau là:

Bảng 3.1. Thời gian mở van của các nhánh. Với ma, mb, mc, md lần lượt là thời gian mở của van A, van B, van C, van D

Sector	Thời gian mở van
I	$m_a = T_1 + 2.T_5$; $m_b = 2.T_5$; $m_c = T_1 + T_2 + 2.T_5$; $m_d = T_1 + 2.T_5$
II	$m_a = 2.T_5$; $m_b = T_1 + 2.T_5$; $m_c = T_1 + T_2 + 2.T_5$; $m_d = T_1 + 2.T_5$
III	$m_a = T_1 + 2.T_5$; $m_b = 2.T_5$; $m_c = T_1 + 2.T_5$; $m_d = T_1 + T_2 + 2.T_5$
IV	$m_a = 2.T_5$; $m_b = T_1 + 2.T_5$; $m_c = T_1 + 2.T_5$

3.2. Cấu trúc điều khiển tựa từ thông rotor (FOC)

Để điều khiển động cơ bước, nghiên cứu này sử dụng cấu trúc điều khiển tựa từ thông rotor (FOC) được thể hiện như *Hình 3.4.* Khi đó, động cơ được xem như là một vector quay, với hướng vector quay là hướng của trục quay của động cơ. Với những ưu điểm vượt trội của mình, điều khiển FOC đang trở thành một trong những phương pháp điều khiển động cơ phổ biến nhất hiện nay.



Hình 3.4: Cấu trúc điều khiển tựa từ thông rotor (FOC)

Cấu trúc sử dụng bộ điều khiển PI với hai mạch vòng dòng điện và tốc độ, bằng cách tính toán các thông số thích hợp có thể cải thiện đáng kể độ ổn định và độ chính xác của hệ thống điều khiển tự động, đồng thời giảm thiểu sự dao động của hệ thống và đảm bảo tối ưu hóa các thông số điều khiển [12]. Do dòng điều khiển i_q không độc lập do ảnh hưởng của suất phản điện động nên có thể tách rời ảnh hưởng của suất phản điện động, coi đây như tín hiệu nhiễu do giá trị ảnh hưởng là không quá lớn. Bên cạnh đó, khâu quán tính bậc nhất T_D được bổ sung. Đối với mạch vòng dòng điện, giá trị của T_D cần nhỏ hơn giá trị của tần số chuyển mạch. Đối với mạch vòng tốc độ, do các giá trị tốc độ là cơ học, trong khi giá trị của dòng điện là các giá trị điện vốn có giời gian phản hồi nhỏ hơn cơ học rất nhiều, vậy nên giá trị $T_{D\text{-speed}}$ cần nhỏ hơn T_D từ 5 đến 10 lần. Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả sử dụng phương pháp chuẩn tối ưu mô-đun. [9] Hàm chuẩn mô-đun tối ưu là hàm có dạng:

$$F_{mc}(s) = \frac{1}{1 + 2\tau_o s + 2\tau_0^2 s^2} \quad (15)$$

Bộ điều khiển được tính bằng công thức:

$$R(s) = \frac{1}{S_0(s)[F_{MC}^{-1} - 1]} \quad (16)$$

Trong đó: $S_0(s)$ - Hàm truyền hở mở rộng ứng với mỗi mạch vòng điều khiển. Từ *Hình 4.3*, các hàm truyền hở mở rộng của mạch vòng dòng điện và mạch vòng tốc độ lần lượt là:

$$S_{0_current}(s) = \frac{1/R}{(1 + T_D s).(1 + s\frac{L}{R})} \quad (17)$$

$$S_{0_speed}(s) = \frac{K_m / B}{(1 + T_{D_s} s).(1 + s\frac{J}{B})} \quad (18)$$

Sử dụng công thức (16) ta tìm được hàm truyền của bộ điều khiển PI với các hệ số với hai mạch vòng dòng điện và tốc độ như sau:

$$\begin{cases} K_{P_current} = \frac{L}{2T_D}; K_{I_current} = \frac{R}{2T_D} \\ K_{P_speed} = \frac{J}{2.K_m T_{D_s}}; K_{I_speed} = \frac{B}{2.K_m T_{D_s}} \end{cases} \quad (19)$$

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Trong bài báo này, khối Stepper Motor trong Matlab/ Simulink SimPowerSystems để mô phỏng động cơ bước lai. Thông số của động cơ và tham số mô phỏng thể hiện như bảng sau:

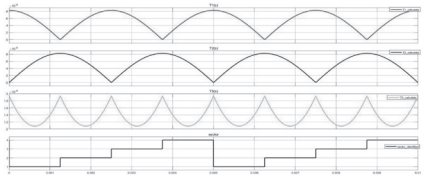
Bảng 4.1. Giá trị các thông số của động cơ

STT	Tên tham số	Giá trị
1	*J* - Quán tính rotor, [kg m^2].	1,2e-7
2	*B* - Hệ số ma sát, [Nms]	0,0013
3	p - Số đôi cực của rotor	50
4	ψ_m - Liên kết từ thông tối đa [Vs]	0,00425
5	*R* - Điện trở của cuộn dây pha stator [Ohm]	2,1
6	*L* - Độ tự cảm pha stator, [H]	4,2e-3
7	T_n - Mô-men xoắn định mức, [Nm]	0,02
8	V_{dc} - Điện áp nguồn cấp cho inverter [V].	24
9	U_{max} - Điện áp cực đại của động cơ, [V].	$\sqrt{2}$
10	I_{max} - Dòng cực đại của động cơ, [A].	$V_{dc}/\sqrt{2}$
11	n_{max} - Tốc độ cực đại của động cơ, [vòng/phút].	500

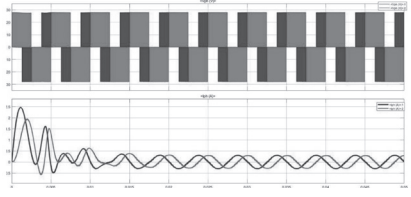
Bước đầu sẽ mô phỏng khâu điều chế vector không gian (SVPWM) cho động cơ bước. Kịch bản mô phỏng: Giả sử ta cung cấp Va_ref, Vb_ref là 2 sóng hình sin với biên độ 14 A và tần số 400 π và điện áp pha A trước pha B 90 độ. Chọn các thông số phía dưới và tiến hành mô phỏng. Các kết quả mô phỏng thể hiện ở *Hình 4.1, 4.2.*

Bảng 4.2. Giá trị các thông sô mô phỏng SVPWM

STT	Tên tham số	Giá trị
1	f_{sw} – Tần số sóng mang (Hz)	50
2	Ts – Chu kỳ điều khiển	0.00425



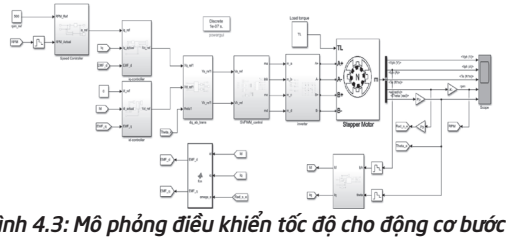
Hình 4.1: Thời gian hoạt động của các trạng thái và sector theo thời gian



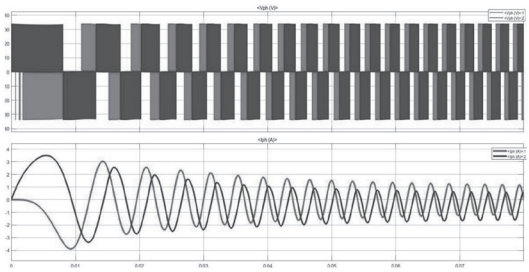
Hình 4.2: Điện áp và dòng điện pha stator thu được

Hình 4.1 cho thấy T1 đạt cực đại khi chuyển từ sector 4 về 1 và sector 2 sang 3 và đạt cực tiểu khi chuyển từ sector 1 sang 2 và sector 3 sang 4. Điều này là hoàn toàn đúng với lý thuyết do T1 ứng với thời gian hoạt động của trạng thái $U1$ và $U3$ nằm trên trục hoành. *Hình 4.2,* ta có thể thấy dòng điện và điện áp tại pha A và pha B lệch pha nhau 1 góc 90 độ. Như vậy có thể thấy kết quả mô phỏng đạt được đã đúng với lý thuyết.

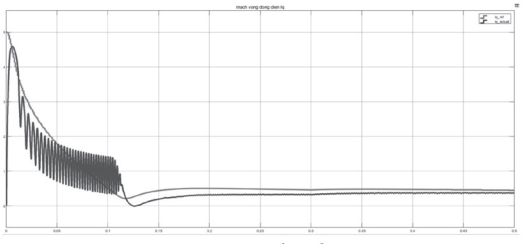
Sau khi hoàn thiện khâu điều chế vector không gian, ta tiến hành mô phỏng điều khiển tốc độ động cơ bước lai với cấu trúc mô phỏng như *Hình 4.3.*



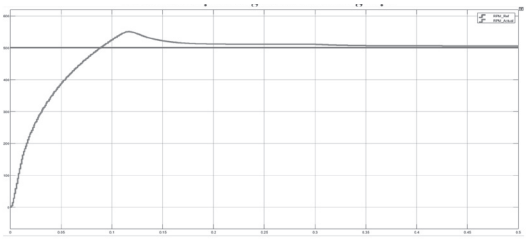
Hình 4.3: Mô phỏng điều khiển tốc độ cho động cơ bước trên Simulink



Hình 4.4: Dòng điện và điện áp pha stator sau điều khiển



Hình 4.5: Mạch vòng điều khiển dòng điện



Hình 4.6: Mạch vòng điều khiển tốc độ

Từ kết quả trên cho thấy, các mạch vòng điều khiển đáp ứng tốt khi cho ra dòng I_d, I_q và tốc độ tương đối sát với tín hiệu đặt. Tuy nhiên, thời gian đáp ứng còn chưa đủ nhanh và xuất hiện nhiều sóng hài. Điều này đòi hỏi phải cải thiện thêm bộ điều khiển PI để thu được kết quả tốt hơn. Bên cạnh đó, ta thấy dòng pha và điện áp pha lệch nhau 1 góc 90 độ, dòng điện khởi động cũng không cao quá dòng điện tối đa của động động cơ, điều này cho thấy việc mô phỏng điều khiển tốc độ cho động cơ bước lai đúng với lý thuyết đưa ra.

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã mô hình hóa động cơ bước lai hai pha trên hệ trục tọa độ d-q, đồng thời xây dựng thuật toán điều khiển SVPWM và cấu trúc điều khiển tựa từ thông rotor. Các kết quả mô phỏng cho thấy được hiệu quả của phương pháp điều khiển khi đạt được yêu cầu với sai lệch nhỏ, đáp ứng tốt. Để tăng tính hữu dụng trong thực tế có thể thiết kế thêm mạch vòng điều khiển vị trí góc rotor, điều khiển mô-men động cơ hoặc bộ lọc Kalman cho ứng dụng không cảm biến hoặc cải thiện hiệu suất bộ điều khiển cho kết quả mô phỏng tốt hơn. Hướng phát triển này sẽ được nghiên cứu và triển khai trong tương lai. Sau khi điều khiển được vector của động cơ bước hai pha, có thể tận dụng tốt hơn dòng điện cuộn dây stator và giảm công suất của biến tần, đồng thời tăng hệ số sử dụng công suất, từ đó có thể thử nghiệm và ứng dụng vào các công việc phức tạp hơn như nâng cao chất lượng của hệ thống trợ lực lái của các phương tiện đường bộ.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số DT23-24.53.

Tài liệu tham khảo

[1]. ZHU Hua, ZHANG Zhong-Wei, YUAN Zhen (2012), *Design of subdivision driver for two-phase hybrid stepping motor based on STM32F103RB*, Electronic Design Engineering, 20 (10), 119-122.

[2]. CHENG Shan-Mei, CAI Kai (2007), *Torque control scheme of stepping motor based on vector*, Electric Drive Automation and Automation, 29 (6): 14-16.

[3]. TANG Jia-Wei (2016), *Two-phase hybrid stepping motor torque vector control*, Industrial Control Computer, 29 (2): 61-64.

[4]. DONG Na (2014), *Research on Two-phase Hybrid Stepping Motor Control System Based on DSP*, Xidian University, XiAn.

[5]. XIONG Jing-Jing (2014), *Research and Implementation of Three-phase Hybrid Stepping Motor Driver Based on DSP*, Wuhan University of Technology, Wu Han.

[6]. SU Yi-Xin, SUN Gong-Wu, NIE Wei (2014), *Subdivision drive of stepping motor based on vector control*, Small & Special Electrical Machines, 42 (2), 56-59.

[7]. WANG Quan-Wu (2016), *Two-phase hybrid stepping motor high-performance closed-loop drives system*, Zhejiang Sci-Tech University, Hang Zhou.

[8]. LIU Yuan-Jing, Yang Xiang-Yu, Zhao Shi-Wei (2014), *Simulation of Position Tracking Servo System of Two-phase Hybrid Stepping Motor Based on SVPWM Technology*, 2014 Annual Meetin of Low Power Motor Exchange, 31-36.

[9]. K. J. H. D. J. L. J. Q. Quanwu WANG (2018), *Research on Closed-loop Drive System of Two-phase Hybrid Step Motor Based on SVPWM*, Southampton, United Kingdom.

[10]. M. Jin and H. Li (24, October, 2011), *Vector Control and SVPWM Strategy of Two-phase Hybrid Stepping Motor*.

[11]. R. Crowder (2019), *Electric Drives and Electromechanical Systems Applications and Control*, Southampton, United Kingdom.

[12]. Y. S. H. P. N. A. S. Saleh Ziaeinejad (29, November, 2012), *Direct Torque Control of Two- Phase Induction and Synchronous Motors*, IEEE Transactions on Power Electronics.

[13]. R. P. Ruilope (2014), *Modelling and Control of Stepper Motors for High Accuracy Positioning Systems Used in Radioactive Environments*, Napoli Federico.

[14]. a. Y. Z. a. Y. L. Xiaolin Hu1 (2018), *Research on Vector Control and Subdivision Drive Technology of Two-phase Hybrid Stepper Motor Based on SVPWM*, Chengdu, China.

[15]. S. V. E. a. C. U. O. Kenneth C. Odo1 (August, 2019), *A Model-based PI Controller Tuning and Design for Field Oriented Current Control of Permanent Magnet Synchronous Motor*, Nsukka Nigeria.

Ngày nhận bài: 05/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 20/3/2024
Ngày chấp nhận đăng: 02/4/2024

Nghiên cứu tàu mặt nước tự vận hành và đánh giá những thách thức đối với đào tạo và huấn luyện thuyền viên

■ **TS. NGUYỄN VĂN TRƯỞNG(*); ĐỖ DUY MẠNH; NGUYỄN TRUNG THƯƠNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)nguyenvantruong@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Tàu mặt nước tự vận hành (MASS) tiếp tục phát triển với tốc độ nhanh chóng trên toàn cầu. Tổ chức Hàng hải Quốc tế (IMO) đã hành động nhanh chóng, các vấn đề đã được đưa ra thảo luận trong nhiều cuộc họp, hội nghị chính thức khác nhau, như: MSC 105, MSC 106, MSC 107. Hơn nữa, các quốc gia thành viên IMO cũng đã tiến hành nghiên cứu các vấn đề liên quan tới MASS. Theo lộ trình do IMO đưa ra, Bộ luật MASS dự kiến sẽ được thông qua vào năm 2026 và có hiệu lực bắt buộc vào năm 2028. Do đó, một số thách thức nhất định nảy sinh đối với chương trình đào tạo và huấn luyện (ĐTVHL) thuyền viên để đáp ứng yêu cầu của MASS ở các cấp độ khác nhau. Bài báo tập trung vào các nội dung chính, bao gồm: Giới thiệu tổng quan về MASS, các công nghệ được ứng dụng trên MASS, đánh giá các thách thức của MASS đối với ĐTVHL thuyền viên trong tương lai.

TỪ KHÓA: Đào tạo và huấn luyện thuyền viên, tàu mặt nước tự vận hành, thách thức.

ABSTRACT: Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) technology continues to develop at a rapid pace globally. IMO acted quickly, the issues were discussed in various official meetings and conferences, such as: MSC 105, MSC 106, MSC 107 as well as the joint working groups MSC-LEG-FAL about MASS. Furthermore, IMO member countries have also Conduct research on issues related to MASS. According to the roadmap set out by IMO, the MASS Code is expected to be adopted in 2026 and come into force in 2028. Therefore, certain challenges arise for seafarers education and training programs to meet MASS requirements at different levels. This article focuses on the main contents, including: An overview of MASS, the technologies applied on MASS and an assessment of the challenges of MASS for seafarers education and training in the future.

KEYWORDS: Education and training seafarers, maritime autonomous surface ships, challenges.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tàu tự hành đã được nhắc tới từ những năm 1970. Tác giả Rolf Schonknecht [1] đã đưa ra nhận định trong tương lai, tàu thuyền vẫn sẽ được điều khiển bởi các thuyền trưởng, tuy nhiên vị trí của họ không phải ở trên tàu mà có thể ở bất cứ nơi đâu - có thể là một trung tâm hoặc trạm điều khiển được bố trí ở trên bờ thông qua việc sử dụng hệ thống máy tính. IMO định nghĩa tàu mặt nước tự vận hành "Maritime Autonomous Surface Ships" (MASS) là một con tàu, ở các mức độ khác nhau, có thể hoạt động độc lập với sự tương tác của con người [2]. Trong một báo cáo của tác giả Koji Wariishi [3] đã lập luận rằng: Tàu tự hành là loại tàu tự động hoặc được điều khiển một phần nhằm thực hiện các hoạt động như điều động tàu, quan sát môi trường xung quanh, cập tàu, điều khiển động cơ… Nghiên cứu của tác giả Dremliuga và Mohd-Rusli cho rằng MASS là một loại tàu tự vận hành có khả năng thực hiện một số loại hoạt động tự vận hành trên biển cho dù có hay không sự xuất hiện của thuyền viên trên tàu [4]. Cơ quan Hàng hải Đan Mạch khái niệm: Tàu tự hành được hiểu là một loại tàu thuyền mà chúng có khả năng tự động điều khiển thông qua sự hỗ trợ một phần hoặc toàn bộ từ thuyền viên, bất kể việc hỗ trợ đó được thực hiện trên tàu hoặc bất cứ nơi nào khác [5].

Sau những khái niệm cơ bản về MASS, IMO đã đưa ra các cấp độ tự động đối với MASS [6] *(Bảng 1.1)*.

Bảng 1.1. Cấp độ tự động của tàu thuyền theo IMO

Cấp độ tàu tự động	Thực hiện	Định nghĩa
Cấp 1	Thuyền viên /hệ thống	Thuyền viên hiện diện trên tàu, thực hiện nhiệm vụ điều khiển và khai thác tàu. Một số chức năng có thể tự động, thuyền viên luôn sẵn sàng để kiểm soát tình hình.
Cấp 2	Thuyền viên /hệ thống	Tàu được điều khiển và vận hành từ một trung tâm trên bờ. Thuyền viên hiện diện trên tàu để kiểm soát và khai thác, điều khiển tàu.
Cấp 3	Thuyền viên /hệ thống	Tàu được điều khiển, vận hành từ trung tâm điều khiển trên bờ. Trên tàu không có thuyền viên.
Cấp 4	Hệ thống	Tàu tự động hoàn toàn.

Bên cạnh IMO, các tổ chức khác cũng đưa ra nhiều cấp độ tự động khác nhau, điển hình như: Lloyd's Register đã xác định có tới 6 cấp độ tự động, trong đó: Cấp độ 1 là cấp độ tự động thấp và có sự hỗ trợ của thuyền viên trên tàu; cấp độ 2, 3 và 4 là cấp độ tự động hóa một phần, có điều kiện và có sự hỗ trợ trên tàu của thuyền viên và trên bờ; cấp độ 5 là cấp độ tự động hoàn toàn, tuy nhiên vẫn có sự hỗ trợ của thuyền viên trong một số trường hợp; cấp độ 6 là cấp độ tự động điều khiển hoàn toàn, thuyền viên không có trên tàu [7]. Cục Vận tải Hoa Kỳ phân định cấp độ tự động dựa vào sự tham gia của máy móc và sự tương tác giữa con người và hệ thống trong quá trình xử lý dữ liệu.

Nếu xét dưới góc độ sự tham gia của máy móc thì cấp độ tự động được chia thành 3 cấp độ, phạm vi từ thông minh (Smart) tới bán tự động (Semi-Autonomous) và cuối cùng là tự động (Autonomous). Nếu xét dưới góc độ tương tác giữa thuyền viên và hệ thống thì được chia thành 4 cấp độ, phạm vi từ phổ thông (Manual), thông minh (Smart), tới bán tự động (Semi-Autonomy) và tự động hoàn toàn (Fully Autonomy) [8].

MASS kì vọng sẽ ứng dụng các công nghệ tiên tiến như: Hệ thống định vị tiên tiến (ANAV), hệ thống tránh va chạm (CAS) và hệ thống quản lý sức khỏe tàu thuyền (VHMS) có thể góp phần loại bỏ lỗi liên quan tới thuyền viên, đồng thời tự động phát hiện và ngăn ngừa lỗi của thiết bị [9-10]. Bên cạnh đó, cần trang bị cho tàu các cảm biến thông minh, bao gồm: Hệ thống định vị toàn cầu (GPS); hệ thống dẫn đường quán tính (INS); camera quang học và hồng ngoại (IR); phát hiện và đo khoảng cách vô tuyến (RADAR); cảm biến gió và áp suất; phát hiện ánh sáng và đo khoảng cách (LIDAR) [11]. Cơ sở hạ tầng viễn thông MASS trong tương lai sẽ bao gồm thông tin vô tuyến VHF, mạng truyền thông không dây băng thông rộng không dây, gồm có wifi, 3G, 4G, 5G và một số mạng vệ tinh bổ sung với quỹ đạo vệ tinh địa tĩnh (GSO), quỹ đạo hình elip cao (HEO), quỹ đạo trái đất trung bình và thấp (hệ thống MEO/LEO).

Ngoài ra, MASS ở các cấp độ 2 và 3 được điều khiển bởi trung tâm bờ (ROC), do vậy để tăng cường giám sát đối với tàu từ xa cần thiết cung cấp thêm các thiết bị thực tế ảo (VR) và thực tế tăng cường (AR). Ngoài ra, công nghệ khẩu độ tổng hợp (SAR) được ứng dụng từ sớm trong lĩnh vực quân sự cũng được xem xét là một ứng dụng khả thi áp dụng đối với MASS. Bởi các hình ảnh do SAR cung cấp không bị ảnh hưởng bởi điều kiện ngoại cảnh, có độ phân giải cao, sử dụng được cả ban ngày và ban đêm.

2. NHỮNG THÁCH THỨC CỦA TÀU MẶT NƯỚC TỰ VẬN HÀNH TỚI ĐTVHL THUYỀN VIÊN

2.1. Thách thức của MASS cấp độ 1 tới ĐTVHL thuyền viên

Việc vận hành các tàu MASS cấp độ 1 và đưa ra quyết định điều khiển tàu vẫn phụ thuộc hoàn toàn vào thuyền viên có mặt trên tàu. Tàu được trang bị các thiết bị tự động hỗ trợ thuyền viên trong việc suy luận đưa ra quyết định cuối cùng để vận hành và khai thác tàu an toàn. Đối với MASS cấp độ 1 thì ngoài việc tham gia trực tiếp vào việc điều khiển tàu, thuyền viên vẫn tiếp tục thực hiện nhiệm vụ bảo dưỡng, quản lý và khai thác các trang thiết bị khác trên tàu. Do vậy, có thể khẳng định với MASS cấp độ 1 có ít tác động đến ĐTVHL thuyền viên. Tuy nhiên, do hệ thống điều khiển tự động và hệ thống hỗ trợ quyết định đang được nghiên cứu và áp dụng rộng rãi trên MASS nên sẽ đặt ra những yêu cầu mới về hệ thống kiến thức, phương pháp ĐTVHL trong tương lai.

2.2. Thách thức của MASS cấp độ 2 tới ĐTVHL thuyền viên

Trước tiên, đối với MASS cấp độ 2 thì việc thay đổi lớn nhất đến từ khía cạnh số lượng thuyền viên xuất hiện trên tàu bắt đầu giảm dần, vai trò của họ cũng có sự thay đổi lớn, số lượng giảm đó được thay thế bởi các nhân viên điều khiển trên trạm bờ. Khi đó, nhiệm vụ và phương thức làm việc của thuyền viên cũng có sự thay đổi theo: Đối với nhân viên trên trạm bờ thì nhiệm vụ chính của họ là điều khiển tàu từ xa, trong khi đó nhiệm vụ chính của thuyền viên trên tàu so với MASS cấp độ 1 đã không còn nhiệm vụ điều khiển vận hành tàu mà chỉ còn các hoạt động bảo dưỡng, quản lý các trang thiết bị trên tàu. Phối hợp với nhân viên trên trạm bờ để đưa ra quyết định sau cùng cho mục tiêu đảm bảo an toàn hàng hải. Do vậy, yêu cầu đối với nhân viên điều khiển tàu tại trạm bờ yêu cầu hiểu rõ những kiến thức mới liên quan đến tàu mặt nước tự hành hàng hải hoặc áp dụng vào thực tế ở các mức độ khác nhau như kiến thức thông tin mạng, kiến thức tự động hóa, kiến thức hệ thống vật lý thông tin, kiến thức dữ liệu lớn, công nghệ điều hướng tự động và tránh va chạm, kiến thức điều khiển từ xa… Điều này sẽ có tác động đáng kể đến ĐTVHL thuyền viên trong tương lai, đòi hỏi ĐTVHL thuyền viên trong tương lai phải bao gồm kiến thức và công nghệ mới nêu trên bên cạnh kiến thức hàng hải truyền thống.

2.3. Thách thức của MASS cấp độ 3 tới ĐTVHL thuyền viên

So với các tàu điều khiển từ xa có thuyền viên trên tàu, các tàu điều khiển từ xa không có thuyền viên trên tàu hoàn toàn phụ thuộc vào sự vận hành của những người có trình độ chuyên môn trên bờ. Các quyết định về vận hành, điều khiển điều động tránh va, hành hải trên biển, luồng được quyết định bởi nhân viên điều khiển trạm bờ. Vì vậy, những nhân viên trên trạm điều khiển trung tâm bờ yêu cầu có trình độ hiểu biết sâu sắc hơn về kiến thức, nguyên lý, công nghệ thông tin mạng, công nghệ điều khiển tự động hóa, bên cạnh kiến thức sâu rộng để ứng phó với môi trường hàng hải xa xôi và thường xuyên có sự biến đổi. Cũng tương tự như yêu cầu ở cấp độ 2, ở cấp độ này, trình độ của nhân viên điều khiển cần yêu cầu ở mức độ cao hơn ở tất cả các lĩnh vực so với cấp độ 2 và cũng có sự phân chia nhiệm vụ rõ ràng đối với nhân viên điều khiển trên trạm bờ và thuyền viên trên tàu. Ở cấp độ này, số lượng thuyền viên tiếp tục có xu hướng giảm mạnh, bởi số lượng thuyền viên trên tàu là không có và số lượng nhân viên trên trạm bờ phục vụ cho việc vận hành con tàu cũng không thể bằng đường định biên an toàn hiện nay trên một tàu truyền thống. Do vậy, MASS cấp độ này có những tác động lớn đối với ĐTVHL thuyền viên.

2.4. Thách thức của MASS cấp độ 4 tới ĐTVHL thuyền viên

Đối với tàu tự động hoàn toàn, tất cả các hoạt động liên quan tới khai thác, vận hành tàu biển được thực hiện ngoài yếu tố con người. Việc ra quyết định cho hoạt động của tàu được hoàn thành một cách tự chủ. Không có thủy thủ đoàn trên tàu. Nhân viên kiểm soát trên bờ chủ yếu đóng vai trò giám sát hoạt động dẫn đường của tàu, khi cần thiết có thể tham gia điều khiển tàu. Các yêu cầu cao hơn về kiến thức và kỹ năng đối với nhân sự được đưa ra để đáp ứng đối với tàu tự động hoàn toàn. Các yêu cầu cao hơn được đưa ra đối với nhân sự phù hợp của các tàu tự hành hoàn toàn. Nhân viên trên trạm bờ cần phải thành thạo tất cả các kiến thức và kỹ năng được nêu ra trong các mục trên đây.

Với 4 cấp độ MASS khác nhau có những tác động khác nhau tới ĐTVHL thuyền viên, MASS cấp độ 1 có ít tác động nhất bởi tàu thuyền được điều khiển và vận hành bởi thuyền viên có mặt trên tàu, tuy nhiên ở các cấp độ

cao hơn là 2, 3 và 4 thì có sự tác động nhất định đối với ĐTVHL thuyền viên. Để đáp ứng được yêu cầu cao về khoa học, công nghệ và công nghệ thông tin ứng dụng đối với MASS, nhân viên làm việc tại trạm bờ cũng phải là những nhân viên có trình độ chuyên môn cao, kỹ năng tốt. Do vậy, các cơ sở đào tạo cũng gặp những thách thức nhất định. Hiện nay, các cơ sở đào tạo chia thành các mức như: trung cấp kỹ thuật, cao đẳng nghề và đại học. Nhưng nếu để đáp ứng được yêu cầu cao của MASS thì cần nhiều nhân tài có kiến thức, kỹ năng cao hơn (cấp độ đại học, sau đại học), tỷ lệ nhân lực ở các cấp thấp hơn sẽ giảm dần.

2.5. Một số thách thức khác đối với ĐTVHL thuyền viên

Trước tiên, thách thức đối với các cơ sở đào tạo, điển hình như các trường đại học, cao đẳng, trung cấp chuyên nghiệp, nghề hoặc các trung tâm huấn luyện thuyền viên cần phải nâng cấp cơ sở vật chất phục vụ cho quá trình ĐTVHL thuyền viên. Với hiện trạng các cơ sở đào tạo hiện nay rất có thể sẽ phải tiến hành bổ sung hoặc thay thế trang thiết bị để phù hợp với ĐTVHL thuyền viên đáp ứng yêu cầu của MASS. Đây có thể là thách thức đối với vấn đề tài chính cho các trường, cơ sở đào tạo của các quốc gia đang trong giai đoạn phát triển.

Thứ hai, với sự xuất hiện của MASS, một vấn đề lớn được đặt ra là số lượng thuyền viên rất có khả năng sẽ đối diện với nguy cơ giảm mạnh. Bởi, thay vì số lượng định biên an toàn tối thiểu hiện nay được bố trí trên tàu để đảm bảo vận hành, khai thác, bảo dưỡng tàu biển thì số lượng này sẽ giảm đi một nửa, thậm chí là 2/3.

Cuối cùng, để có thể ĐTVHL thuyền viên cho MASS cần có đội ngũ giảng viên có chuyên môn và kỹ năng vững vàng. Hầu hết đội ngũ giảng dạy hiện nay đều giảng dạy theo phương pháp ĐTVHL thuyền viên truyền thống. Ở nhiều quốc gia, khái niệm MASS chưa thật sự phổ biến, hiểu biết về MASS còn hạn chế, kiến thức chuyên môn về MASS chưa được nâng cao. Ví dụ như Việt Nam, tại kết luận của một hội thảo được tiến hành tại Trường Đại học Hàng hải Việt Nam về MASS đã chỉ rõ đây là một lĩnh vực hoàn toàn mới, gần như chưa có nhiều nghiên cứu, tiếp cận đối với MASS [12]. Có lẽ đây sẽ là khó khăn đối với Việt Nam trong giai đoạn hội nhập quốc tế về hàng hải thế giới, bởi các quốc gia phát triển về hàng hải như Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc… đã và đang triển khai các hoạt động nghiên cứu về MASS và ứng dụng MASS trong hàng hải.

3. KẾT LUẬN

MASS đã và đang được triển khai nghiên cứu, thử nghiệm vận hành, khai thác ở một số quốc gia trên thế giới. Bước đầu đã đạt được những kết quả khả quan. Điều đó chứng tỏ rằng, MASS là một tương lai không xa của ngành Hàng hải, đặc biệt là vận tải biển. Một khi MASS được ứng dụng thì những thách thức đối với khối lượng kiến thức của thuyền viên, đào tạo nhân lực chất lượng cao cho hàng hải thật sự có nhiều vấn đề cần thay đổi so với đào tạo truyền thống hiện nay. Mục đích của bài báo tập trung vào một số vấn đề lý luận liên quan tới công nghệ áp dụng đối với MASS và những đánh giá về thách thức của MASS đối với ĐTVHL thuyền viên trong tương lai. Những phân tích này hi vọng là cơ sở lý thuyết đối với các cơ sở đào tạo huấn luyện thuyền viên có những chuẩn bị trước khi Bộ luật MASS có hiệu lực và MASS được ứng dụng rộng rãi trên toàn cầu. Theo như phân tích ở trên có thể nhận thấy, cơ bản thách thức đối với ĐTVHL thuyền viên được thể hiện ở 2 nội dung chính sau: *Một là*, ứng dụng công nghệ mới trên MASS đòi hỏi những nhân lực hàng hải có trình độ cao hơn. *Hai là*, chương trình ĐTVHL thuyền viên cần có sự điều chỉnh linh hoạt và chủ động để đáp ứng các cấp độ khác nhau của MASS.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Hàng hải Việt Nam trong Đề tài mã số SV23-24.03.

Tài liệu tham khảo

[1]. Schonknecht, R. (1983), *Ships and shipping of tomorrow*, MacGregor Pubns.

[2]. IMO, *IMO takes first steps to address autonomous ships, https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/Pages/08-MSC-99-mass-scoping.aspx*.

[3]. Koji Wariishi (September, 2019), *Maritime Autonomous Surface Ships Development Trends and Prospects*, Mitsui Global Strategic Studies Institute Monthly Report, *https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/__icsFiles/afieldfile/2020/01/09/1909t_wariishi_e.pdf*.

[4]. Dremliuga, R., & Rusli, M.H. (2020), *The Development of the Legal Framework for Autonomous Shipping: Lessons Learned from a Regulation for a Driverless Car*, Journal of Programming Languages, 13, 295.

[5]. Osaloni, O. and Ayeni, V. (2022), *The Development of Maritime Autonomous Surface Ships: Regulatory Challenges and the Way Forward*, Beijing Law Review, 13, 544-554, doi: 10.4236/blr.2022.133035.

[6]. IMO, *Autonomous shipping, https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx*.

[7]. Kurt, I., Aymelek, M. (2022), *Operational and economic advantages of autonomous ships and their perceived impacts on port operations*, Marit Econ Logist 24, 302-326, *https://doi.org/10.1057/s41278-022-00213-1*.

[8]. American Bureau of Shipping (2020), *Advisory on Autonomous Functionality, https://ww2.eagle.org/content/dam/eagle/advisories-and-debriefs/abs-advisory-on-autonomous-functionality.pdf*.

[9]. Mukhtar, A., Xia, L., & Tang, T. B. (2015), *Vehicle detection techniques for collision avoidance systems: A review,* IEEE transactions on intelligent transportation systems, 16(5), 2318-2338.

[10]. R. Shoji, F. Kitazawa and H. Nishiyama (2012), *Construction of Advanced Navigation System*, 2012 Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology, Himeji, Japan, pp.276-280, doi: 10.1109/ICETET.2012.64.

[11]. Lopac N, Jurdana I, Brnelić A, Krljan T. (Aug., 2022), *Application of Laser Systems for Detection and Ranging in the Modern Road Transportation and Maritime Sector*, Sensors (Basel), 9;22(16):5946, doi: 10.3390/s22165946, PMID: 36015703; PMCID: PMC9415075.

[12]. United Nations, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (2024), *Autonomous Shipping Technologies – Vietnam Study Report, https://www.unescap.org/sites/default/d8files/event-documents/Day%202%20Vietnam.pdf*.

Ngày nhận bài: 02/4/2024
Ngày nhận bài sửa: 18/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 03/5/2024

Nghiên cứu tính toán lực cản tàu ngầm ở các chế độ khai thác khác nhau bằng phương pháp CFD

■ **KS. HÀ MẠNH CƯỜNG; TS. LÊ MINH THỤ**
Viện Kỹ thuật Hải quân
■ **PGS. TS. TRẦN NGỌC TÚ**(*)
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: (*)tutn.dt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo sử dụng phương pháp CFD vào trong mô phỏng, tính toán lực cản tàu ngầm ở 3 chế độ gồm: Chế độ chạy nổi, chế độ chạy ngầm sát mặt nước và chế độ chạy ngầm hoàn toàn ở các tốc độ khác nhau. Sự thay đổi các thành phần lực cản tàu khi chạy ở 3 chế độ khác nhau được đưa ra và phân tích trong bài báo. Ngoài ra, bài báo còn đưa ra các hình ảnh về dòng chảy bao quanh thân tàu ngầm để làm rõ hơn sự thay đổi lực cản tàu khi chạy ở các chế độ khác nhau. Kết quả mô phỏng ở chế độ chạy ngầm hoàn toàn của tàu cho sai số rất nhỏ so với kết quả thử mô hình trong bể thử. Mô hình tàu ngầm được sử dụng trong nghiên cứu là mô hình tàu ngầm DARPA SUBOFF.

TỪ KHÓA: Lực cản, tàu ngầm, CFD, chế độ chuyển động.

ABSTRACT: The paper uses CFD method to predict the submarine resistance in three different operating regimes: emerged, near free surface and submerged at different speeds. The variation in resistance components under three different operating regimes is provided and analyzed in this paper. Moreover, the paper also provides images of the flow around the submarine's hull to further clarify to change the ship's resistance component in different regimes. The numerical obtained results show that, the simulation results in submerged regime show good agreement with experimental data. The submarine model used in this study is the DARPA SUBOFF submarine model.

KEYWORDS: Resistance, submarine, CFD, operating condition.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc xác định lực cản tàu với độ chính xác cần thiết là bài toán hết sức quan trọng trong thiết kế tàu nói chung và tàu ngầm nói riêng bởi nó liên quan đến việc thiết kế đúng chong chóng, lựa chọn đúng công suất máy cần thiết để tàu đạt được tốc độ thiết kế đề ra.

Đối với tàu ngầm trong quá trình khai thác, nó có thể hoạt động ở ba chế độ khác nhau gồm: Chế độ chạy nổi trên mặt nước, chế độ ngầm chạy sát mặt nước (chế độ kính tiềm vọng) và chế độ chạy ngầm hoàn toàn dưới nước. Ứng với mỗi chế độ khai thác khác nhau của tàu thì mối quan hệ giữa các lực cản thành phần của tàu sẽ khác nhau. Ví dụ, khi tàu ngầm chạy ở chế độ nổi hoặc chạy ngầm sát mặt nước sẽ xuất hiện thành phần lực cản sóng do ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng trong khi chạy ở chế độ ngầm thì không có thành phần lực cản này [1].

Việc ứng dụng CFD vào trong việc mô phỏng tính toán lực cản tàu ngầm đã được nhiều tác giả trên thế giới thực hiện [2-7]. Tác giả Dogancan Uzun cùng các cộng sự [3] đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của rong rêu hà bám đến sự thay đổi các thành phần lực cản, công suất có ích và dòng theo của tàu ngầm hoạt động ở chế độ chạy ngầm. Kết quả nghiên cứu được nhóm tác giả đối sánh với kết quả thử trong bể thử ở trường hợp tàu không có độ nhám. Tác giả Dong Li cùng các cộng sự [7] đã tiến hành mô phỏng tính toán lực cản tàu ngầm khi hoạt động ở chế độ sát mặt nước với các độ sâu khác nhau. Kết quả nghiên cứu đưa ra sự thay đổi về lực cản tàu, hình dáng sóng, phân bố áp suất trên bề mặt thân tàu ngầm khi chạy gần mặt nước với các độ sâu khác nhau.

Bài báo này, trên cơ sở kế thừa các kết quả nghiên cứu đi trước sẽ tiến hành mô phỏng tính toán lực cản tàu ngầm ở ba chế độ khai thác như đã nêu ở trên bằng phương pháp CFD. Sự thay đổi về các thành phần lực cản và dòng chảy bao quanh tàu ngầm khi chạy ở các chế độ khác nhau sẽ được chỉ ra và phân tích trong nghiên cứu này. Đối tượng nghiên cứu được sử dụng trong bài báo này là mô hình tàu ngầm DARPA-SUBOFF.

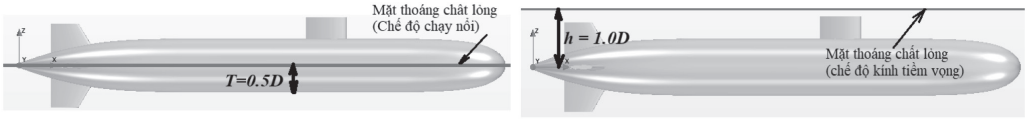
2. MÔ PHỎNG, TÍNH TOÁN LỰC CẢN TÀU NGẦM Ở CÁC CHẾ ĐỘ KHAI THÁC KHÁC NHAU

2.1. Giới thiệu về mô hình tàu ngầm DARPA-SUBOFF

Mô hình tàu ngầm DARPA SUBOFF do Phòng Carderock thuộc Trung tâm Naval Surface Warfare center và bể thử Hydronautics Ship tiến hành thiết kế và thử nghiệm. Tàu có các thông số chủ yếu như sau: Chiều dài 4,356 m, đường kính thân tàu 0,508 m, chiều dài của đài chỉ huy là 0,368 m. Hình dáng 3D của tàu DARPA SUBOFF được trình bày trên *Hình 2.1*, các kết quả thử mô hình của tàu này ở chế độ chạy ngầm được đưa ra trong tài liệu [8].

2.2. Các trường hợp tính

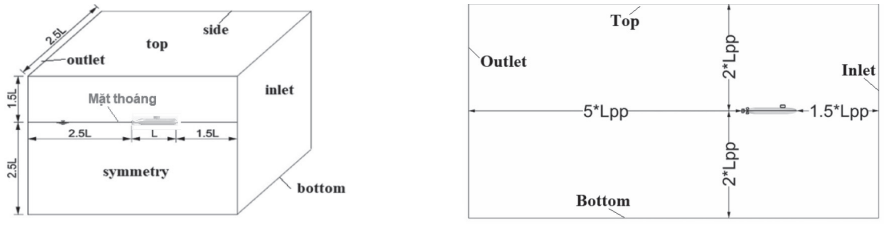
Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả thực hiện việc mô phỏng chế độ nổi ở chiều chìm bằng ½ chiều cao thân chính của tàu, chế độ chạy sát mặt nước với độ sâu bằng chiều cao thân chính (tính từ gốc tọa độ) và chế độ chạy ngầm được thể hiện như trên *Hình 2.1*. Dải tốc độ tính toán: Tính toán ở 5 tốc độ gồm: 3,05, 5,144, 6,1, 7,16 và 8,23 m/s. Tàu chạy trên nước tĩnh với khối lượng riêng của nước ρ = 998,67 kg/m^3 và độ nhớt động học của nước là ν = 1,080.10^{-6} m^2/s.



Hình 2.1: Mô hình tàu ngầm và các trường hợp tính ở trạng thái chạy nổi và chạy ở chế độ sát mặt nước

2.3. Thiết lập mô phỏng số

Đối với bài toán mô phỏng tính toán lực cản tàu ngầm khi chạy nổi và chạy ở chế độ sát mặt nước miền chất lỏng tính toán sẽ gồm có 2 pha (lỏng và khí). Khi đó, kích thước miền tính toán sẽ được xác định giống như đối với bài toán tính toán lực cản cho tàu nổi thông thường. Theo đó, kích thước miền tính toán được xác định theo hướng dẫn của Hiệp hội Bể thử quốc tế (ITTC) [9] là một hàm số phụ thuộc vào chiều dài tàu như thể hiện trên *Hình 2.2a*. Trong trường hợp tàu chạy ngầm (khoảng cách từ đáy tàu ngầm đến đáy biển lớn hơn ½ lần chiều dài tàu và khoảng cách từ điểm cao trên đài chỉ huy đến mặt thoáng lớn hơn 1/3 lần chiều dài tàu [10]). Lúc này ảnh hưởng của mặt thoáng cũng như ảnh hưởng của độ sâu đến lực cản tàu là bằng 0 [10]. Trong trường hợp này, miền tính toán sẽ chỉ có một pha là pha lỏng (nước) [11, 12] và kích thước của miền tính toán được xác định như trên *Hình 2.2b* [11].

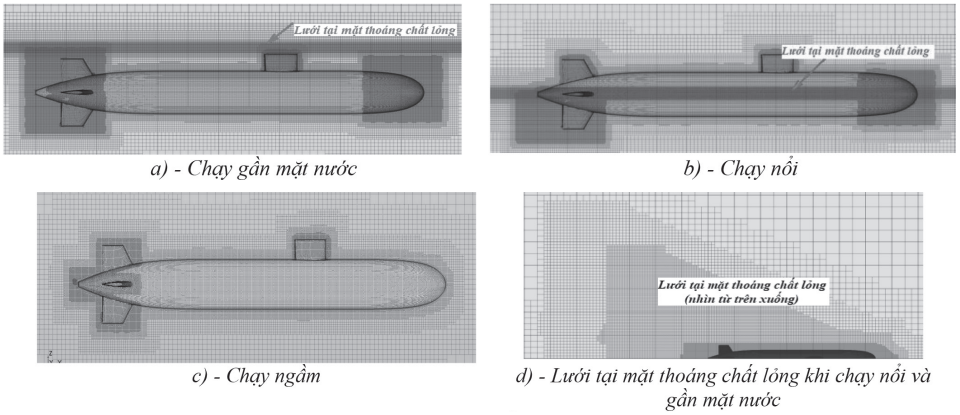


a) *b)*

Hình 2.2: Kích thước miền tính toán khi tàu áp dụng cho trường hợp tàu ngầm hoạt động ở 3 chế độ khác nhau

Loại điều kiện biên được áp dụng với miền tính toán trong tính toán lực cản tàu ngầm ở chế độ chạy nổi và chế độ sát mặt nước lựa chọn như sau: Biên phía trước (inlet), biên phía trên (top) và phía dưới (bottom) sẽ sử dụng điều kiện biên là tốc độ dòng đến (velocity inlet), biên phía sau - áp suất đầu ra (pressure outlet), mặt đối xứng (symmetry) và biên phía hông (side) - mặt đối xứng (symmetry plane) [7]. Loại điều kiện biên áp dụng đối với miền tính toán khi tàu chạy ngầm là: Biên phía trước là tốc độ dòng đến (velocity inlet), phía sau - áp suất đầu ra (pressure outlet), phía trên, dưới, mặt hông - mặt đối xứng (symmetry plane) [4]. Loại điều kiện biên được áp dụng đối với tàu ngầm là tường không trượt (No-slip wall).

Loại lưới được sử dụng để chia miền chất lỏng ra thành các thể tích hữu hạn là lưới lục diện, lưới lăng trụ được sử dụng để mô phỏng lớp biên bao quanh tàu ngầm, lưới bề mặt được sử dụng để chia bề mặt thân tàu ngầm ra thành các bề mặt hữu hạn. Lưới sẽ được làm mịn tại các vị trí quan trọng như (khu vực gần thân tàu, khu vực mũi, đuôi và đài chỉ huy). Kết quả sau khi chia lưới được trình bày trên *Hình 2.3*. Mô hình vật lý được sử dụng trong mô phỏng dòng bao quanh tàu ngầm là mô hình chất lỏng thực RANSE. Mô hình dòng rối được sử dụng trong bài báo là mô hình dòng rối SST K-omega bởi theo [4] đây là một trong những mô hình dòng rối cho kết quả gần với kết quả thử nhất so với việc sử dụng các mô hình dòng rối khác. Phương pháp thể tích chất lỏng được sử dụng để mô phỏng tương tác giữa hai pha nước và không khí khi tàu hoạt động ở chế độ chạy nổi và chế độ sát mặt nước.



a) - Chạy gần mặt nước

b) - Chạy nổi

c) - Chạy ngầm

d) - Lưới tại mặt thoáng chất lỏng khi chạy nổi và gần mặt nước

Hình 2.3: Kết quả chia lưới

3. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

Kết quả mô phỏng tính toán lực cản tàu ngầm ở 3 chế độ khai thác khác nhau được trình bày trên *Bảng 3.1* và các *hình từ 3.1 đến 3.4*, trong đó có sự so sánh kết quả tính toán với kết quả thử trong bể thử ở chế độ chạy ngầm (các ký hiệu R_T, R_F, R_P ở đây lần lượt là lực cản toàn phần, lực cản ma sát và lực cản áp suất). Từ kết quả thu được trên *Bảng 3.1* và các *Hình từ 3.1 đến 3.4*, ta có thể đưa ra một số nhận xét sau:

Bảng 3.1. Bảng kết quả tính toán lực cản tàu ngầm ở 3 chế độ có sự so sánh với kết quả thử

V [m/s]	**Kết quả mô phỏng tính toán**									**Kết quả thử**	**% sai số**
	Chạy ngầm			Chạy nổi			Chạy kính tiềm vọng			Chạy ngầm	
	R_T [N]	R_F [N]	R_P [N]	R_T [N]	R_F [N]	R_P [N]	R_T [N]	R_F [N]	R_P [N]	R_T [N]	DR_T [%]
3.05	105,80	89,05	16,75	167,560	47,48	120,08	239,47	90,64	148,83	102,30	3,42
5,10	286,38	237,98	48,40	359,012	199,75	159,27	449,50	241,60	207,90	283,80	0,91
6,10	394,98	328,51	66,47	466,726	290,96	175,76	512,14	329,80	182,34	389,20	1,48
7,16	528,73	438,20	90,53	599,478	402,97	196,51	614,49	443,35	171,13	526,60	0,40
8,23	684,55	566,52	118,03	765,500	512,37	253,13	751,72	573,38	178,34	675,60	1,32

- Kết quả tính toán mô phỏng lực cản tàu ở chế độ chạy ngầm rất gần so với kết quả thử mô hình trong bể thử với sai số nằm trong dải từ 0,4 đến 3,42%.

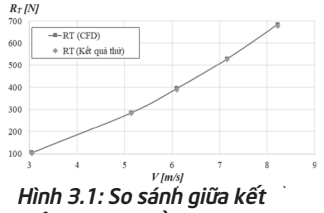
- Dưới cùng một tốc độ, lực cản toàn phần của tàu khi chạy ngầm nhỏ hơn so với khi chạy nổi và chạy sát mặt nước.

- Khi tàu chạy ở chế độ ngầm, thành phần lực cản chính của tàu là thành phần lực cản ma sát (chiếm trên 80% lực cản toàn phần của tàu), điều này hoàn toàn phù hợp với kết quả nghiên cứu được chỉ ra trong [1].

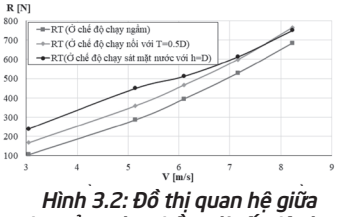
- Thành phần lực cản áp suất ở chế độ chạy ngầm nhỏ hơn so với khi tàu chạy ở chế độ chạy nổi và chế độ sát mặt nước. Điều này được giải thích là do khi tàu chạy ở chế độ chạy nổi và sát mặt nước, thành phần lực cản áp suất của tàu ngoài thành phần nhớt còn có thêm thành phần tạo sóng do ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng, từ đó dẫn tới thành phần lực cản áp suất ở hai chế độ này lớn hơn so với chế độ chạy ngầm *(Hình 3.4)*. Ngoài ra, trên *Hình 3.4* ta còn quan sát thấy bướu sức cản áp suất tại tốc độ 5,1 m/s khi tàu chạy ở chế độ sát mặt nước. Kết quả này hoàn toàn trùng khớp với các kết quả nghiên cứu trong các công trình [13, 14].

- Thành phần lực cản ma sát ở chế độ chạy nổi nhỏ hơn so với ở chế độ chạy ngầm và sát mặt nước. Trong đó, chế độ sát mặt nước và chạy ngầm lực cản ma sát có giá trị gần như nhau *(Hình 3.3)*. Điều này có thể được giải thích một phần là do thành phần lực cản này phụ thuộc vào diện tích mặt vỏ tàu. Ở chạy ngầm và chạy sát mặt nước, diện tích mặt ướt vỏ tàu là giống nhau và lớn hơn so với diện tích mặt ướt vỏ tàu khi chạy nổi.

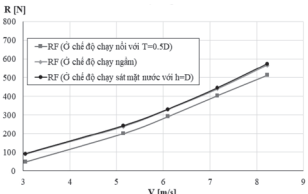
Các hình ảnh về sự khác nhau ở đường dòng bao quanh thân tàu, phân bố áp suất động, ứng suất tiếp ở ba chế độ chuyển động khác nhau và hình dáng sóng do tàu tạo ra khi chuyển động ở chế độ chạy nổi và sát mặt nước được biểu diễn trên các *Hình từ 3.5 đến 3.8* có thể giải thích cho sự khác nhau về lực cản tàu ngầm khi chạy ở các chế độ khác nhau.



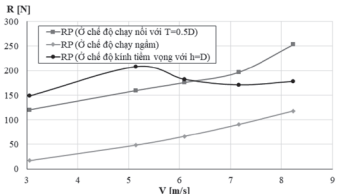
Hình 3.1: So sánh giữa kết quả tính toán bằng phương pháp CFD với kết quả thử mô hình ở chế độ chạy ngầm



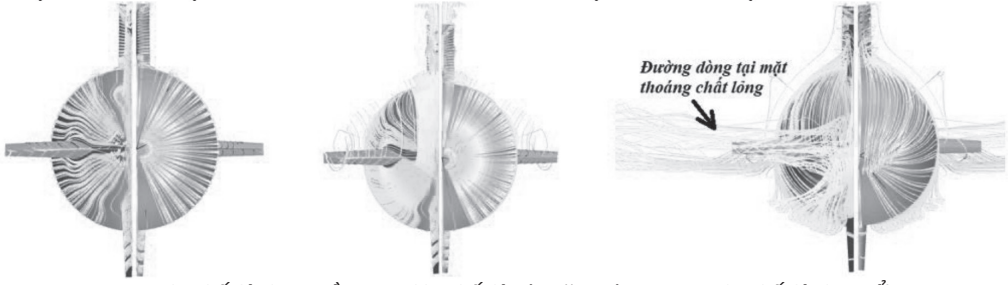
Hình 3.2: Đồ thị quan hệ giữa lực cản toàn phần với tốc độ tàu ở 3 chế độ khai thác khác nhau



Hình 3.3: Đồ thị quan hệ giữa lực cản ma sát với tốc độ tàu ở 3 chế độ khai thác khác nhau

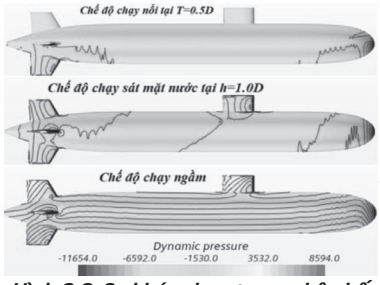


Hình 3.4: Đồ thị quan hệ giữa lực cản áp suất với tốc độ tàu ở 3 chế độ khai thác khác nhau

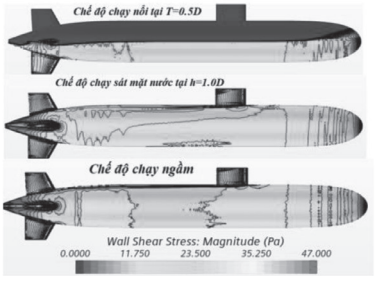


a) - Chế độ chạy ngầm b) - Chế độ sát mặt nước c) - Chế độ chạy nổi

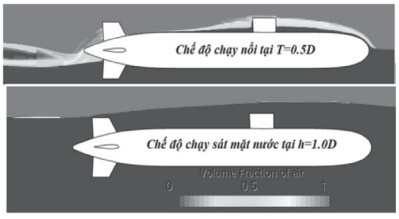
Hình 3.5: Sự khác nhau về đường dòng bao quanh tàu ngầm khi chạy ở các chế độ khác nhau tại tốc độ V = 6,1 m/s



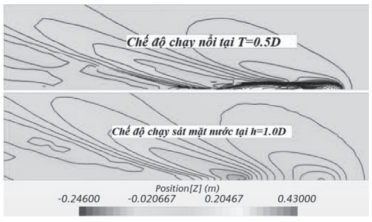
Hình 3.6: Sự khác nhau trong phân bố áp suất động khi tàu chạy ở các chế độ khác nhau tại tốc độ V = 3,05 m/s



Hình 3.7: Sự khác nhau trong phân bố ứng suất tiếp khi tàu chạy ở các chế độ khác nhau tại tốc độ V = 3,05 m/s



Hình 3.8: Tương tác giữa hai pha nước và không khí khi tàu chạy nổi và sát mặt nước tại tốc độ V = 6,1 m/s



Hình 3.9: Hình dáng sóng do tàu tạo ra khi chạy nổi và sát mặt nước tại tốc độ V = 6,1 m/s

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã ứng dụng thành công CFD vào trong tính toán lực cản tàu ngầm hoạt động ở 3 chế độ khác nhau. Sự khác nhau trong thiết lập mô phỏng tính toán khi tàu chạy ở 3 chế độ khác nhau được đề cập đến trong bài báo. Kết quả mô tính toán thu được ở chế độ chạy ngầm rất gần với kết quả thử mô hình (sai số dao động trong dải từ 0,4 đến 3,42%). Phân tích sự thay đổi các thành phần lực cản của tàu chỉ ra rằng, dưới cùng một tốc độ, lực cản toàn phần của tàu khi chạy ngầm nhỏ hơn so với khi chạy nổi và chạy sát mặt nước; dưới ảnh hưởng của mặt thoáng chất lỏng dẫn đến thành phần lực cản áp suất ở chế độ chạy nổi và chế độ sát mặt nước lớn hơn so với chế độ chạy ngầm. Ngược lại, thành phần lực cản ma sát ở chế độ chạy nổi nhỏ hơn so với ở chế độ chạy ngầm và sát mặt nước. Trong đó, chế độ sát mặt nước và chạy ngầm, lực cản ma sát có giá trị gần như nhau.

Tài liệu tham khảo

[1]. Renilson, M. (2015), *Submarine hydrodynamics*, Springer.

[2]. Zhang, N., H.-C. Shen and H.-z.J.C.L. Yao (2007), *Numerical simulation of flow around submarine operating close to the bottom or near surface*, Journal of Ship Mechanics, 11(4), pp.498-507.

[3]. Uzun, D., et al. (2021), *A cfd study: Influence of biofouling on a full-scale submarine*, Applied Ocean Research, 109, p.102561.

[4]. Tu, T.N., et al. (2022), *Numerical Study on the Effect of Turbulence Models on RANSE Computation of Flow Around Submarine*, in 2022 9th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS), IEEE.

[5]. Pan, Y.-c., H.-x. Zhang and Q.-d. Zhou (2012), *Numerical prediction of submarine hydrodynamic coefficients using CFD simulation*, Journal of Hydrodynamics, 24(6), pp.840-847.

[6]. Moonesun, M., Y. Korol and H. Dalayeli (2015), *CFD analysis on the bare hull form of submarines for minimizing the resistance*, International Journal of Maritime Technology, 3, pp.1-16.

[7]. Li, D., et al. (2021), *Numerical investigation on the wave interferences of submerged bodies operating near the free surface*, International Journal of Naval Architecture Ocean Engineering, 13, pp.65-74.

[8]. Naval Surface Warfare Center, Carderock Division (NSWCCD), *Summary of DARPA Suboff Experimental Program Data*.

[9]. ITTC, *ITTC - Recommended Procedures and Guidelines 7.5-03-02-04*, Practical Guidelines for Ship Resistance CFD; ITTC - *Recommended Procedures and Guidelines 7.5-03-02-04*, Practical Guidelines for Ship Resistance CFD, 2014; Available from: *https://ittc.info/media/4198/75-03-02-04.pdf*.

[10]. Zhang, N., H.-C. Shen and H.-z. Yao (2007), *Numerical simulation of flow around submarine operating close to the bottom or near surface*, Chuanbo Lixue (Journal of Ship Mechanics), 11(4), pp.498-507.

[11]. Pan, Y.-c., H.-x. Zhang and Q.-d. Zhou (2012), *Numerical prediction of submarine hydrodynamic coefficients using CFD simulation*, Journal of Hydrodynamics, Ser. B, 24(6), pp.840-847.

[12]. Sezen, S., et al. (2018), *Investigation of self-propulsion of DARPA Suboff by RANS method*, Ocean Engineering, 150, pp.258-271.

[13]. Chen, J., et al. (2022), *Study on resistance characteristics of submarine near water surface*, in MATEC Web of Conferences, EDP Sciences.

[14]. Shariati, S.K. and S.H. Mousavizadegan (2017), *The effect of appendages on the hydrodynamic characteristics of an underwater vehicle near the free surface*, Applied Ocean Research, 67, pp.31-43.

Ngày nhận bài: 19/3/2024
Ngày nhận bài sửa: 02/4/2024
Ngày chấp nhận đăng: 25/4/2024

Adaptive backstepping control for surface ship with saturating actuators using radial basis function neural network

■ **D.Sc. PHAM VAN TRIEU**
Vietnam Maritime University
Email: phamvantrieu@vimaru.edu.vn

ABSTRACT: This paper presents an adaptive controller based on the combination of backstepping technique and radial basis function (RBF) neural network (NN) for the tracking problem of an uncertain surface ship with saturating actuators. The frame of controller is constructed by backstepping design to guarantee the asymptotical stability of system, whereas the RBF NN is employed to approximate the unknown dynamical functions. The weights of neural network is adjusted by an updated law derived from Lyapunov's theory. Finally, a numerical simulation for a typical ship model is conducted and the results demonstrate the validity of our proposed control design.

KEYWORDS: Surface ship, adaptive backstepping control, radial basis function, neural network.

1. INTRODUCTION

Nowadays, marine crafts, which include surface ships, semi-submersibles, submarines, autonomous underwater vehicles, play an essential role in a lot of applications like transportation, military, environmental exploration... A significant number of those areas require the craft have to be unmanned due to the risk condition that the sailors and employers might face with. However, the automatic control of marine system is associated with a wide range of difficulties. Firstly, the operating condition of marine crafts are always influenced by highly complex non-linear dynamics of the ocean environment, for instance, the wind, wave and current. Additionally, the mathematical description of marine crafts is not easily derived since the dynamics of system involves numerous physical characteristics, like hydrodynamic added mass, viscous damping, fluid memory effects… [1], which is difficult to formulate and to determine the relevant parameters.

Despite the above challenges, the importance of unmanned marine vessels still is resulting in the fact that various efforts have been devoted to solve the control issues of these systems, focus on feedback control approach since the precision of motions can be covered using the state feedback. For surface ship, some theoretical control schemes based on the fully precise mathematical model of system were presented in [2, 1]. Some traditional adaptive methods were presented in [3, 4], in which the adaptive mechanism is used to approximate the unknown parameters. Those approaches, in general, is only valid in dealing with the problem in which the system dynamics are uncertain and linear-in-the-parameter [5]. Moreover, the design of model-based controller requires a huge amount of effort and time spent on formulating the modeling of system. Meanwhile, in practical, the occurrence of both parametric and functional uncertainties, as well as unmodeled dynamics, are unavoidable, that might cause in the instability of closed-loop control system.

Due to the above analysis, the modern control technique has been developed with the usage of artificial neural network due to its universal approximation capabilities. In [6], NN was employed for the intelligent optimal control law of surface ships. In [5], [7-9] the conventional nonlinear control laws were integrated with the NN that is responsible for estimating the uncertain dynamical functions. Inspired by those studies, in this study, an adaptive control method utilizing backstepping technique and RBF NN is investigated to solve the control problem of the surface ship. The nonlinear backstepping control is used to constitute the frame of controller, in other words, to guarantee the stability of closed-loop system when the dynamics is presumed to be adequately known. Meanwhile, the non-linear dynamic functions of the ship can be estimated by RBF NN to cope with non-parametric uncertainties or unmodeled dynamics. The simulation results for the proposed control law is given to evaluate its performance. The results emphasize that the control law not only guarantees the system stability and robustness but also significantly reduces the amount of work when applying in indistrial environments because of the advantage that the requirement of absolutely accurate system's description is not compulsory.

The rest of this paper is organized as follows. In Section 2, we present the dynamic model of a three-degree-of-freedom (3DOF) surface vessel and the effects of actuator saturation. Section 3 is our design to solve the tracking

problem of surface ship. The simulation results will be shown in Section 4, while some conclusions are included in Section 5.

2. PROBLEM FORMULATION

2.1. Surface Ship Dynamics

For marine craft, the six different motions are usually defined as surge, sway, heave, roll, pitch and yaw [10]. For a 3DOF surface vessel, we just consider surge, sway and yaw motions. The modeling of system imposed by time-invarying uncertainties can be described by the following motion equations [1, 11]:

$$\begin{aligned}\dot{\boldsymbol{\eta}} &= \mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{v}\\ \mathbf{M}\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{D}(\mathbf{v})\mathbf{v} &= \boldsymbol{\tau} + \mathbf{d}(\boldsymbol{\eta},\mathbf{v})\end{aligned} \quad (1)$$

Where: $\eta = [x,y,\psi]^T \varepsilon R^3$ denote the Earth-frame positions and heading, respectively; $v = [u,v,r]^T \varepsilon R^3$ are the body-frame surge, sway and yaw velocities, respectively; $d(\eta,v)$ ε R^3 denotes the unknown environmental disturbances and/or unknown dynamics; M, C(v) and D(v) are correspondingly the inertia matrix, the matrix of Coriolis and centripetal terms and the damping matrix; and τ τis the vector of control signals. The coefficients of the rotational matrix J(η) are given by:

$$\mathbf{J}(\boldsymbol{\eta}) = \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi & 0 \\ -\sin\psi & \cos\psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

The inertia matrix $M = M^T \geq 0$ are constant and can be determined using hydrodynamic computations programs [1], whereas the components in C(v), C(v) and d(η,v) are given as follows:

$$\mathbf{C}(\mathbf{v}) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & c_{13}(\mathbf{v}) \\ 0 & 0 & c_{23}(\mathbf{v}) \\ -c_{13}(\mathbf{v}) & -c_{23}(\mathbf{v}) & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{D}(\mathbf{v}) = \begin{bmatrix} d_{11}(\mathbf{v}) & 0 & 0 \\ 0 & d_{22}(\mathbf{v}) & d_{23}(\mathbf{v}) \\ 0 & d_{32}(\mathbf{v}) & d_{33}(\mathbf{v}) \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{d}(\boldsymbol{\eta},\mathbf{v}) = \begin{bmatrix} d_1(\boldsymbol{\eta},\mathbf{v}) \\ d_2(\boldsymbol{\eta},\mathbf{v}) \\ d_3(\boldsymbol{\eta},\mathbf{v}) \end{bmatrix}$$

Where: $c_{13}(v)$, $c_{23}(v)$, $d_{11}(v)$, $d_{22}(v)$, $d_{23}(v)$, $d_{32}(v)$, $d_{33}(v)$, $d_1(\eta,v)$, $d_2(\eta,v)$ and $d_3(\eta,v)$ are assumed to be unknown functions.

Consider the model of reference trajectory as follows:

$$\begin{aligned}\dot{\xi}_{d1} &= \xi_{d2}\\ \dot{\xi}_{d2} &= \mathbf{f}_d(\xi_d)\end{aligned} \quad (3)$$

Where: $\xi_d = [\xi_{d1}^T, \xi_d^T]^T \varepsilon R^6$ are the state of the states of the reference system, $f_d(\xi_d) \varepsilon R^3$ denotes the determined smooth dynamic functions. The reference trajectory is defined as $\eta = \xi_{d1}$. To facilitate the control design process, we assume that states of the reference system are uniformly bounded, i.e., $\xi_d \varepsilon \Omega_d$ where Ω_d is a compact set.

2.2. Actuator saturation

In practice, actuators of surface ship system have nonlinear constraints such as dead-zone band, backlash, or saturation features. In this paper, the saturation nonlinearity of actuators is taken into account. Firstly, the actuator with saturation is described in *Figure 2.1*, in which τ_s is the actuator output and τ is the input of actuator. The definition of saturation nonlinearity is given mathematically by [12]:

$$\tau_s = \begin{cases} \tau_{\max}: & \tau > \tau_{\max} \\ \tau: & \tau_{\min} < \tau < \tau_{\max} \\ \tau_{\min}: & \tau < \tau_{\min} \end{cases} \quad (4)$$

Where: τ_{max} is the upper bound and τ_{min} is the lower bound of actuator characteristic. If the input u is outside the linear range of actuator, saturation nonlinearity appears and the calculated control signal cannot act sufficiently to the plant. Thus, once the saturation feature is taken into consideration, the mathematical model of surface ship (1) must be rewritten as follows:

$$\begin{aligned}\dot{\boldsymbol{\eta}} &= \mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{v}\\ \mathbf{M}\dot{\mathbf{v}} + \mathbf{C}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{D}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{g}(\boldsymbol{\eta}) &= \boldsymbol{\tau}_s + \boldsymbol{\delta} + \mathbf{d}(\boldsymbol{\eta},\mathbf{v})\end{aligned} \quad (5)$$

Where: $\delta = \tau - \tau_s$ represents influence of the saturation features.

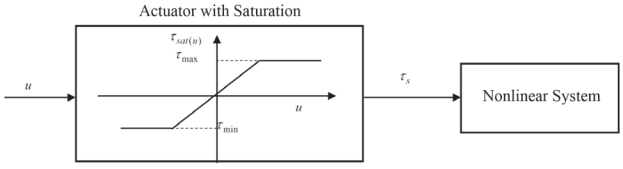


Figure 2.1: Actuator with saturation nonlinearity

3. ADAPTIVE BACKSTEPPING CONTROLLER BASED ON NEURAL NETWORK

3.1. RBF NNs

The universal approximation using RBF NN is expressed as follows [13]:

$$f(\mathbf{Z}) = \sum_{i=1}^{N} \omega_i s_i(\mathbf{Z}) = \mathbf{W}^T \mathbf{S}(\mathbf{Z}) + \varepsilon \quad (6)$$

Where: $\mathbf{Z} \in \Omega_Z \subset R^q$ is the vector of network inputs, ε is the approximation error, $\mathbf{W} = [\omega_1,...,\omega_N]^T \in R^N$ is the vector of weights and $\mathbf{S}(\mathbf{Z}) = [s_1(\|\mathbf{Z}-\boldsymbol{\mu}_1\|),...,s_N(\|\mathbf{Z}-\boldsymbol{\mu}_N\|)]^T$ denotes the activation functions where $s_i(.)$ is the RBF. The Gaussian function is used as RBF in this paper, which is described by:

$$s_i\left(\|\mathbf{Z}-\boldsymbol{\mu}_i\|\right) = \exp\left(-\frac{(\mathbf{Z}-\boldsymbol{\mu}_i)^T(\mathbf{Z}-\boldsymbol{\mu}_i)}{2\delta_i^2}\right) \quad (7)$$

Where: $\boldsymbol{\mu}_i = [\mu_{i1},...,\mu_{iq}]^T$ is the vectors of centers and δ_i is the standard deviation.

According to the study of Park [13], RBF NN can be approximate any continous function $f(Z): \Omega_Z \to R$ where Ω_Z is a compact set, to arbitrary accuracy. In other words, if the number of node N is large enough, for each $\varepsilon^* > 0$, there exists an ideal constant weight vector W* such that:

$$f(\mathbf{Z}) = \mathbf{W}^{*T}\mathbf{S}(\mathbf{Z}) + \varepsilon(\mathbf{Z}) \quad (8)$$

Where: $\varepsilon(Z) < \varepsilon^*$.

3.2. Adaptive backstepping design

In this section, we present a solution for tracking problem of the surface ship. Firstly, the backstepping design [14] is applied for the certain model of ship to ensure the convergence of tracking errors to small set around the origin. Then the unknown dynamical functions is estimated by an adaptive mechanism using feedforward NNs, in which RBF is selected as the activation function. The detail of the control strategy is presented as follows:

Step 1: Define the tracking errors: $z_1 = \eta - \eta_d$ and $z_2 = v - \alpha$ where η_d is the desired trajectory, α is the virtual control law of the first subsystem. Differentiating z_1 with respect to time we have:

$$\dot{\mathbf{z}}_1 = \mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{v} - \dot{\boldsymbol{\eta}}_d = \mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})(\mathbf{z}_2 + \boldsymbol{\alpha}) - \dot{\boldsymbol{\eta}}_d \quad (9)$$

Since $J^T(\eta)J(\eta) = I$, we can derive the vector of virtual control signals:

$$\boldsymbol{\alpha} = \mathbf{J}^T(\boldsymbol{\eta})(-\mathbf{K}_1\mathbf{z}_1 + \dot{\boldsymbol{\eta}}_d) \quad (10)$$

Where: $K_1 = diag\ ([k_1, k_2, k_3])^T$ is diagonal matrix of positive gains. Substituting the virtual control law (10) into (9), we obtain:

$$\dot{\mathbf{z}}_1 = -\mathbf{K}_1\mathbf{z}_1 + \mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{z}_2 \quad (11)$$

Considering the Lyapunov function candidate $V_1 = \frac{1}{2}\mathbf{z}_1^T\mathbf{z}_1$ and differentiating it z_1 with respect to time we have:

$$\dot{V}_1 = \mathbf{z}_1^T\mathbf{K}_1\mathbf{z}_1 + \mathbf{z}_1^T\mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{z}_2 \quad (12)$$

Step 2: Since $M = M^T \geq 0$, from (1) the derivative of z_2 with respect to time can be obtained:

$$\dot{\mathbf{z}}_2 = \mathbf{M}^{-1}\left(-\mathbf{C}(\mathbf{v})\mathbf{v} - \mathbf{D}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{d}(\boldsymbol{\eta}, \mathbf{v}) + \boldsymbol{\tau}\right) - \dot{\boldsymbol{\alpha}} \quad (13)$$

Where: $\dot{\boldsymbol{\alpha}} = \dot{\mathbf{J}}^T(\boldsymbol{\eta})\left(-\mathbf{K}_1\boldsymbol{\eta} + \mathbf{K}_1\xi_{d1} + \xi_{d2}\right) + \mathbf{J}^T(\boldsymbol{\eta})\left(-\mathbf{K}_1\mathbf{J}(\boldsymbol{\eta})\mathbf{v} + \mathbf{K}_1\xi_{d2} + \mathbf{f}_d(\xi_d)\right)$ are determined functions. Define

$$\mathbf{F}(\mathbf{Z}) = -\mathbf{C}(\mathbf{v})\mathbf{v} - \mathbf{D}(\mathbf{v})\mathbf{v} + \mathbf{d}(\boldsymbol{\eta}, \mathbf{v}) = \left[f_1(\mathbf{Z}), f_2(\mathbf{Z}), f_3(\mathbf{Z})\right]^T \quad (14)$$

as the vector of unknown dynamic terms, with $Z = [\eta^T, \eta^T] \varepsilon\ \Omega_z \subset R^6$ with Ω_R is a compact set. This vector can be estimated by NNs as follows:

$$f_i(\mathbf{Z}) = \mathbf{W}_i^{*T}\mathbf{S}_i(\mathbf{Z}) + \varepsilon_i(\mathbf{Z}),\ i = 1,2,3 \quad (15)$$

Where $W^* = [W_1^*, W_2^*, W_3^*]$ is the matrix of ideal constant weights and $\|\varepsilon_i(\mathbf{Z})\| \leq \varepsilon_i^*$ are the errors of approximation. Since the ideal weights W^* are unknown, it can represented by $\hat{W} = [\hat{W}_1, \hat{W}_2, \hat{W}_3]$. Hence, the control signal τ can be chosen as:

$$\boldsymbol{\tau} = -\mathbf{J}^T(\boldsymbol{\eta})\mathbf{z}_1 - \mathbf{K}_2\mathrm{sgn}(\mathbf{z}_2) + \hat{\mathbf{W}}^T\mathbf{S}(\mathbf{Z}) + \mathbf{M}\dot{\boldsymbol{\alpha}} \quad (16)$$

Where: $\mathbf{K}_2 = diag\left(\left[k_{2,1}, k_{2,2}, k_{2,3}\right]\right)$ is diagonal matrix of positive gains

In the meanwhile, the weight matrix is adjusted online by the following law:

$$\dot{\hat{\mathbf{W}}}_i = -\Gamma_i\mathbf{S}_i(\mathbf{Z})z_{2,i} \quad (17)$$

Where for i = 1 ,2, 3, $z_{2,i}$ are the elements of z_2, Γ_i is the matrix of adaptation gains.

Substituting (16) into (13) yields:

$$\dot{\mathbf{z}}_2 = \mathbf{M}^{-1}\left(-\mathbf{J}^T(\boldsymbol{\eta})\mathbf{z}_1 - \mathbf{K}_2\mathbf{z}_2 + \tilde{\mathbf{W}}^T\mathbf{S}(\mathbf{Z}) - \boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{Z})\right) \quad (18)$$

Where: $\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{Z}) = \left[\varepsilon_1(\mathbf{Z}), \varepsilon_2(\mathbf{Z}), \varepsilon_3(\mathbf{Z})\right]^T$

Considering the following Lyapunov function candidate:

$$V_2 = V_1 + \frac{1}{2}\mathbf{z}_2^T\mathbf{M}\mathbf{z}_2 + \frac{1}{2}\sum_1^3\Gamma_i^{-1}\tilde{\mathbf{W}}_i^T\tilde{\mathbf{W}}_i \quad (19)$$

Substituting the control law (16) and the adaptive law (17) into the derivative of V_2 with respect to time, we obtain:

$$\begin{aligned}\dot{V}_2 &= -\mathbf{z}_1^T\mathbf{K}_1\mathbf{z}_1 - \mathbf{z}_2^T\mathbf{K}_2\,\mathrm{sgn}(\mathbf{z}_2) - \mathbf{z}_2^T\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{Z}) + \mathbf{z}_2^T\tilde{\mathbf{W}}^T\mathbf{S}(\mathbf{Z}) + \sum_1^3\Gamma_i^{-1}\tilde{\mathbf{W}}_i^T\dot{\tilde{\mathbf{W}}}_i \\ &= -\mathbf{z}_1^T\mathbf{K}_1\mathbf{z}_1 - \mathbf{z}_2^T\mathbf{K}_2\,\mathrm{sgn}(\mathbf{z}_2) - \mathbf{z}_2^T\boldsymbol{\varepsilon}(\mathbf{Z}) \\ &\leq -\mathbf{z}_1^T\mathbf{K}_1\mathbf{z}_1 - \sum_1^3\left|z_{2,i}^T\right|\left(k_{2,i} - \varepsilon_i\right)\end{aligned} \quad (20)$$

From (20), it can be seen by choosing large designed parameters $k_{2,I}$ of matrix K_2, $\dot{V}_2 \leq 0$ can be satisfied. As a result, $V_2(t) \leq V_2(0)$ which yields z_1 and z_2 are bounded, i.e. $z_1, z_2\ \varepsilon\ L_\infty$. From (11), (18) and since, we obtain $\dot{z}_1$ and $\dot{z}_2$ is bounded, i.e. $\dot{z}_1, \dot{z}_2\ \varepsilon\ L_\infty$. Since $z_1, z_2\ \varepsilon\ L_\infty$ and $\dot{z}_1, \dot{z}_2\ \varepsilon\ L_\infty$, it can be easily proved that $\ddot{V}_2$ is bounded. As a result, $\dot{V}$ is uniformly continuous which yields $\lim_{t\to\infty} z_1 = 0$ and $\lim_{t\to\infty} z_2 = 0$ according to the Barbalat's lemma, or the tracking errors of system are asymptotically stable.

In this study, to investigate the impact of saturating actuators on the control performance of surface ship, the control signal τ in (16) is replaced by in (4).

4. SIMULATION RESULTS

To assess the effectiveness of the presented control design, a numerical simulation is conducted for the surface ship model (1) with the following characteristics [5]:

$$\begin{aligned}&c_{13}(\mathbf{v}) = -24.6612v - 1.0948r,\ c_{23}(\mathbf{v}) = 25.8u, \\ &d_{11}(\mathbf{v}) = 0.7225 + 1.3274|u| + 5.8664u^2, \\ &d_{22}(\mathbf{v}) = 0.8612 + 36.2823|v| + 8.05|r|, \\ &d_{23}(\mathbf{v}) = -0.1079 + 0.845|v| + 3.45|r|, \\ &d_{32}(\mathbf{v}) = -0.1052 - 5.0437|v| - 0.13|r|, \\ &\boldsymbol{\tau}_{max} = \begin{bmatrix}80 & 60 & 40\end{bmatrix}^T,\ \boldsymbol{\tau}_{min} = \begin{bmatrix}-80 & -60 & -40\end{bmatrix}^T.\end{aligned}$$

All quantities are expressed in the International System of Units (SI). The constant inertia matrix is determined by [3]:

$$\mathbf{M} = \begin{bmatrix}25.8 & 0 & 0 \\ 0 & 25.6612 & 1.0948 \\ 0 & 1.0948 & 2.76\end{bmatrix}$$

and the uncertainties acting on the system:

$$\mathbf{d}(\boldsymbol{\eta}, \mathbf{v}) = \begin{bmatrix}1 & 0.01u^2 + 0.5 & -0.1r^3 + \sin(v)\end{bmatrix}^T.$$

The surface ship system is required to track the references $\eta_d = [\sin(t)\ \cos(t)\ \sin(t)]^T$ from its initial state $\eta(0) = [0.3\ \ 0.8\ \pi/4]^T$ and $v(0) = [0.2\ \ 0\ \ 0]^T$.

The dynamic approximations based on RBF network are constructed with the use of 1000 nodes, the centers μi is evenly spaced on [-1.6,1.6] x [-1.8,1.8] x [-1.8,1.8] and the standard deviation $\delta_i = 0.8$, for i = 1,2,…,1000. The initial weights are $\hat{\mathbf{W}}_1 = \hat{\mathbf{W}}_2 = \hat{\mathbf{W}}_3 = \mathbf{0}$.

The design gains of control law and adaptive mechanism are chosen as $k_{1,1} = k_{1,3} = 20$, $k_{1,2} = 30$, $k_{2,1} = k_{2,2} = k_{2,3} = 30$, $\Gamma_1 = 6$, $\Gamma_2 = 8$, $\Gamma_3 = 0.5$.

The tracking performance of surface ship associated with the proposed controller is illustrated in *Figure 4.1 - 4.3*, for surge, sway and yaw motion, respectively. According to these figures, the positions and heading angle of vessel could fastly track the reference trajectory. The control signals that are limited by the effect of saturating actuators are shown in *Figure 4.4.*

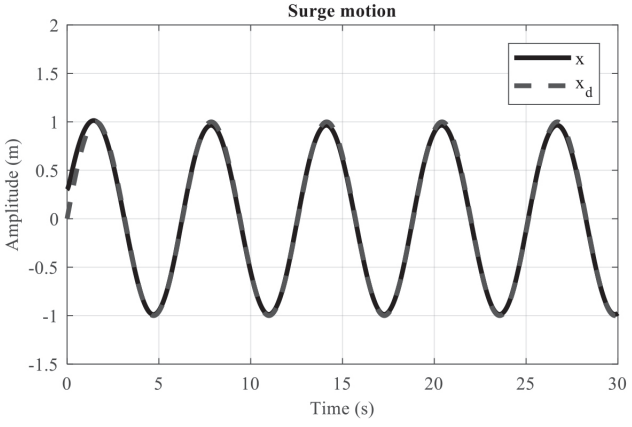


Figure 4.1: Surge motion

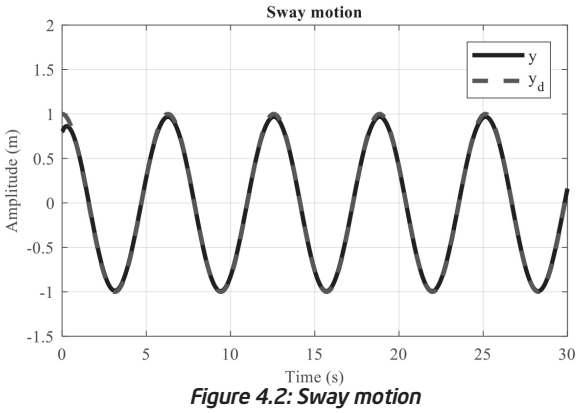


Figure 4.2: Sway motion

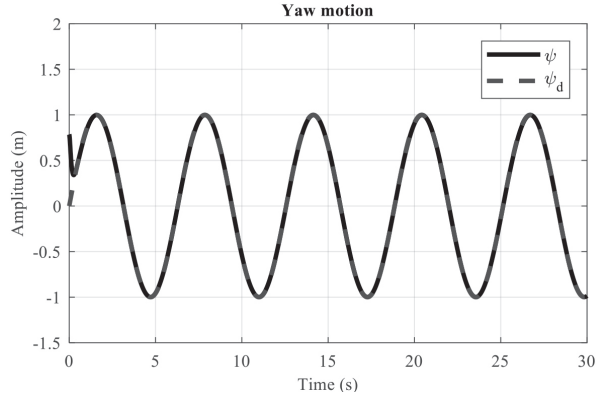


Figure 4.3: Yaw motion

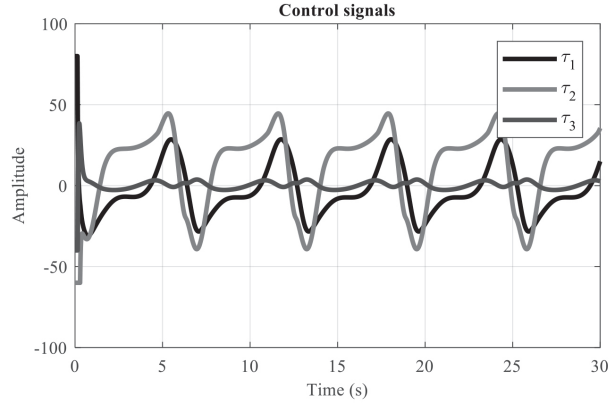


Figure 4.4: Control forces and moments

5. CONCLUSION

In this paper, a control scheme for the 3DOF uncertain surface ship using backstepping technique and RBF NN has been presented. The RBF NN is adopted to create an adaptive mechanism for estimating the functional uncertainties. The stability of system states is ensured by the Lyapunov theory and Barbalat's lemma. The simulation study verifies that the controller is effective to track the positions and heading angle to the required trajectory. Furthermore, since there is no need for precise modeling of the system, the proposed controller can be extensively applied in various marine environments.

Acknowledgments: This research is funded by Vietnam Maritime University under grant number DT23-24.21.

References

[1]. T. I. Fossen (2011), *Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control*.

[2]. T. I. Fossen (2002), *Marine control system-guidance, navigation and control of ships, rigs and underwater vehicles*, Mar. Cybemetics.

[3]. R. Skjetne, T. I. Fossen and V. K. Petar (2005), *Adaptive maneuvering, with experiments, for a model ship in a marine control laboratory*, Automatica, vol.41, no.2, pp.289-298.

[4]. A. U. Van Amerongen, Job and Ten Cate (1975), *Model reference adaptive autopilots for ships*, Automatica, vol.11, no.5, pp.441-449.

[5]. S. Dai, C. Wang and F. Luo (2012), *Identification and Learning Control of Ocean Surface Ship Using Neural Networks*, IEEE Trans. Ind. Informatics, vol.8, no.4, pp.801-810.

[6]. R. S. Burns (1995), *The use of artificial neural networks for the intelligent optimal control of surface ships*, IEEE J. Ocean. Eng., vol.20, no.1, pp.65-72.

[7]. L. Zhang, H. Jia and X. Qi (2011), *NNFFC-adaptive output feedback trajectory tracking control for a surface ship at high speed*, Ocean Eng., vol.38, no.13, pp.1430-1438.

[8]. S. Dai, M. Wang, C. Wang and L. Li (2012), *Learning from adaptive neural network output feedback control of uncertain ocean surface ship dynamics*, Int. J. Adapt. Control Signal Process., vol.28, no.3-5, pp.341-365.

[9]. T. T. U. Hoang, D. T. Pham, V. A. Le and X. M. Phan (2018), *Adaptive Neural Networks Sliding Mode Backstepping Control for 3DOF Surface Ship with Uncertain Model*, in 2018 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), pp.1-6.

[10]. Ø. N. Smogeli, T. Perez, T. I. Fossen and A. J. Sørensen (2004), *The Marine Systems Simulator State-Space Model Representation for Dynamically Positioned Surface Vessels*.

[11]. K. P. Tee and S. S. Ge (2006), *Control of fully actuated ocean surface vessels using a class of feedforward approximators*, IEEE Trans, Control Syst. Technol., vol.14, no.4, pp.750-756.

[12]. G. Wenzhi and R. R. Selmic (2006), *Neural network control of a class of nonlinear systems with actuator saturation*, IEEE Trans. Neural Netw., vol.17, no.1, pp.147-156.

[13]. J. Park and I. W. Sandberg (1991), *Universal Approximation Using Radial-Basis-Function Networks*, Neural Comput., vol.3, no.2, pp.246-257.

[14]. C. Ge, Shuzhi Sam and Wang (2002), *Direct adaptive NN control of a class of nonlinear systems*, IEEE Trans, Neural Networks, vol.13, no.1, pp.214-221.

Date of receipt: 11/3/2024
Date of receiving corrections: 26/3/2024
Posting acceptance date: 03/4/2024

Ảnh hưởng của độ rộng xung đến trường phân bố nhiệt trên điện cực khi gia công trên máy tia lửa điện

■ **TS. NGUYỄN TIẾN DŨNG**
Trường Đại học Hàng hải Việt Nam
Email: dungnt@vimaru.edu.vn

TÓM TẮT: Bài báo sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng quá trình truyền nhiệt trên điện cực niken khi gia công bằng tia lửa điện. Khi thay đổi độ rộng xung là 4 µs, 15 µs, 30 µs, 60 µs, 90 µs và 120 µs thấy rằng chiều rộng xung tăng thì trường phân bố nhiệt độ trong quá trình phóng là càng lớn hơn.

TỪ KHÓA: Gia công tia lửa điện, mô phỏng, trường phân bố nhiệt, độ rộng xung.

ABSTRACT: This article uses the finite element method to simulate the heat transfer process on a nickel electrode during spark machining. When changing the pulse width to 4 µs, 15 µs, 30 µs, 60 µs, 90 µs and 120 µs, it is found that as the pulse width increases, the temperature distribution field during the launch process becomes larger.

KEYWORDS: EDM, simulation, heat distribution field, pulse width.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, các máy phương pháp gia công đặc biệt được áp dụng rộng rãi tại Việt Nam, tuy nhiên việc nghiên cứu các phương pháp này gặp nhiều khó khăn do thiết bị máy móc đắt tiền, gia công kim loại bằng tia lửa điện cũng là một trong số đó, do vậy việc áp dụng các phần mềm để mô phỏng, nghiên cứu chế độ cắt, sự phân bố nhiệt là rất cần thiết.

Trong nghiên cứu này, tác giả đã mô phỏng sự phân bố nhiệt trên điện cực niken khi gia công trên máy gia công tia lửa điện (EDM) trong một kênh phóng, đưa ra được sự thay đổi nhiệt trên điện cực tại các thời điểm khác nhau.

2. THIẾT LẬP MÔ HÌNH PHÂN TÍCH SỐ VỀ NHIỆT ĐỘ

a. Thiết lập mô hình toán học

Quá trình phóng EDM được hoàn thành trong một thời gian rất ngắn, nên khu vực phóng có thể được coi là khu vực mà nhiệt độ tồn tại là ngắn. Đồng thời, do sự tan chảy và bốc hơi liên tục của điện cực dưới năng lượng nhiệt, ranh giới của vùng nhiệt độ của điện cực liên tục thay đổi, dẫn đến trường nhiệt độ của điện cực là không tuyến tính trong thời gian ngắn.

Để đơn giản hóa, điện cực được mô phỏng như một vật lớn vô hạn và bán kính là một bán kính thay đổi theo thời gian. Nghiên cứu về dẫn nhiệt trong phương pháp ăn mòn bằng tia lửa điện, dựa trên lý thuyết thứ hai về nhiệt động lực học, lý thuyết bảo toàn năng lượng và lý thuyết dẫn nhiệt nhiệt Fourier, mô phỏng sự dẫn nhiệt trong phương pháp ăn mòn bằng tia lửa điện được thể hiện bằng phương trình dẫn nhiệt ba [12]:

$$c(T)\rho(T)\frac{\partial T}{\partial t} = \lambda(T)\left[\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right]$$

Trong đó: T - Nhiệt độ (K); t - Thời gian; r, z - Vị trí tọa độ trụ (m); c(T) - Nhiệt riêng của vật liệu [J/(kg.K)]; ρ(T) - Mật độ vật liệu (kg/m^3); λ (T) - Hệ số dẫn nhiệt của vật liệu [W/(m^2.K)].

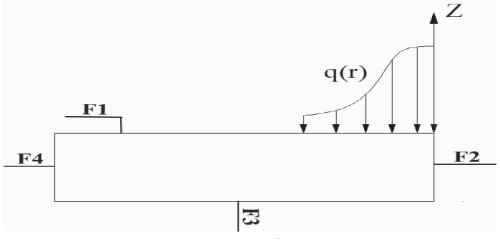
Để thiết lập mô hình toán học này, cần những giả định sau: 1) Mô hình dẫn nhiệt đối xứng; 2) Kênh phóng đơn; 3) Không bao gồm biến dạng khối lượng của kim loại nóng chảy; 4) Không xem xét ảnh hưởng của nguồn nhiệt nội bộ đối với quá trình truyền nhiệt; 5) Nhiệt độ ban đầu của môi trường bên ngoài là 25^{0}C; 6) Chỉ xem xét sự đối lưu và dẫn nhiệt trong quá trình truyền nhiệt;

b. Điều kiện ban đầu

Trong nghiên cứu này, tia lửa điện được thực hiện trong môi trường dầu hỏa, do đó nhiệt độ ban đầu là nhiệt độ ban đầu của môi trường dầu hỏa và nhiệt độ phòng T_0 = 25^{0}C.

c. Điều kiện biên

Khi phân tích trường nhiệt độ của vật liệu, điều kiện biên có thể được chia thành ba loại. Mô hình điều kiện biên được thể hiện trong *Hình 2.1*:



Hình 2.1: Mô hình điều kiện biên EDM

$$T_{F_3,F_4} = 25°C$$

- Điều kiện biên đầu tiên:

Điều kiện biên này là nhiệt độ của vật liệu, đó là nhiệt độ của các phần mở rộng vô hạn (F3, F4) trong mô hình, duy trì nhiệt độ ban đầu:

- Điều kiện biên thứ hai:

Ranh giới này là bề mặt hoạt động (F_1) và mặt phẳng cân đối (F_2) của dòng nhiệt của kênh phóng. Trong số đó, bề mặt F_2 là một bề mặt nhiệt dẻo. Biểu thức toán học là:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial z}\Big|_{0<r\le R(t)} = q(r) \qquad \frac{\partial T}{\partial z}\Big|_{F_3} = 0$$

- Điều kiện biên thứ ba:

Ranh giới này là bề mặt (F_1) nơi có sự trao đổi nhiệt giữa chất lỏng và vật liệu. Biểu thức toán học là:

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial z}\Big|_{F_3} = \kappa(T_L - T_S)$$

Trong công thức, *K* là hệ số truyền nhiệt đối lưu. Trong thí nghiệm này, dầu hỏa được sử dụng làm chất lỏng làm việc và hệ số trao đổi nhiệt dầu hỏa là 800 W/(m^2.^{0}C). TL là nhiệt độ môi trường lỏng (^{0}K), TS là nhiệt độ điện cực bề mặt (^{0}K).

3. MÔ PHỎNG PHẦN TỬ HỮU HẠN CỦA MÔ HÌNH TRƯỜNG NHIỆT ĐỘ

Trong một kênh phóng có thể tạo ra nhiệt độ cao hơn 10.000^{0}C. Do sự chồng chéo liên tục của nhiệt độ bề mặt điện cực nên nhiệt độ rất khó có thể đo được nên sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn (FEM) để mô phỏng sự phân bố nhiệt độ của hai điện cực.

Trong quá trình ăn mòn vật liệu bởi EDM, vì tính chất vật lý nhiệt của vật liệu thay đổi theo nhiệt độ, sự cân bằng nhiệt có thể được biểu diễn bằng một ma trận:

$$[C(T)]\left\{\frac{\partial T}{\partial t}\right\} + [K(T)]\{T\} = [Q(T)]$$

Trong công thức, [C(T)] là một ma trận nhiệt đặc biệt, [K(T)] là một ma trận dẫn nhiệt, [Q(T)] là một ma trận nhiệt độ tại một nút, đó là một vector tốc độ dòng chảy của nút. Trong số đó, ma trận truyền nhiệt chứa một loạt các hệ số như dẫn nhiệt, đối lưu, bức xạ nhiệt và hình dạng. Để có được kết quả tính toán, phương trình cần phải được tích hợp tại các điểm thời gian rời rạc.

Sử dụng phần mềm để thực hiện phân tích phần tử hữu hạn của việc chuyển và phân phối năng lượng tức thời trong quá trình phóng điện. Tích hợp các phương trình Euler:

$$T^{p+1} = T^p + (1-\theta)\Delta t\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)^p + \theta\Delta t\left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)^{p+1}$$

Trong công thức, θ là tham số Euler, p là bước thời gian.

a. Đặt thông số vật liệu

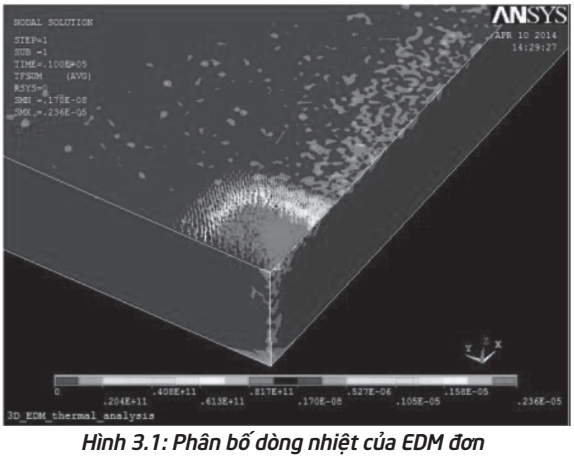
Nghiên cứu này chủ yếu nghiên cứu các hạt hình cầu được hình thành trong quá trình làm lạnh, trong quá trình hóa lỏng của quá trình phóng. Do đó, vật liệu của anot và catot được sử dụng trong bài báo này đều là niken. Khi nhiệt độ thay đổi sẽ làm thay đổi các thông số vật lý nhiệt của vật liệu. Nhiệt độ rắn của niken là 1.454^{0}C, nhiệt độ chuyển hoàn toàn pha lỏng là 2.730^{0}C, nhiệt tiềm ẩn của sự nóng chảy 3,05x10^5 *j/kg*, nhiệt tiềm ẩn của sự bốc hơi 7,2x10^6 j/kg.

b. Mô hình hình học

Trong quá trình phóng, kênh phóng thường không vượt quá vài trăm micromet. Sự thay đổi pha của lớp bị ảnh hưởng bởi nhiệt không rõ ràng, do đó khi mô hình hình học được thiết lập, lựa chọn các mô hình điện cực nhỏ, kích thước 500x500x50 micromet. Do tính đối xứng của phân bố mật độ Gaussian, nên để đơn giản trong quá trình phân tích chỉ chọn một phần tư các điện cực. Với mô hình nguồn nhiệt và các điều kiện ranh giới nhiệt trong phần trên, có thể thấy mật độ nhiệt được áp dụng cho bề mặt F1.

c. *Phân bố trường nhiệt khi phóng điện*

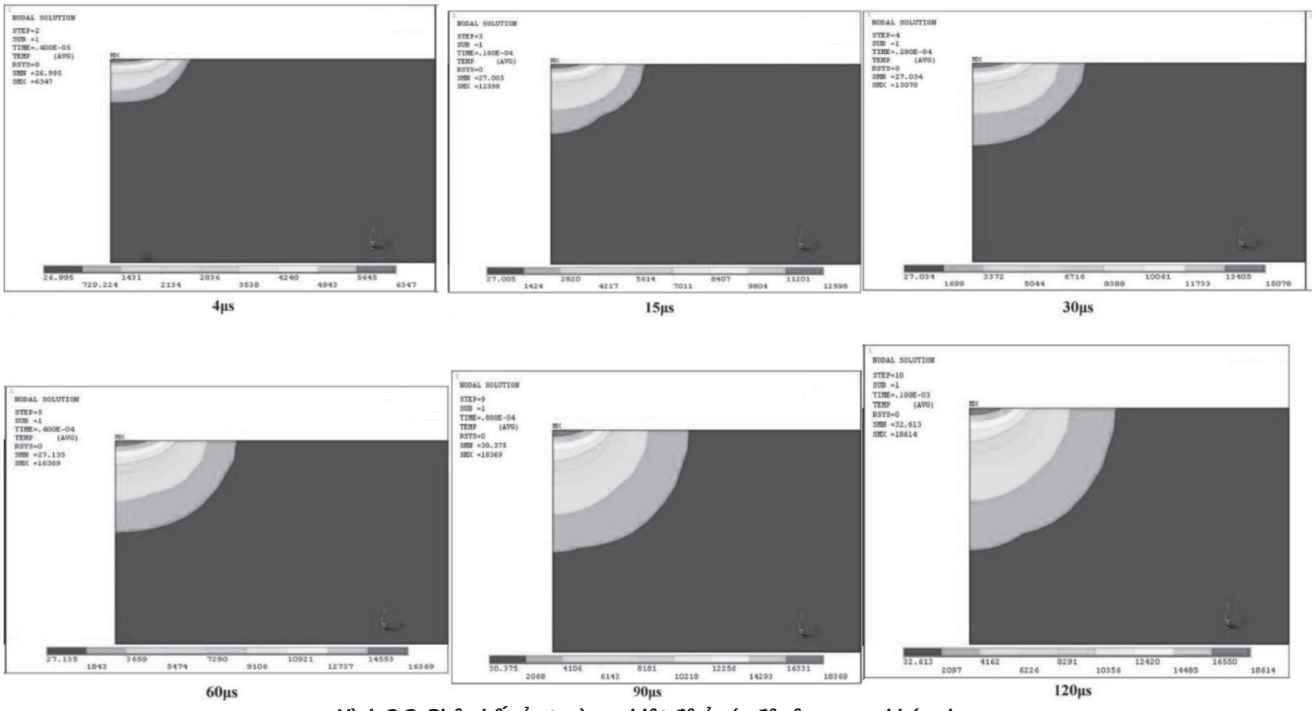
Trong quá trình mô phỏng nhiệt độ, các thông số phóng điện được thiết lập cho phân tích số là: Độ rộng xung 100 µs, điện áp phóng điện 60 V và dòng điện phóng 20 A. Sự phân bố dòng nhiệt được thể hiện trong *Hình 3.1*:



Hình 3.1: Phân bố dòng nhiệt của EDM đơn

Như *Hình 3.1*, khi bắt đầu phóng điện, bán kính kênh phóng nhỏ hơn, mật độ nhiệt lớn hơn và mật độ nhiệt lớn nhất ở trung tâm của kênh phóng. Vào thời điểm này, nhiệt độ của vật liệu tăng lên nhanh hơn và nhiệt ở đây cũng cao. Trong một khoảng thời gian ngắn, nhiệt độ bề mặt sẽ đạt đến điểm nóng chảy của vật liệu để tan chảy, với sự giãn nở của kênh phóng, dòng nhiệt từ trung tâm phóng trở nên nhỏ hơn và sức nóng được truyền ra xung quanh. Trong quá trình truyền nhiệt cho vật liệu điện cực, hầu hết lượng nhiệt sẽ được phân tán vào lớp bề mặt, phần còn lại của nhiệt sẽ tập trung vào lớp nóng chảy và lớp bốc hơi của vật liệu. Bằng cách này, nhiệt độ ở vị trí của điểm trung tâm sẽ trở nên cao hơn và khi đạt đến ngưỡng bốc hơi của vật liệu, kim loại nóng chảy một phần được chuyển trực tiếp thành hơi kim loại.

Để nghiên cứu ảnh hưởng của độ rộng xung khác nhau đến sự phân bố nhiệt độ của chu trình, giữ các tham số khác không thay đổi, thay đổi độ rộng xung là: 4 µs, 15 µs, 30 µs, 60 µs, 90 µs và 120 µs. *Hình 3.2* cho thấy đám mây phân bố của trường nhiệt độ ở các độ rộng xung khác nhau.



Hình 3.2: Phân bố của trường nhiệt độ ở các độ rộng xung khác nhau

Hình 3.2 cho thấy trong giai đoạn đầu của sự phóng điện, ảnh hưởng của nhiệt độ đến sự phân bố nhiệt độ bề mặt của vật liệu là tương đối nhỏ, nhưng gradient chuyển nhiệt sang xung quanh là tương đối lớn. Với sự gia tăng chiều rộng xung, trường phân bố nhiệt độ trong quá trình phóng là lớn hơn. Tuy nhiên, tại thời điểm này, tốc độ của pha nhiệt độ được truyền nhanh hơn chiều hướng độ dày. Hầu hết nhiệt sẽ được sử dụng để tạo ra một diện tích lớn của sự chuyển tiếp pha vật liệu, nhưng nhiệt không đạt được quá trình chuyển pha hơi. Mặc dù toàn bộ năng lượng đầu vào tăng lên đáng kể, nhưng năng lượng tích lũy trong một khu vực là nhỏ và được sử dụng để làm cho giai đoạn bốc hơi không thay đổi nhiều. Lượng bốc hơi vào thời điểm này ít hơn lượng hóa lỏng, do đó kích thước hạt của các hạt nhỏ hình thành sẽ lớn hơn trong quá trình ngưng tụ. Ngược lại, dưới tác động của xung nhỏ, do sự phóng liên tục, năng lượng nhiệt tích tụ trong lớp bốc hơi tương đối lớn, hàm lượng kim loại bốc hơi nhiều hơn và kích thước hạt hình thành sau khi ngưng tụ nhỏ.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, tác giả đã phân tích thông lượng nhiệt và phân bố nhiệt độ trong quá trình xả đơn xung. Theo một tham số xả với dòng điện 20 A, điện áp 60 V và chiều rộng xung phát ra là 100 μs, đã phân tích sự phân bố xu hướng biến đổi dòng nhiệt trên điện cực. Để nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số điện khác nhau đến việc phân bố trường nhiệt độ, thay đổi các giá trị độ rộng xung 4 μs, 15 μs, 30 μs, 60 μs, 90 μs và 120 μs, từ đó phân tích các nguyên nhân của thay đổi trường nhiệt độ trên điện cực.

Tài liệu tham khảo

[1]. E.L. Papazoglou, P. Karmiris-Obratanski, N.E. Karkalos, M. Thangaraj, A.P. Markopoulos (2023), *Theoretical and experimental analysis of plasma radius expansion model in EDM: a comprehensive study*, Int. J. Adv. Manuf. Technol., 126, pp.2429-2444.

[2]. Jiajing Tang, Xiaodong Yang (2016), *A Thermo-hydraulic Modeling for the Formation Process of the Discharge Crater in EDM*, Procedia CIRP, vol.42, pp.685-690.

[3]. S. Jithin, Ajinkya Raut, Upendra V. Bhandarkar, Suhas S. Joshi (2018), *FE modeling for single spark in EDM considering plasma flushing efficiency*, Procedia Manufacturing, vol.26, pp.617-628.

[4]. Baocheng Xie, Chenhao Xu (2024), *Thermal simulation of microelectrode machining process during block electrical discharge grinding*, Case Studies in Thermal Engineering, vol.54.

[5]. Bai Shao, Kamlakar P. Rajurkar (2015), *Modelling of the Crater Formation in Micro-EDM,* Procedia CIRP, vol.33, pp.376-381.

Date of receipt: 24/4/2024
Date of receiving corrections: 20/5/2024
Posting acceptance date: 29/5/2024

Dầm I cánh rộng
Giải pháp hợp lý cho vượt nhịp trên 40 m ở Việt Nam

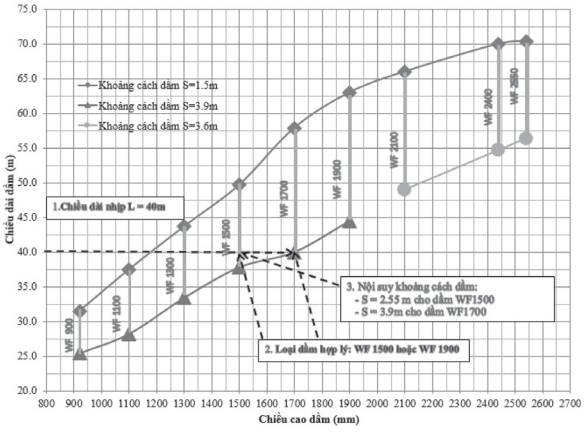
■ PGS. TS. NGÔ VĂN MINH

1. THIẾT KẾ ĐỊNH HÌNH DẦM I CÁNH RỘNG Ở VIỆT NAM

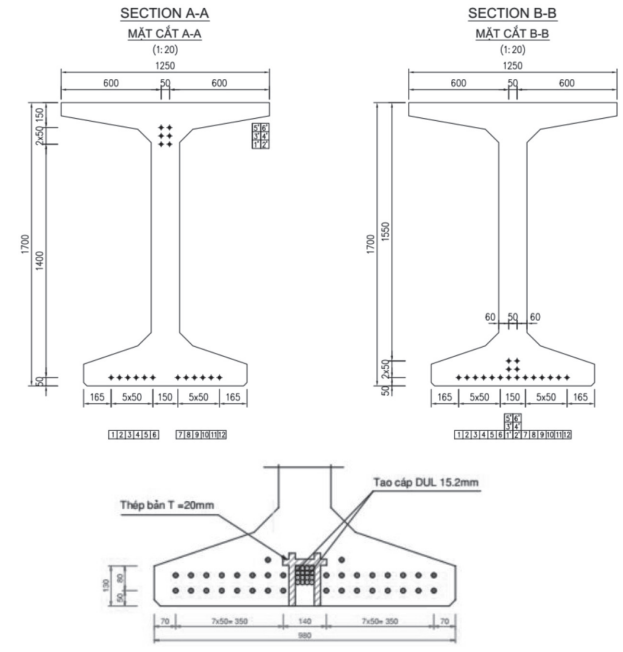
Tại Việt Nam, cùng với sự phát triển nhanh chóng của hệ thống hạ tầng giao thông trên cả nước, các loại dầm bê tông dự ứng lực (BTDUL) đúc sẵn với các đặc điểm dễ chế tạo với số lượng lớn, có tính tin cậy về chịu lực và thi công cao đã được áp dụng rất phổ biến. Các dạng dầm BTDUL phổ biến ở Việt Nam vượt nhịp phổ biến đến 40 m (dầm Super T). Ở một số trường hợp cần vượt nhịp lớn hơn, dầm Super T được kết hợp với xà mũ mở rộng trụ theo phương dọc để vượt nhịp đến 45 m. Gần đây, dầm chữ U bê tông cường độ cao chế tạo sẵn trong nhà máy vượt nhịp 60 m đã được thử nghiệm ở địa bàn đồng bằng sông Cửu Long. Ở các khu vực khác, giải pháp dầm U chưa được áp dụng rộng rãi. Có thể nói rằng, chiều dài từ 40 m đến 60 m vẫn chưa có loại dầm BTDUL đơn giản, có thể thi công trực tiếp tại hiện trường. Để giải quyết vấn đề này, đề tài nghiên cứu của Trường Đại học GTVT (2017) đã đề xuất 9 loại dầm I cánh rộng có kích thước định hình, chỉ thay đổi chiều cao dầm, khoảng cách giữa các dầm chủ và số lượng tao cáp dự ứng lực trong dầm để áp dụng phù hợp cho các loại chiều dài nhịp từ 24 m đến 60 m *(Bảng 1.1, Hình 1.1, Hình 1.2 và Hình 1.3)*.

Bảng 1.1. Các loại dầm cánh rộng (WF) đề xuất áp dụng tại Việt Nam

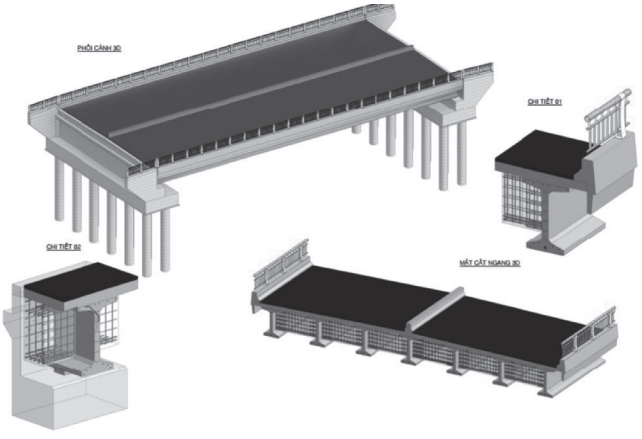
Tên dầm	Chiều cao dầm	Chiều cao sườn	Trọng lượng đơn vị	Cấp bê tông	Chiều dài vượt nhịp tối đa (m)
	(mm)	(mm)	(kN/m)	(MPa)	
WF900	900	320	11,5	50	31
WF1100	1.100	520	12,2	50	37
WF1300	1.300	720	12,9	50	44
WF1500	1.500	920	13,8	50-60	50
WF1700	1.700	1.120	14,5	50-60	54
WF1900	1.900	1.320	15,5	50-60	57
WF2100	2.100	1.520	16,5	50-60	60



Hình 1.1: Sơ đồ lựa chọn loại dầm, khoảng cách giữa các dầm phù hợp với chiều dài vượt nhịp cần thiết



Hình 1.2: Bố trí cốt thép dự ứng lực của dầm WFG



Hình 1.3: Bố trí chung dầm WFG

Theo đó, dầm WFG được sử dụng như dầm chủ trong một hệ mạng dầm được kết nối theo phương ngang thông qua từ 3 đến 5 dầm ngang. Số lượng tao cáp sử dụng cho mỗi dầm được lựa chọn căn cứ vào chiều dài vượt nhịp và khoảng cách giữa các dầm chủ, ví dụ cho một số dầm được thể hiện ở *Bảng 1.2*. Dầm sử dụng bê tông dầm cấp C50, độ sụt 20±2 cm, sử dụng cốt liệu có đường kính lớn nhất bằng 20 mm; tao cáp dự ứng lực 7 sợi đường kính 15,2 mm; có độ tự chùng thấp là các loại vật liệu phổ biến ở Việt Nam. Thiết kế điển hình này đảm bảo khả năng chịu lực theo tiêu chuẩn thiết kế cầu TCVN 11823:2017.

Bảng 1.2. Năng lực vượt nhịp tương ứng với khoảng cách dầm và số tao cáp sử dụng của một số dầm điển hình

Tên dầm	Khoảng cách dầm S (m)	S = 1,5 m		S = 3,9 m	
		Min	Max	Min	Max
WF900 (hiệu quả thay thế cho dầm bản BTDUL 21 m, 24 m)	Chiều dài dầm (m)	20	31	20	25
	Số tao cáp DUL 15,2 mm (tao)				
	Số tao cáp DUL thẳng	10	28	18	30
	Số tao cáp DUL xiên	5	11	9	15
	Số tao cáp DUL tạm thời	0	0	0	0
	Tổng cộng	15	39	27	45
WF1300 (Dùng tương ứng với I 33)	Chiều dài vượt nhịp (m)	20	44	20	33
	Số tao cáp DUL 15,2 mm (tao)				
	Số tao cáp DUL thẳng	16	42	14	36
	Số tao cáp DUL xiên	4	18	5	18
	Số tao cáp DUL tạm thời	0	0	0	0
	Tổng cộng	20	60	19	54
WF1500 (Tương ứng với dầm Super T)	Chiều dài vượt nhịp (m)	27	50	23	38
	Số tao cáp DUL 15,2 mm (tao)				
	Số tao cáp DUL thẳng	12	46	16	40
	Số tao cáp DUL xiên	6	20	8	20
	Số tao cáp DUL tạm thời	0	6	0	6
	Tổng cộng	18	72	24	66
WF1700 (Sử dụng hợp lý thay thế cho dầm Super T + mở rộng xà mũ vượt nhịp 45 m)	Chiều dài vượt nhịp (m)	29	54	21	42
	Số tao cáp DUL 15,2 mm (tao)				
	Số tao cáp DUL thẳng	12	46	12	44
	Số tao cáp DUL xiên	6	24	6	22
	Số tao cáp DUL tạm thời	0	8	0	8
	Tổng cộng	18	78	18	74
WF1900 (Vượt nhịp đến 57 m)	Chiều dài vượt nhịp (m)	39	57	26	45
	Số tao cáp DUL 15,2 mm (tao)				
	Số tao cáp DUL thẳng	20	46	16	44
	Số tao cáp DUL xiên	10	28	8	22
	Số tao cáp DUL tạm thời	0	8	0	8
	Tổng cộng	30	82	24	74

2. HIỆU QUẢ KINH TẾ CỦA DẦM I CÁNH RỘNG

Kết quả so sánh về kinh tế của các phương án cầu WF900 với dầm bản 24 m; WF1300 và WF1500 với dầm I 33 truyền thống WF1700 (khoảng cách dầm 3,3 m) với dầm Super T nhịp 38,2 m và phương án WF1700 (khoảng cách dầm 2,5 m) với phương án dầm Super T kết hợp xà mũ mở rộng trụ để vượt nhịp 45 m cho thấy ở tất cả các phương án so sánh, dầm WFG đều có hiệu quả kinh tế nhỏ hơn hoặc tương đương với phương án truyền thống. Phương án dầm WFG đặc biệt hiệu quả để thay thế cho dầm bản BT DWL 24 m và phương án sử dụng dầm Super T kết hợp mở rộng xà mũ theo phương dọc để vượt nhịp 45 m. Khi so sánh với phương án I 33 và phương án dầm Super T, dầm WFG không vượt trội về chi phí về kinh tế nhưng có chiều cao kiến thúc thấp hơn, sử dụng ít vật liệu hơn, đồng thời giảm đến 10% lượng phát thải carbon.

Bảng 2.1. So sánh hiệu quả kinh tế của dầm I cánh rộng với các phương án dầm truyền thống

STT	Loại dầm	Chiều dài nhịp (m)	Khổ cầu (m)	Số dầm	Đơn giá/nhịp (VNĐ)	Đơn giá/m² (VNĐ)	Đánh giá
Nhịp 24 m							
1	Dầm bản 24 m	24	24,75	24	5.044.469.000	8.492.372	
2	Dầm WF 900	24	24,75	10	2.652.898.000	4.466.158	**Hiệu quả**
Nhịp 33 m							
1	Dầm I 33	33	24,75	10	4.620.212.000	5.656.825	
2	Dầm WF 1.300	33	24,75	10	4.072.779.000	4.986.567	Giảm chiều cao
3	Dầm WF 1.500	33	24,75	8	3.754.484.000	4.596.858	

Nhịp 38,2 m							
1	Dầm Super T	38,3	24,75	10	5.483.070,000	5.784.287	
2	Dầm WF 1.700 S = 3,3 m	38,3	24,75	8	4.775.492.000	5.037.837	
Nhịp 45,0 m							
1	Dầm Super T xà mũ mở rộng	45	24,75	10	8.997.806.000	8.078.838	
2	Dầm WF 1.700 S = 2,5 m	45	24,75	8	6.123.420.000	5.498.020	**Hiệu quả**

3. THI CÔNG DẦM I CÁNH RỘNG TẠI HIỆN TRƯỜNG

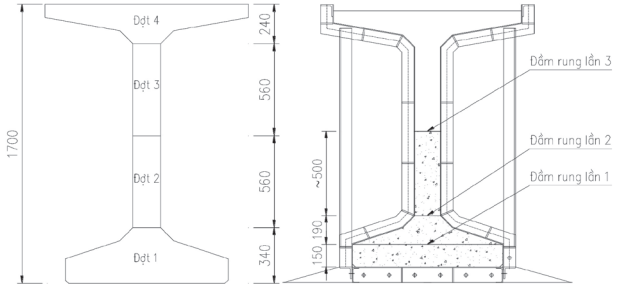
Thi công dầm I cánh rộng tại hiện trường là khả thi, một số lưu ý đã được chỉ ra gồm:

- Nên sử dụng hộc đổ để đổ bê tông dầm nhằm mục đích kiểm soát tốt tốc độ đổ bê tông với thời điểm đầm rung và thời gian đầm rung.

- Quá trình đổ bê tông dầm cánh rộng nên được thực hiện từng đoạn theo phương dọc của dầm (từ đầu này đến đầu kia), mỗi đoạn dài khoảng 15 m (đổ hoàn thiện đến đỉnh dầm).

- Thiết bị đầm sử dụng cho công tác đầm bê tông dầm cánh rộng là dầm dùi (loại đầu dùi nhỏ) và đầm rung được gắn ở ván khuôn (cần kiểm tra kỹ và sử dụng biện pháp để đầm rung không bị lỏng khi đầm). Thời điểm rung đầm theo cao độ của bê tông dâng lên theo mặt cắt ngang dầm.

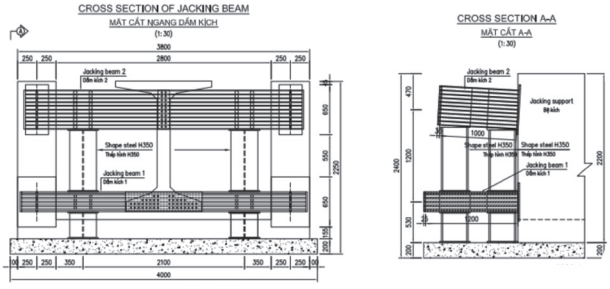
- Quá trình đổ bê tông cần phải bố trí người theo dõi về cao độ nào theo mặt cắt ngang của dầm (có thể bố trí lỗ thăm bê tông ở ván khuôn) để đầm rung kịp thời. Chu kỳ rung hợp lý thường là 30s cho mỗi lần rung. Đầm dùi được sử dụng liên tục cho đến khi thấy bọt khí nổi lên trên bề mặt.



Hình 3.1: Phân đợt đổ và trình tự đầm bê tông dầm (khuyến cáo)

Cần lưu ý thiết kế cẩn thận cho neo chuyển hướng của cốt thép DUL (chịu nhổ) và dầm kích *(Hình 3.2)* để tránh bị biến dạng khi tiến hành căng cáp DUL và neo cáp tại dầm. Chỉ nên tiến hành truyền lực khi cường độ bê tông dầm đạt đến 90% cường độ thiết kế.

Dầm I cánh rộng có chiều dài 45 m sau khi được chế tạo hoàn thiện có khối lượng khoảng 68 tấn, nhỏ hơn so với dầm Super T 38,2 m, do vậy có thể nâng hạ bằng cần cẩu 80 - 100 T. Dầm có cánh trên và cánh dưới rộng giúp đảm bảo ổn định ngang trong quá trình nâng hạ.



Hình 3.2: Dầm I cánh rộng sau khi thi công hoàn thành

Hình 3.3: Dầm I cánh rộng sau khi thi công hoàn thành

4. KẾT LUẬN CHUNG VỀ ƯU ĐIỂM VÀ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG CỦA DẦM I CÁNH RỘNG Ở VIỆT NAM

- Dầm I cánh rộng là một giải pháp kinh tế để thay thế cho dầm bản BTDUL nhịp 24 m, có thể dùng vượt nhịp 33 m khi cần chiều cao kiến trúc thấp và là giải pháp kinh tế - kỹ thuật vượt nhịp từ 40 m trở lên.

- Dầm tiết kiệm vật liệu, giúp giảm phát thải carbon, giảm tác động môi trường.

- Đơn giá, định mức quy định tại Thông tư số 12/2021/TT-BXD ngày 31/8/2021 là đủ để áp dụng cho bước thiết kế. Trong quá trình thi công thực tế, một số điều chỉnh về định mức có thể thực hiện theo hướng dẫn tại Phụ lục III Thông tư số 13/2021/TT-BXD ngày 31/8/2021 của Bộ Xây dựng về hướng dẫn phương pháp xác định các chỉ tiêu kinh tế kĩ thuật và đo bóc khối lượng công trình.

- Kết quả thiết kế bản vẽ thi công, chế tạo thử nghiệm và thử tải đến phá hoại cho hai dầm I cánh rộng 45 m tại công trường cầu vượt sông Đáy (tỉnh Ninh Bình) cho thấy: Không có khó khăn, kỹ thuật đặc biệt trong thiết kế và thi công dầm. Dầm đảm bảo khả năng chịu lực với tải trọng thiết kế HL93 (theo tiêu chuẩn thiết kế cầu tại Việt Nam) với độ tin cậy cao.

Ban hành Quyết định về tiêu chuẩn, định mức sử dụng diện tích chuyên dùng phục vụ nhiệm vụ đặc thù của các cảng vụ hàng hải, đại diện cảng vụ hàng hải

Ngày 5/6/2024, Bộ GTVT ban hành Quyết định số 704/QĐ-BGTVT về việc ban hành tiêu chuẩn, định mức sử dụng diện tích chuyên dùng phục vụ nhiệm vụ đặc thù của các cảng vụ hàng hải, đại diện cảng vụ hàng hải.

Theo đó, ban hành tiêu chuẩn, định mức sử dụng diện tích chuyên dùng phục vụ nhiệm vụ đặc thù của các cảng vụ hàng hải, đại diện cảng vụ hàng hải.

Đối với các đơn vị: Cảng vụ Hàng hải TP. Hồ Chí Minh, Cảng vụ Hàng hải Quảng Ninh, Cảng vụ Hàng hải Cần Thơ thực hiện theo Quyết định số 62/QĐ-BGTVT ngày 16/1/2020; Cảng vụ Hàng hải Thanh Hóa thực hiện theo Quyết định số 1431/QĐ-BGTVT ngày 1/11/2022 và Đại diện Cảng vụ Hàng hải Đồng Tháp tại Vĩnh Xương - Thường Phước thực hiện theo Quyết định số 781/QĐBGTVT ngày 22/6/2022 của Bộ trưởng Bộ GTVT về việc ban hành tiêu chuẩn, định mức sử dụng diện tích chuyên dùng phục vụ nhiệm vụ đặc thù của các cảng vụ hàng hải, đại diện cảng vụ hàng hải.

Tiêu chuẩn, định mức sử dụng diện tích chuyên dùng nêu tại Điều 1 của Quyết định này làm cơ sở cho việc đầu tư xây dựng, nâng cấp, cải tạo, mua sắm, quản lý và sử dụng trụ sở làm việc của đơn vị theo quy định của pháp luật.

Thông tư sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 12/2020/TT-BGTVT ngày 29/5/2020 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về tổ chức, quản lý hoạt động vận tải bằng xe ô tô và dịch vụ hỗ trợ vận tải đường bộ

Bộ GTVT vừa ban hành Thông tư số 18/2024/TT-BGTVT ngày 31/5/2024 Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 12/2020/TT-BGTVT ngày 29/5/2020 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về tổ chức, quản lý hoạt động vận tải bằng xe ô tô và dịch vụ hỗ trợ vận tải đường bộ.

Theo đó, Thông tư gồm 3 điều sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 12/2020/TTBGTVT ngày 29/5/2020 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về tổ chức, quản lý hoạt động vận tải bằng xe ô tô và dịch vụ hỗ trợ vận tải đường bộ và Thông tư số 05/2023/TT-BGTVT ngày 27/4/2023 của Bộ trưởng Bộ GTVT sửa đổi, bổ sung một số điều của các thông tư liên quan đến lĩnh vực vận tải đường bộ, dịch vụ hỗ trợ vận tải đường bộ, phương tiện và người lái. Đồng thời, bãi bỏ, thay thế một số cụm từ, điểm, khoản, điều của Thông tư số 12/2020/TT-BGTVT.

Thông tư này có hiệu lực thi hành từ ngày 15/7/2024.

Ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về hệ thống chống hà tàu biển

Ngày 10/6/2024, Bộ GTVT đã ban hành Thông tư số 22/2024/TT-BGTVT ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về hệ thống chống hà tàu biển.

Ban hành kèm theo Thông tư này Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về hệ thống chống hà tàu biển.

Thông tư này có hiệu lực kể từ ngày 1/12/2024 và bãi bỏ khoản 1 Điều 1 của Thông tư số 24/2014/TT-BGTVT ngày 30/6/2014 của Bộ trưởng Bộ GTVT ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về hệ thống chống hà tàu biển, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về hoạt động kéo trên biển, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về phân cấp và chế tạo phao neo, phao tín hiệu và Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về các hệ thống ngăn ngừa ô nhiễm biển của tàu.

Ban hành Thông tư Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 19/2017/TT-BGTVT của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý và bảo đảm hoạt động bay

Bộ GTVT vừa ban hành Thông tư số 15/2024/TT-BGTVT ngày 29/5/2024 Sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 19/2017/TT-BGTVT ngày 6/6/2017 của Bộ trưởng Bộ GTVT quy định về quản lý và bảo đảm hoạt động bay.

Theo đó, sửa đổi, bổ sung khoản 2 Điều 17 như sau:

"2. Nhân viên không lưu khi thực hiện nhiệm vụ phải có giấy phép và năng định còn hiệu lực. Nhân viên tham gia tập sự và huấn luyện tại vị trí làm việc (kiểm soát đường dài, kiểm soát tiếp cận, kiểm soát tại sân bay) phải được một kiểm soát viên không lưu hoặc một huấn luyện viên không lưu có giấy phép và năng định phù hợp còn hiệu lực giám sát, hướng dẫn. Kiểm soát viên không lưu hoặc huấn luyện viên không lưu thực hiện giám sát, hướng dẫn chịu trách nhiệm đối với việc cung cấp dịch vụ điều hành bay của nhân viên tham gia tập sự và huấn luyện tại vị trí làm việc đó.

Doanh nghiệp cung cấp dịch vụ không lưu có trách nhiệm bố trí đủ nhân viên không lưu phù hợp với vị trí công tác."

Bổ sung điểm i khoản 1 Điều 263 Thông tư số 19/2017/TT-BGTVT (được sửa đổi, bổ sung tại khoản 55 Điều 1 Thông tư số 32/2021/TT-BGTVT) như sau: "i) Quản lý công tác đào tạo, huấn luyện nhân viên ANS (ANS PEL)."

Thông tư này có hiệu lực thi hành kể từ ngày 15/7/2024 ❑

Nghiên cứu áp dụng công nghệ dầm cánh rộng trên thế giới

Do hình dạng và trạng thái làm việc của dầm cánh rộng (DCR) tương đối đơn giản nên dễ dàng đẩy nhanh thời gian thi công, giảm giá thành chung của dự án. Việc ứng dụng công nghệ DCR sẽ giúp đẩy nhanh tốc độ chuẩn bị và triển khai dự án. Dưới đây là một số kinh nghiệm phát triển loại hình dầm cánh rộng trên thế giới, là bài học cho Việt Nam nhân rộng mô hình này.

Dầm cánh rộng của bang California chế tạo tại Chicago (Nguồn: County Materials)

Tại Việt Nam, kết cấu dầm nhịp giản đơn là loại kết cấu được áp dụng nhiều nhất để vượt nhịp vừa và nhỏ (chiều dài từ 60 m trở xuống). Thông thường, dầm được chế tạo trước trong công xưởng hoặc trong bãi đúc, sau đó vận chuyển, lắp đặt tại hiện trường. Dầm được chế tạo trước do đó thường có chất lượng tốt và có thể chế tạo hàng loạt.

ƯU ĐIỂM CỦA DCR

Hệ thống DCR được phát triển để cung cấp giải pháp dầm bê tông căng trước có thể mở rộng phạm vi áp dụng của hệ thống dầm truyền thống. Điều này được thực hiện chủ yếu bằng cách mở rộng bản cánh phía dưới cho phép bố trí nhiều tao cáp hơn và mở rộng bản cánh trên để tăng độ cứng và độ ổn định, kết hợp với việc sử dụng các loại bê tông có cường độ cao đến cấp 70 MPa và các tao cáp dự ứng lực đường kính lớn đến 0,6 và 0,7 inch. Loại dầm này được nghiên cứu từ những năm 1990 ở Hoa Kỳ và bắt đầu được ứng dụng rộng rãi từ những năm 2000 ở Hoa Kỳ, Canada và Mexico…

DCR có ưu điểm chung của dầm chế tạo sẵn, bao gồm: Khi so sánh với bê tông đúc tại chỗ, chi phí liên quan đến bê tông đúc sẵn giảm khi quy mô dự án tăng lên. Việc đúc sẵn sẽ đẩy nhanh quá trình thi công do dầm có thể được chuẩn bị song song với việc thi công kết cấu phần dưới, tránh việc lắp đặt đà giáo - là điều thú vị khi cầu bắc qua sông, đường bộ hay đường sắt có lưu lượng giao thông lớn. Việc đúc sẵn cho phép chất lượng bê tông dầm tốt hơn và kích thước dầm được chế tạo chính xác hơn.

Ngoài ra, khi so sánh với các dầm đúc sẵn khác, DCR có hình dạng dầm hợp lý: Có chiều cao thấp và khả năng năng vượt nhịp tương đối dài. Các ưu điểm này là sự tối ưu hóa của các dầm truyền thống được sử dụng từ những năm 1950 để kéo dài chiều dài nhịp và đặc biệt hiệu quả về chi phí trong phạm vi các nhịp dài từ 40 m đến 60 m.

HOA KỲ TIÊN PHONG ÁP DỤNG CÔNG NGHỆ DCR

Hoa Kỳ là nước tiên phong đối với loại dầm này. Đầu những năm 1990, Đại học Nebraska-Lincoln đã phát triển loại dầm I có hình dạng mới dưới sự giám sát của TS. Maher Tadros được gọi là dầm "NU", được sử dụng ở bang Nebraska từ năm 1995. Bố cục này đã giảm đi thành 8 chiều cao khác nhau từ 750 mm đến 2.400 mm. Dầm có chiều cao lớn hơn 2.800 mm đã được bổ sung ở giai đoạn sau để kéo dài chiều dài nhịp có thể đạt được.

Ba năm sau, khi dầm NU được phát triển, Sở GTVT bang Washington (WSDOT) đã chỉnh sửa và tiếp nhận nó thành dầm của bang (Seguirant, 1998), dưới cái tên "Dầm cánh rộng". Những dầm này được chỉ định theo chiều cao: WF - "chiều cao theo đơn vị inch" và có 9 loại dầm khác nhau (nhỏ nhất là WF36G).

Tùy thuộc vào khoảng cách giữa các dầm mà có thể được sử dụng, về mặt lý thuyết cho nhịp nằm trong khoảng từ 100 feet (30,5 m đối với WF36G) đến 220 feet (67 m đối với WF100G). Mỗi loại dầm có một phạm vi cụ thể tùy thuộc vào khoảng cách giữa các dầm.

Một thiết kế định hình dầm tương tự đã được Caltrans (Sở GTVT bang California) và MoDOT (Sở GTVT bang Missouri) phát triển với một số sửa đổi về hình dạng của cánh trên và cánh dưới. Thiết kế điển hình DCR của Sở GTVT bang California vào năm 2012 đã điều chỉnh vút nối giữa bản bụng và bản cánh từ vát nghiêng

thành bo tròn tương tự như dầm NU để tăng tính thẩm mỹ và thuận tiện hơn cho việc đổ và đầm bê tông. Về tổng thể, các thiết kế điển hình của DCR tại Hoa Kỳ vẫn sử dụng chung một nguyên lý về thiết kế tối ưu của bộ dầm đầu tiên (dầm NU), tuy có điều chỉnh về hình dạng và bố trí sơ đồ dự ứng lực.

Một số đặc điểm:

DCR được thiết kế nhằm đơn giản hóa quy trình sản xuất bằng cách sử dụng cánh trên và dưới có kích thước đồng nhất cho mọi chiều cao và chiều dài nhịp. Cường độ bê tông (ở 28 ngày tuổi) thường dao động từ 8 kpsi (55 MPa) đến 10 kpsi (69 MPa), nhưng có thể lên đến 15 kpsi (103 MPa). Mức cường độ này cao hơn đáng kể so với cường độ 45 MPa thường được áp dụng cho các dầm truyền thống. Cường độ bê tông tại thời điểm cắt cáp thường bằng từ 65% đến 75% của cường độ 28 ngày.

Khoảng cách giữa các dầm theo phương ngang hiệu quả nhất là 3 m. Hầu hết các nhịp phổ biến được sử dụng dao động từ 30 m đến 43 m. Dầm dài 57 m đã được sản xuất thành công và các dầm dài trên 60 m ngày càng có xu hướng được nghiên cứu sử dụng. Một ví dụ điển hình là cây cầu liên bang ở Tacoma, xây dựng vào năm 2021, với chiều dài dầm 67 m - dài nhất cho đến nay tại Hoa Kỳ.

Dầm được căng trước hoàn toàn hoặc sử dụng kết hợp cả tao cáp căng trước và cáp dự ứng lực căng sau. Trong đó, các cáp dự ứng lực căng sau được sử dụng cho kết cấu nhiều nhịp được liên tục hóa. Các cáp căng sau nhằm mục giảm mô-men âm trong kết cấu phần trên phía trên trụ cầu, tiết kiệm chi phí tổng thể nhưng làm cho trình tự thi công và ván khuôn phức tạp hơn (đầu dầm được mở rộng để tăng diện tích bố trí các khối neo và phần cốt thép chờ).

Đối với tao cáp căng trước, thiết kế tao cáp xiên cho thấy hiệu quả hơn các tao cáp thẳng không có dính bám. Trong dầm căng trước, cánh trên được gia cường bởi cốt thép thường và đôi khi cả các tao cáp thẳng căng trước.

Thông thường, cốt thép cánh dưới bao gồm các tao dự ứng lực thẳng, trong đó có tao không dính bám hoặc tao xiên; cốt thép thường để kiềm chế nở hông do nén. Trong dầm căng sau, có một hay nhiều ống gen chạy trong các thanh thép ở bụng dầm. Các ống gen căng sau có thể được kết hợp với các tao cáp xiên. Ống gen căng sau được làm từ thép mạ kẽm lượn sóng.

Cẩu dầm tại bãi đúc (Nguồn: County Materials)

CANADA ỨNG DỤNG DẦM NU

Cầu DCR đầu tiên ở Canada là cầu qua sông Oldman tại Taber, Alberta, được xây dựng vào năm 2001. Kể từ đó, hình dạng và sơ đồ ứng lực trước tối ưu hóa của dầm NU đã thay thế các loại dầm đúc sẵn khác đối với chiều dài nhịp từ 20 m trở lên tại Alberta. Chiều cao dầm NU thay đổi định hình từ 1.200 mm đến 2.800 mm và dần được sử dụng cho nhịp tới 60 m, bao hàm hầu hết phạm vi cầu nhịp nhỏ và trung bình.

Nhà sản xuất chính và đầu tiên của DCR tại Canada đặt tại bang Alberta hiện nay vận chuyển dầm NU xuyên khắp phía Tây Canada. Bang Ontario đã bắt đầu sản xuất dầm NU từ năm 2012 do Công ty Hệ thống dự ứng lực sản xuất, đến năm 2017 đã có thêm Công ty Eagle Builders sản xuất loại dầm này. Tại Alberta, dầm NU đang thay thế các dầm T có bầu đúc sẵn đã được sử dụng trước đó. Dầm NU đã được sử dụng thành công trong các kết cấu nhịp dài hơn và đã áp dụng thành công cho nhịp đến 65 m cho cầu qua sông Bow trên đường mòn Deerfoot.

CHÂU ÂU CHỦ YẾU SỬ DỤNG DẦM BÊ TÔNG DỰ ỨNG LỰC ĐÚC SẴN TRUYỀN THỐNG

Dầm căng trước đúc sẵn (hình dạng thông thường) được sử dụng rộng rãi nhưng chỉ trong phạm vi từ 20 đến 35 m. Đối với nhịp dài hơn, dầm căng sau toàn phần hoặc bản liên hợp thép - bê tông được áp dụng chủ yếu. Các quốc gia dẫn đầu trong việc sản xuất kết cấu bê tông là Anh quốc và Hà Lan. Tại Anh, dầm căng trước dài nhất (50 m) được sản xuất vào năm 2020 cho cầu Macroon nhưng là dầm U.

Còn tại Hà Lan, dầm nhịp lớn được tạo ra bởi nhà sản xuất chuyên biệt với kỷ lục thế giới cho dầm dài nhất từng được làm ra (69 m) vào năm 2020 cho cầu Lienebrug tại Limbourg. Không dầm nào trong số này là dầm cánh rộng mà là dầm chữ nhật có cánh trên ngắn, sử dụng bê tông cường độ cao (cường độ nén lên đến 90 MPa). Một trong những nguyên nhân của việc này là ở châu Âu, khoảng vượt nhịp 40 m đến 60 m chủ yếu sử dụng dầm thép liên hợp. Ngoài ra, quy hoạch đô thị và liên vùng ở châu Âu ưu tiên phương án đi ngầm thay vì sử dụng các cầu cạn để đảm bảo mỹ quan đô thị ❑

PV

Vấn đề đánh giá tác động tích lũy trong đánh giá môi trường trên thế giới - Bài học kinh nghiệm cho Việt Nam

✍ **ThS. TRỊNH XUÂN BÁU; TS. NGÔ QUANG DỰ**
Trường Đại học Giao thông vận tải

Đánh giá môi trường đã được quy định rõ trong Luật Bảo vệ môi trường số 72/2020/QH14 của Việt Nam, bao gồm đánh giá tác động môi trường (ĐTM) và đánh giá môi trường chiến lược (Strategic Environmental Assessment, ĐMC). Các hoạt động đánh giá môi trường đã nhận dạng, dự báo xu hướng của các vấn đề môi trường chính khi thực hiện các dự án phát triển, đồng thời đã đề xuất cơ sở để tích hợp, lồng ghép giải pháp bảo vệ môi trường trong quá trình triển khai các dự án nhằm mục tiêu bảo vệ môi trường và phát triển bền vững.

Tuy nhiên, hoạt động đánh giá tác động tích lũy (Cumulative Effects Assessment) chưa được đề cập trong công tác đánh giá môi trường, mặc dù trong nội hàm định nghĩa của Luật Bảo vệ môi trường số 72/2020/QH14 đã có các khái niệm "tích hợp, lồng ghép". Nhiều ý kiến cho rằng cần áp dụng đánh giá tác động tích lũy trong các công tác này vì nó đòi hỏi nhiều hơn việc xác định các tác động gián tiếp, tương hỗ, tổ hợp trong cùng một bối cảnh phát triển để có một kịch bản chính xác về môi trường trong tương lai.

Từ những vấn đề nêu trên cho thấy, việc nghiên cứu đánh giá tác động tích lũy trong công tác đánh giá môi trường tại Việt Nam là cần thiết, nhằm bổ sung và hoàn thiện công cụ quản lý môi trường này, phù hợp với hệ thống luật pháp về môi trường và công tác quản lý môi trường tại Việt Nam.

ĐÁNH GIÁ MÔI TRƯỜNG VÀ ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG TÍCH LŨY

ĐMC là một công cụ được sử dụng để quản lý và bảo vệ môi trường đã và đang được áp dụng rộng rãi trên thế giới và Việt Nam. ĐMC dựa vào một quá trình có hệ thống đánh giá các tác động về mặt môi trường của chiến lược, quy hoạch để xác định hiệu quả của chúng nhằm đảm bảo những vấn đề môi trường đều được xem xét cặn kẽ và giải quyết thích đáng ở giai đoạn đầu của việc lập chiến lược, quy hoạch để có thể được điều chỉnh và phục vụ tốt hơn với các ưu tiên về môi trường.

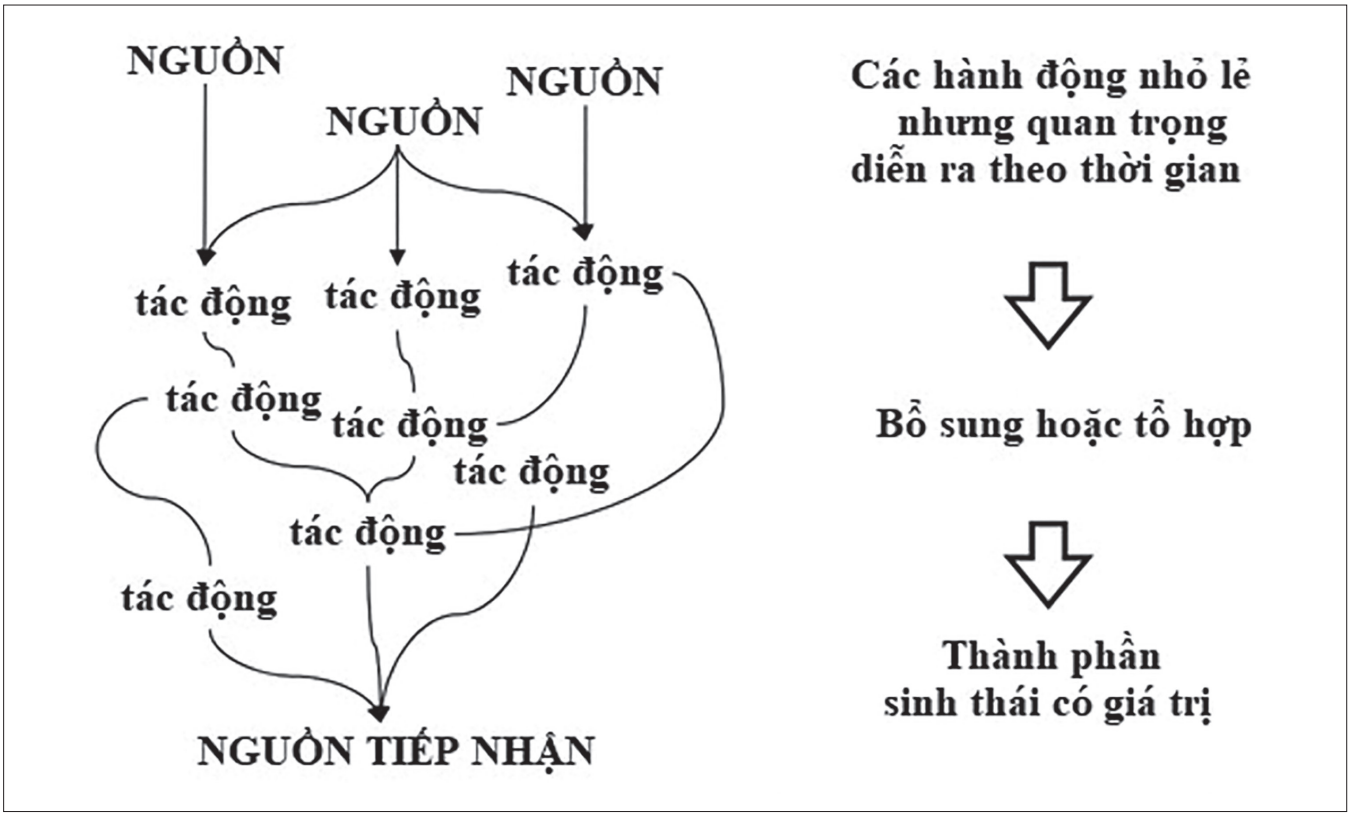
Được xác định đầu tiên bởi Hội đồng Chất lượng môi trường Hoa Kỳ (CEQ, 1978), tác động tích lũy (Cumulative Effects) được xem là những tác động môi trường gia tăng do sự bổ sung của các hoạt động quá khứ, hiện tại và tương lai. Các tác động tích lũy có thể do các hoạt động nhỏ đơn lẻ gây ra, nhưng khi kết hợp với nhau có thể gây ra tác động đáng kể trong thời gian dài. Tác động tích lũy được định nghĩa là "những thay đổi đối với môi trường do một hành động gây ra kết hợp với các hành động khác của con người trong quá khứ, hiện tại và tương lai" (Hegmann et al., 1999). Những tác động như vậy thường được mô tả là tập hợp các hiệu ứng do những tác động gia tăng của hành động khi được bổ sung với các hoạt động tổng hợp và bị xáo trộn tự nhiên.

Có thể thấy rằng có những tác động môi trường nghiêm trọng không phải do một tác động trực tiếp của một hành động cụ thể, mà do sự kết hợp của các tác động nhỏ riêng lẻ của nhiều hoạt động theo thời gian. Chính vì vậy, nhiều quá trình đánh giá và giảm thiểu các tác động tiêu cực đến môi trường của các hoạt động riêng lẻ đã không tính đến bản chất tích lũy của một số tác động. Vì vậy, đánh giá tác động tích lũy ra đời để đánh giá hậu quả, nguồn phát sinh và con đường tác động tích lũy của nhiều hoạt động. Hay có thể nói đó là quá trình phân tích và đánh giá sự thay đổi tích lũy về môi trường một cách có hệ thống.

ĐÁNH GIÁ TÁC ĐỘNG TÍCH LŨY VÀ BÀI HỌC KINH NGHIỆM CHO VIỆT NAM

Các hoạt động phát triển kinh tế và sử dụng đất làm thay đổi đáng kể hệ thống xã hội và môi trường. Một số thay đổi có thể được thể hiện ngay lập tức và rõ ràng, nhưng cũng có những thay đổi có thể xuất hiện chậm và khó phát hiện tức thời. Mục tiêu của đánh giá môi trường là xác định những tác động tiêu cực để có những biện pháp giảm thiểu và phục hồi, tuy nhiên việc khó xác định được những tác động tiềm ẩn hoặc gia tăng đã dẫn đến những thiệt hại cho môi trường và đời sống kinh tế - xã hội của con người.

Ở mức độ toàn cầu, biến đổi khí hậu là kết quả của hiện tượng gia tăng nhiệt độ trên trái đất. Đây có lẽ là tác động môi trường mang tính tích lũy quan trọng nhất của thế kỷ 21 mà con người đang phải đối mặt. Quá trình tích tụ khí nhà kính là nguyên nhân chính dẫn đến sự nóng lên của trái đất và trở thành một cuộc khủng hoảng toàn cầu. Rõ ràng, hoạt động này có liên quan đến quá trình khai thác tài nguyên và phát sinh các nguồn thải của con người và cần thực hiện các nghiên cứu về đánh giá tác động môi trường tích lũy, mặc dù vấn đề này chỉ xảy ra trong vòng vài thập kỷ qua và được các nhà nghiên cứu và quản lý môi trường đánh giá mức độ gia tăng và tầm quan trọng của nó.



Khung khái niệm về tác động tích lũy (Bragagnolo et al., 2012)

Trong vài thập kỷ gần đây, đánh giá tác động tích lũy là một nội dung quan trọng trong lĩnh vực đánh giá môi trường và ngày càng được quan tâm sâu sắc. Đánh giá tích lũy sẽ phân tích có hệ thống các thay đổi môi trường từ nhiều nguồn tác động trong khu vực, các kết quả hình thành từ tác động tổng hợp đó và là một thành phần không thể thiếu trong quá trình đánh giá môi trường được thực hiện tại nhiều quốc gia phát triển như đã nêu ở trên.

Trong công tác đánh giá môi trường nói chung, hình thức phổ biến nhất là xây dựng bộ công cụ đánh giá. Vì vậy, việc đưa đánh giá tác động tích lũy vào trong đánh giá môi trường cần phải được nghiên cứu để trở thành một phần của công cụ hoặc lồng ghép vào quá trình đánh giá môi trường. Vì vậy, nhiều quốc gia đưa đánh giá tác động tích lũy vào như một công cụ con trong các công tác ĐTM và ĐMC để thuận lợi trong quá trình tiếp cận. Mặt khác, các quá trình đánh giá môi trường như ĐTM và ĐMC thường tập trung vào xem xét các tác động đến môi trường tự nhiên trong một quy mô không gian xác định và một khoảng thời gian ngắn, tập trung vào các tác động trực tiếp có thể nhận dạng và lượng hóa đơn giản, đồng thời xem xét mối quan hệ của các tác nhân gây tác động và các thành phần của hệ sinh thái cũng ở mức đơn giản. Vì vậy, nếu không đồng bộ phương pháp tiếp cận và công cụ thực hiện đánh giá thì các phương thức đánh giá môi trường khác nhau sẽ cho ra những kết quả khác nhau, dẫn đến phát sinh các nhu cầu riêng cho từng nội dung đánh giá vì vấn đề tích lũy không được chú trọng khi chưa trở thành công cụ đánh giá bắt buộc.

Có thể thấy, việc đưa đánh giá tác động tích lũy vào trong ĐTM và ĐMC có thể hình thành nên một quy trình đánh giá cao hơn, đầy đủ hơn và cho ra những kết quả tin cậy hơn trong việc đánh giá tác động phát sinh cả trực tiếp và gián tiếp, cả ngắn hạn và lâu dài để có thể tránh được những tác động tiềm ẩn mà đánh giá trực tiếp khó phát hiện được.

Đánh giá tác động tích lũy chưa được quy định và áp dụng trong đánh giá môi trường (cụ thể là áp dụng cho các giá tác động môi trường và đánh giá môi trường) tại Việt Nam. Điều đó đã dẫn đến những đánh giá chưa đầy đủ các vấn đề môi trường tiềm ẩn và các tác động tích lũy từ nhiều hoạt động khác nhau đến môi trường và các thành phần sinh thái có giá trị, ảnh hưởng đến việc ra quyết định và đề xuất các biện pháp giảm thiểu tác động tiêu cực. Vì vậy, việc nghiên cứu áp dụng đưa đánh giá tác động tích lũy vào đánh giá môi trường là cần thiết, phù hợp với tình hình phát triển kinh tế - xã hội và công tác quản lý nhà nước về môi trường ở Việt Nam.

Có thể thấy, việc đưa đánh giá tác động tích lũy vào trong đánh giá môi trường là khả thi, phù hợp với quy mô, tính chất của tác động tích lũy và có hiệu quả cao hơn đối với các chiến lược, quy hoạch và các dự án phát triển cụ thể. Trên cơ sở đó, cần phải có những nghiên cứu về đánh giá tác động tích lũy tại Việt Nam, trong đó cần xây dựng được phương pháp luận và khung chương trình cụ thể nhằm cung cấp một khuôn khổ phù hợp để đưa các phương pháp, công cụ và kỹ thuật khác nhau về tác động tích lũy khi thực hiện đánh giá môi trường để có thể hình thành nên một quy trình đánh giá cao hơn, đầy đủ hơn và cho ra những kết quả tin cậy hơn trong công tác đánh giá môi trường tại Việt Nam ❑

Toyota Hilux khuấy động "cuộc đua" phân khúc xe bán tải 2024

MỘC MIÊN

Toyota Hilux 2024 tinh chỉnh ngoại hình, bổ sung phiên bản, giảm giá bán, thêm tiện nghi và công nghệ an toàn nhằm gia tăng tính cạnh tranh với các đối thủ trong phân khúc xe bán tải tại Việt Nam.

Toyota Hilux 2024 bán ra với 3 lựa chọn, gồm 2.4 4x4MT giá từ 668 triệu đồng, 2.4 4x2AT giá từ 706 triệu đồng và 2.8 4x4AT Adventure giá từ 999 triệu đồng. Giá bán giảm gần 200 triệu đồng so với thế hệ tiền nhiệm được kỳ vọng sẽ là một trong các yếu tố chinh phục khách hàng.

NÂNG CẤP THIẾT KẾ VÀ TRANG BỊ

Ở hai phiên bản 2.4 4x4MT và 2.4 4x2AT, cản trước của xe có thiết kế kiểu tổ ong mới. Đi kèm với cụm đèn sương mù, diện mạo Toyota Hilux 2024 hiện đại, mạnh mẽ và năng động hơn trước. Nhu cầu của người dùng về một mẫu bán tải thực dụng, phục vụ công việc thường ngày nhưng thiết kế cá tính được đáp ứng bởi mẫu xe này.

Ở nội thất, Toyota nâng cấp kích thước màn hình giải trí lên 9 inch cho hai phiên bản 2.4 4x2AT và 2.8 4x4AT Adventure. Cùng các nút điều chỉnh cảm ứng trên màn hình và khả năng kết nối điện thoại thông minh không dây, Hilux mới giúp khách hàng thao tác các tính năng thuận tiện hơn.

Bên cạnh đó, bản 2.8 4x4AT Adventure cập nhật hệ thống điều hòa hai vùng tiện nghi hơn. Ngoài việc kế thừa các chức năng hỗ trợ lái cao cấp từ hệ thống an toàn chủ động Toyota Safety Sense như bản tiền nhiệm, phiên bản cao nhất này còn được trang bị thêm camera 360 độ, 6 cảm biến, cảnh báo điểm mù, cảnh báo phương tiện cắt ngang phía sau. Đây đều là những tính năng thiết thực khi lăn bánh trong đô thị, đường trường hay off-road.

Toyota Hilux 2024 bản cao cấp nhất trang bị động cơ dầu 2.8 lít, công suất 201 mã lực, mô-men xoắn cực đại 500 Nm. Hai bản còn lại lắp máy 2.4 lít, công suất 148 mã lực, mô-men xoắn 400 Nm. Tất cả đi kèm hộp số 6 cấp, số sàn MT hoặc tự động AT tùy phiên bản.

Động cơ của Hilux đáp ứng tiêu chuẩn khí thải Euro 5. Để động cơ hoạt động tốt, tránh các rủi ro có thể gặp phải, gây ra bất tiện trong quá trình sử dụng, Toyota Việt Nam khuyến cáo các chủ xe cần đổ đúng dầu đạt tiêu chuẩn, loại DO-V (0,001S-V).

Giảm giá bán, Hilux 2024 hứa hẹn chinh phục khách hàng Việt

KHUẤY ĐỘNG "CUỘC ĐUA" PHÂN KHÚC XE BÁN TẢI

Với Toyota Hilux, danh tiếng về độ bền bỉ, giá trị thương hiệu hàng đầu trên thị trường xe phổ thông, cùng những cải tiến mạnh mẽ đang giúp mẫu xe Nhật tạo ra nét cá tính riêng trong phân khúc. Hilux nằm trong xu hướng nâng tầm sản phẩm của Toyota những năm gần đây khi trẻ hóa thiết kế, gia tăng trang bị.

Không phải ngẫu nhiên, Toyota Hilux nhiều năm qua luôn là mẫu xe bán chạy nhất thị trường Đông Nam Á nói chung. Năm 2023, theo số liệu của Focus2move, 195.777 xe Hilux được bán ra thị trường, dẫn đầu doanh số toàn khu vực lẫn phân khúc xe bán tải.

Phiên bản tiêu chuẩn 2.4 4x4MT của Toyota Hilux được nhiều khách tại Việt Nam đánh giá có mức độ "thực chiến" hàng đầu thị trường. Động cơ dầu 2.4 mạnh mẽ, sức kéo tốt ở mọi dải tốc độ, dẫn động hai cầu và chi phí bảo dưỡng thấp, tất cả đều thuộc tiêu chí quan trọng đối với chủ xe có nhu cầu phục vụ chủ yếu cho công việc.

Với hai phiên bản cao hơn của Hilux, nhu cầu của chủ xe có thể sử dụng cho gia đình hoặc kết hợp kinh doanh. Dù ở khía cạnh nào, sự đa năng và độ tin cậy cao của Toyota Hilux luôn là "chìa khóa" để mẫu xe này mở "cánh cửa" đến với khách hàng. Và, Toyota Việt Nam có thể chờ đợi vào một "cú hích" doanh số từ mẫu bán tải này trong thời gian tới ❑

Bí kíp Taxi Xanh SM sẽ sớm chiếm thị phần Top 1 tại Việt Nam?

MỘC MIÊN

Xanh SM hứa hẹn sẽ "bứt tốc" trong "cuộc đua" giành thị phần khi mạnh tay giảm giá cước, đồng thời chia sẻ doanh thu tới 87% để tài xế xe điện tham gia cùng nền tảng Xanh SM Platform.

Xanh SM được dự đoán sẽ sớm chiếm thị phần Top 1 tại Việt Nam

ƯU ĐÃI CHỒNG ƯU ĐÃI CHO KHÁCH HÀNG SỐNG XANH

Mới đây, Xanh SM gây hiệu ứng mạnh mẽ khi tung ra Chương trình "Mùa hè xanh vì tương lai xanh" giúp khách hàng gọi xe Xanh SM với giá rẻ nhất thị trường.

Theo đó, Xanh SM sẽ áp dụng đơn giá cước thấp hơn tới 15% trong 3 tháng hè (từ 1/6 - 31/8), đồng thời vẫn áp dụng các ưu đãi hiện hành. Khách hàng vừa được di chuyển với giá "ưu đãi chồng ưu đãi", vừa được hưởng lợi từ phương tiện giao thông xanh.

"Giá rẻ nhất, phương tiện giao thông không khói bụi, không mùi xăng, không tiếng ồn động cơ, không có lý do gì để không gọi Xanh SM", chị Vũ Thị Ánh, một khách hàng thường xuyên của Xanh SM cho biết. Theo chị, trong 8 tháng qua, chị luôn ưu tiên lựa chọn xe điện khi gọi xe công nghệ.

Chuyên gia thương hiệu Lê Thái Bình đánh giá, việc mạnh tay giảm giá là cách Xanh SM mạnh mẽ lan tỏa lối sống xanh và khuyến khích xã hội chung tay chuyển đổi xanh thông qua chọn phương tiện giao thông không khói bụi, ô nhiễm.

"Cách nhanh nhất để thuyết phục khách hàng là đưa tới các chuyến gọi xe với giá dễ tiếp cận hơn, trong khi chuẩn mực dịch vụ tốt hơn. Khách hàng khi đã quen với việc di chuyển xe điện và hiểu được tầm quan trọng của giao thông xanh, họ sẽ chọn gắn bó với xe điện", vị chuyên gia nhìn nhận.

Song song với đó, GSM - công ty điều hành Xanh SM còn mạnh tay chia sẻ doanh thu lên tới 87% cho các đối tác tài xế độc lập đã hoặc sẽ đăng ký tham gia kinh doanh dịch vụ trên nền tảng Xanh SM Platform trong 3 tháng tới.

Ngoài tỷ lệ chia sẻ doanh thu "khủng", các chủ xe điện cũng nhận được nhiều hỗ trợ khi tham gia Xanh SM Platform, như chương trình mua xe trả góp lên tới 80% giá xe trong 8 năm. Khi mua xe điện VinFast, tài xế chỉ cần bỏ ra số tiền ban đầu chưa đến 100 triệu đồng, trả số tiền gồm gốc và lãi chỉ từ hơn 5 triệu đồng/tháng là có thể nhận xe để kinh doanh, tự tạo ra nguồn thu nhập ổn định cho bản thân và gia đình.

LỚN "NHANH NHƯ THỔI", XANH SM SỚM CHIẾM THỊ PHẦN TOP 1 TẠI VIỆT NAM?

Theo nghiên cứu của Mordor Intelligence, sau 7 tháng gia nhập thị trường, Xanh SM đã vươn lên đứng thứ 2 thị trường dịch vụ gọi xe tại Việt Nam, chỉ sau Grab, chiếm 18,17% thị phần vào quý IV/2023. Con số này gấp đôi Be Group ở vị trí thứ 3 (9,21%), gấp hơn 3 lần thị phần của Gojek ở vị trí thứ 4 (5,87%). Mordor Intelligence cũng ghi nhận, Xanh SM đang sở hữu số lượng xe và số lượng chuyến xe mỗi ngày cao nhất trong lĩnh vực taxi truyền thống, so với các đơn vị sở hữu đội xe tự doanh.

Giới quan sát đánh giá, chiến dịch "Mùa hè xanh vì tương lai xanh" với ưu đãi thiết thực cho cả khách hàng và đối tác tài xế sẽ giúp Xanh SM tăng tốc nhanh hơn nữa trên con đường chinh phục Top 1 thị phần gọi xe tại Việt Nam, mặc dù Tổng Giám đốc GSM toàn cầu Nguyễn Văn Thanh khẳng định mục tiêu của Xanh SM là "số 1 trong lòng khách hàng" và mong muốn cùng cả xã hội chung tay vì một Việt Nam xanh hơn.

"Xanh SM đang tạo ra động lực chuyển đổi xanh cho cả người dùng và tài xế. Đó sẽ là lợi thế của Xanh SM trong cuộc đua giành thị phần. Thị trường thay đổi rất nhanh, Xanh SM sẽ tạo bất ngờ lớn", chuyên gia thương hiệu độc lập Lê Thái Bình nhận định.

Đặc biệt hơn, theo ông, cơ hội để Xanh SM "bứt tốc" sẽ ngày càng lớn khi ngày càng nhiều người tiêu dùng chọn lối sống xanh và ủng hộ bằng những hành động thiết thực ❑

Tổng công ty Bảo đảm An toàn hàng hải miền Bắc

Chăm lo tốt đời sống người lao động

MINH THÀNH

Tiếp đà hoàn thành và vượt các chỉ tiêu sản xuất kinh doanh (SXKD) trong năm qua, quý I/2024, Đảng ủy Tổng công ty Bảo đảm An toàn hàng hải miền Bắc đã lãnh đạo, chỉ đạo triển khai thực hiện tốt kế hoạch SXKD, đảm bảo việc làm và thu nhập cho cán bộ và người lao động (NLĐ).

Trước đó, được sự quan tâm, chỉ đạo sát sao của Bộ GTVT, Cục Hàng hải Việt Nam, sự điều hành kịp thời, quyết liệt của Ban lãnh đạo Tổng công ty cùng tinh thần đoàn kết, sáng tạo, tự tin vượt khó của tập thể NLĐ, trong năm 2023, Tổng công ty Bảo đảm An toàn hàng hải miền Bắc đã hoàn thành các chỉ tiêu, nhiệm vụ được giao, đồng thời chủ động tìm kiếm thêm công việc để tăng thu nhập cho NLĐ.

Chế độ chính sách cho NLĐ luôn được Tổng công ty thực hiện đầy đủ, kịp thời, đời sống vật chất, tinh thần của NLĐ được nâng cao. Thu nhập bình quân của NLĐ toàn Tổng công ty năm 2023 đạt 21,83 triệu đồng/người/tháng, bằng 106,3% so với kế hoạch năm 2023 và bằng 105,7% so với năm 2022. Trong đó, khối Bảo đảm hàng hải đạt 17.220.000 đồng/người/tháng, khối Hoa tiêu hàng hải đạt 32.540.000 đồng/người/tháng.

Hiện nay, Tổng công ty quản lý, vận hành 42 đèn biển, 9 đăng tiêu độc lập gần bờ và 492 báo hiệu hàng hải trên 20 tuyến luồng từ Quảng Ninh đến Quảng Ngãi. Doanh thu năm 2023 đạt 441.829 triệu đồng, đạt 102,6% kế hoạch giao và bằng 111,5% so với năm 2022.

Về công tác khảo sát thông báo hàng hải, Tổng công ty đã hoàn thành kế hoạch khảo sát công bố thông báo hàng hải đối với 20 tuyến luồng hàng hải công cộng, 5 vùng đón trả hoa tiêu đảm bảo chất lượng, tiến độ; cung cấp kịp thời thông tin chính xác, tin cậy cho người đi biển và các cơ quan quản lý. Doanh thu công tác khảo sát năm 2023 đạt 36.413 triệu đồng, đạt 98,0% kế hoạch giao.

Doanh thu từ hoa tiêu hàng hải đạt 45.159 lượt dẫn tàu, bằng 103,2% kế hoạch và bằng 100,1% so với năm 2022; doanh thu đạt 484.583 triệu đồng, bằng 110,6% so với kế hoạch và bằng 111,5% so với kết quả thực hiện năm 2022.

Năm 2023, toàn bộ hệ thống đèn biển cùng báo hiệu dẫn luồng do Tổng công ty quản lý đều hoạt động tốt, bảo đảm theo các thông số hàng hải, giúp các tàu thuyền ra, vào các vùng nước thuận lợi và an toàn. Các đơn vị thành viên của Tổng công ty cũng đạt hiệu quả trong quản lý và SXKD.

Trong khi đó, công tác đảng của Đảng bộ Tổng công ty thực hiện có nền nếp, tuân thủ đúng quy định của Đảng. Tổ chức Công đoàn của Tổng công ty đã làm tốt công tác chăm lo đời sống, bảo vệ lợi ích của NLĐ, tăng cường công tác tuyên truyền giáo dục vận động NLĐ tích cực hưởng ứng các phong trào thi đua, các hoạt động văn hóa văn nghệ, thể thao và công tác xã hội từ thiện. Năm 2023, Công đoàn Tổng công ty đã tổ chức thành công Đại hội khóa III, nhiệm kỳ 2023 - 2028.

Triển khai kế hoạch và nhiệm vụ năm 2024, Tổng công ty xây dựng các danh mục nhiệm vụ tăng cao hơn so với năm 2023 theo tất cả các chỉ tiêu: Tổng doanh thu, lợi nhuận trước thuế, nộp ngân sách nhà nước ❑

Một số hình ảnh người lao động Tổng công ty Bảo đảm An toàn hàng hải miền Bắc thực hiện các công việc hàng ngày

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

Tập trung mọi nguồn lực trở thành trường đại học trọng điểm quốc gia

Trải qua hơn 1 năm thực hiện chủ trương Nghị quyết số 30-NQ/TW của Bộ Chính trị, đến nay, thầy và trò Trường Đại học Hàng hải Việt Nam đã đạt được nhiều thành tích đáng tự hào trong các hoạt động thi đua giảng dạy, học tập, nghiên cứu khoa học...

Trường Đại học Hàng hải Việt Nam - cơ sở giáo dục - đào tạo hàng đầu về kinh tế biển của cả nước

Ngày 23/11/2022, Bộ Chính trị đã ban hành Nghị quyết số 30-NQ/TW, trong đó đặt mục tiêu đến năm 2030 đưa đồng bằng sông Hồng trở thành trung tâm giáo dục, đào tạo nhân lực chất lượng cao của cả nước; đi đầu về phát triển khoa học - công nghệ; đến năm 2045 trở thành trung tâm kinh tế, tài chính lớn mang tầm khu vực và thế giới.

Một trong những nhiệm vụ và giải pháp được Bộ Chính trị đưa ra tại Nghị quyết số 30-NQ/TW là Chương trình hành động của Chính phủ ban hành theo Nghị quyết số 14/NQ-CP ngày 8/2/2023 với 30 chữ vàng: *"Đầu tư, xây dựng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam là trường trọng điểm quốc gia, nghiên cứu, đào tạo phục vụ phát triển bền vững kinh tế biển".*

Nhằm hiện thực hóa chủ trương đề ra, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam không ngừng đổi mới, nâng cao chất lượng đào tạo, góp phần phục vụ hiệu quả sự nghiệp phát triển kinh tế - xã hội, đảm bảo an ninh - quốc phòng của TP. Hải Phòng nói riêng, ngành GTVT và đất nước nói chung.

Trải qua chặng đường gần 70 năm xây dựng, phát triển và hội nhập, tính đến nay, Nhà trường đã và đang đào tạo 49 chương trình hệ đại học với hơn 16.000 sinh viên; gần 900 cán bộ, giảng viên, trong đó có 45 giáo sư và phó giáo sư, 206 tiến sĩ, 500 thạc sĩ cùng hàng trăm thuyền trưởng, máy trưởng hạng nhất và sĩ quan hàng hải đạt trình độ quốc tế.

Ngoài ra, công tác kiểm định chất lượng được Nhà trường đặc biệt coi trọng. Trường Đại học Hàng hải Việt Nam là một trong số ít các trường đại học đã hoàn thành Kiểm định chất lượng Cơ sở giáo dục chu kỳ 2 và đã được cấp Giấy chứng nhận kiểm định ngày 19/9/2023. Đặc biệt, trong số 12 chương trình đào tạo được kiểm định của trường có 4 chương trình được đánh giá là đáp ứng đầy đủ các yêu cầu theo tiêu chuẩn của Mạng lưới các trường đại học Đông Nam Á (AUN-QA) và 8 chương trình theo tiêu chuẩn của Bộ Giáo dục và Đào tạo. Năm 2024, Trường tiếp tục kiểm định 15 chương trình đào tạo và phấn đấu 100% các chương trình đào tạo của Trường đều được kiểm định vào năm 2025.

Công tác đào tạo, huấn luyện của Nhà trường ngày một khẳng định được thương hiệu với quy mô ổn định, đi cùng chất lượng được nâng lên với tỷ lệ sinh viên tốt nghiệp ra trường có việc làm đạt trên 95%. Bên cạnh đó, sinh viên của Trường liên tiếp giành được các giải thưởng từ những cuộc thi lớn, nhỏ trong và ngoài nước. Đặc biệt, năm 2023, sinh viên Nhà trường đã xuất sắc giành Huy chương Bạc tại Vòng Chung kết Thế giới Cuộc thi MOS World Championship 2023 Bộ môn Microsoft Excel 2016, mang về thành tích huy chương cao nhất cho đoàn Việt Nam tại đấu trường thế giới trong năm 2023.

Nhằm thực hiện hiệu quả Nghị quyết 30, Nhà trường xác định song hành công tác nâng cao chất lượng giáo dục với việc phát triển đội ngũ sinh viên, giảng viên cả về số lượng lẫn chất lượng.

Nhà trường đặt mục tiêu nâng số lượng đào tạo lên 20.000 - 25.000 sinh viên vào năm 2030, 30.000 - 35.000 sinh viên vào năm 2045, theo đó dự kiến đội ngũ giảng viên sẽ phát triển lên khoảng 900 giảng viên cơ hữu vào năm 2030, khoảng 1.200 giảng viên cơ hữu , trong đó có 183 giáo sư, phó giáo sư; 732 tiến sĩ; 488 thạc sĩ và không còn giảng viên hệ cử nhân vào năm 2045.

Thời gian tới, Nhà trường sẽ tập trung mọi nguồn lực để thực hiện thành công mục tiêu Đảng và Nhà nước đã giao phó: Xây dựng Trường Đại học Hàng hải Việt Nam là trường trọng điểm quốc gia, góp phần thực hiện thành công Chiến lược phát triển kinh tế biển của Tổ quốc, cũng như Nghị quyết số 30-NQ/TW về phát triển kinh tế - xã hội và đảm bảo quốc phòng, an ninh vùng đồng bằng sông Hồng ❑

PV

"Vượt nắng, thắng mưa" đưa các công trình quản lý bay sân bay Long Thành về đích sớm

MINH THÀNH

Đến thời điểm này, tại Dự án thành phần 2 "Các công trình phục vụ quản lý bay" sân bay Long Thành, nhà thầu đang đẩy nhanh tiến độ toàn dự án. Trong đó, hạng mục đài kiểm soát không lưu được xem là "đường găng" của dự án, đang vượt tiến độ.

"Đường găng" tiến độ Dự án thành phần 2 "Các công trình phục vụ quản lý bay" là tháp không lưu đang vượt tiến độ sau điều chỉnh khoảng 2 tháng

NỖ LỰC TRIỂN KHAI DỰ ÁN VỚI QUYẾT TÂM CHÍNH TRỊ CAO NHẤT

Dự án thành phần 2 "Các công trình phục vụ quản lý bay" thuộc dự án Cảng Hàng không quốc tế Long Thành giai đoạn 1 do Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam (VATM) làm chủ đầu tư được chính thức khởi công ngày 29/9/2022 tại huyện Long Thành, tỉnh Đồng Nai. Tổng mức đầu tư toàn bộ dự án là gần 3.500 tỷ đồng từ nguồn vốn hỗn hợp, bao gồm vốn của VATM và vốn vay thương mại trong nước.

Dự án thực hiện đầu tư công trình xây dựng và thiết bị công nghệ gồm: Đài Kiểm soát không lưu và các hạng mục phụ trợ (ATCT); Trạm radar sơ cấp/thứ cấp và trạm phát sóng vô tuyến VHF không địa (PSR/SSR/Tx); Trạm thu sóng vô tuyến VHF không địa và Hệ thống giám sát tự động phụ thuộc (Rx/ADS-B); Trạm radar khí tượng; Đài dẫn đường đa hướng và đo cự li (DVOR/DME); Hệ thống giám sát đa điểm (MLAT); Hệ thống quan trắc thời tiết tự động (AWOS); Hệ thống cảnh báo gió đứt; Hệ thống kết nối thông tin, dữ liệu giữa các công trình bảo đảm hoạt động bay; Hệ thống cấp điện trung thế cho các công trình bảo đảm hoạt động bay.

Các công trình phục vụ quản lý bay có tổng diện tích khoảng 70.000 m^2. Trong đó, công trình chính là Đài Kiểm soát không lưu và các hạng mục công trình phụ trợ có diện tích là 24.000 m^2 được xây dựng để kiểm soát hoạt động tại khu vực di chuyển của tàu bay và hoạt động bay trong vùng trời cảng hàng không. Công trình được thiết kế theo ý tưởng hình búp sen có màu sắc và kết cấu kiến trúc hài hòa với nhà ga hành khách và các công trình xung quanh.

Tháp điều hành có chiều cao 123 m, được trang bị radar trên đỉnh tháp, diện tích xây dựng khoảng 80 m^2, đường kính thân tháp khoảng 10 m, ca-bin kiểm soát tại sân có diện tích khoảng 150 m^2 và 2 ca-bin kiểm soát sân đỗ với diện tích mỗi cabin khoảng 70 m^2. Các hệ thống thiết bị được thiết kế theo công nghệ tự động hóa hiện đại nhất hiện nay và có định hướng mở để đầu tư công nghệ trong tương lai.

"Dự án thành phần 2 "Các công trình phục vụ quản lý bay" là công trình hạ tầng có quy mô lớn, công nghệ phức tạp nhất từ trước tới nay mà VATM từng thực hiện. Với tầm quan trọng của dự án trọng điểm quốc gia, VATM đã nỗ lực triển khai dự án với quyết tâm chính trị cao nhất. Tính đến thời điểm này, Tổng công ty đang bám sát kế hoạch đề ra", đại diện VATM khẳng định.

Ghi nhận của PV vào trung tuần tháng 5/2024, trên công trường, các nhà thầu huy động thường xuyên gần 200 kỹ sư, công nhân và máy móc, phương tiện, trang thiết bị thi công làm việc liên tục. "Đường găng" tiến độ dự án là tháp không lưu đã thi công phần thô xong cốt 69,530 m, đang thi công cốt 72,48 m. Tiến độ tháp không lưu đang vượt so với tiến độ điều chỉnh là 60 ngày (theo tiến độ điều chỉnh, tháp không lưu hoàn thành vào ngày 30/6/2025 và toàn bộ dự án là ngày 30/9/2025).

Trước đó, ngày 6/5, Thứ trưởng Bộ GTVT Lê Anh Tuấn cũng đã kiểm tra thực địa công trình đài kiểm soát không lưu. Tại đây, Thứ trưởng Bộ GTVT Lê Anh Tuấn đánh giá cao nỗ lực của các nhà thầu trong việc đẩy nhanh tiến độ dự án, đồng thời đề nghị các nhà thầu tiếp tục tăng tốc, đẩy nhanh khối lượng

công việc để đưa dự án về đích đúng kế hoạch, đảm bảo đồng bộ được với những công trình khác.

CHỦ ĐỘNG, SÁNG TẠO, "VƯỢT NẮNG - THẮNG MƯA", SỚM ĐƯA CÔNG TRÌNH VỀ ĐÍCH

Cùng với quyết tâm, nỗ lực của chủ đầu tư, nhà thầu ngay từ ngày đầu triển khai dự án, ngày 22/1/2024, tại công trường Dự án thành phần 2 "Các công trình phục vụ quản lý bay" thuộc Dự án đầu tư xây dựng Cảng Hàng không quốc tế Long Thành giai đoạn 1, lãnh đạo VATM đã phát động phong trào thi đua "150 ngày đêm thi công trên công trường" để chào mừng các ngày lễ lớn của đất nước và của Tổng công ty, đồng thời khơi dậy ý thức trách nhiệm, ý chí vượt qua khó khăn và tinh thần lao động sáng tạo của chủ đầu tư, Ban QLDA và các nhà thầu đã quyết tâm hoàn thành các mục tiêu tiến độ thi công xây lắp, tạo điều kiện thuận lợi để thi công hoàn thành dự án đảm bảo tiến độ.

Tiếp đó, ngày 26/4, VATM cùng liên danh các nhà thầu đã ký giao ước thi đua với quyết tâm "Vượt nắng thắng mưa - sớm đưa công trình về đích" nhằm đẩy nhanh tiến độ thực hiện các dự án trọng điểm, lập thành tích chào mừng 134 năm ngày sinh Chủ tịch Hồ Chí Minh (19/5/1890 - 19/5/2024) và chào mừng 79 năm ngày Quốc khánh nước CHXHCN Việt Nam.

Trong đợt thi đua này, sau khi hoàn thành đổ bê tông thân Đài Kiểm soát không lưu đến Cos +75.580 m trước ngày 19/5/2024, VATM và các nhà thầu đang nỗ lực, quyết tâm để tiếp tục hoàn thành đổ bê tông thân Đài đến Cos +84.705 m trước ngày 20/6/2024.

Tại Lễ ký giao ước thi đua, Phó Tổng Giám đốc Nguyễn Đình Công nhận định: "Đây là giai đoạn then chốt trong tiến độ thực hiện dự án, với quyết tâm đồng lòng, chúng ta cần phát huy tinh thần "vượt nắng thắng mưa", quyết tâm hoàn thành vượt tiến độ các hạng mục. Lãnh đạo các nhà thầu cần quan tâm, tạo điều kiện, khí thế thi đua, thường xuyên có mặt chỉ đạo tại công trường. Tư vấn giám sát phải bám sát hiện trường, đôn đốc các nhà thầu triển khai đúng kế hoạch, kỹ thuật dự án".

Phó Tổng Giám đốc Nguyễn Đình Công đã yêu cầu chủ đầu tư, các Ban QLDA Long Thành, ATCC/HCM tạo mọi điều kiện, cơ chế đảm bảo thuận lợi tối đa trên tinh thần đồng hành, tháo gỡ giải tỏa mọi áp lực tài chính cho nhà thầu, tạo điều kiện huy động tăng cường nhân lực, máy móc và vật tư vật liệu đáp ứng yêu cầu tiến độ thi công.

Cùng với đó, các nhà thầu thi công, nhà thầu tư vấn giám sát phát huy tính sáng tạo, kinh nghiệm để tổ chức thi công hợp lý, tăng năng suất, hiệu quả lao động, huy động tối đa nhân lực, vật lực, nêu cao tinh thần tự giác, trách nhiệm, đảm bảo chất lượng, an toàn lao động, vệ sinh môi trường, phấn đấu hoàn thành đưa công trình vào sử dụng theo tiến độ đã xây dựng.

Đồng thời, các đơn vị chủ động, tích cực quan tâm chăm lo, đảm bảo điều kiện làm việc cho người lao động; tạo khí thế thi đua sôi nổi trên toàn công trường, tuyệt đối bảo đảm chất lượng, an toàn cho người và thiết bị, không để xảy ra tai nạn lao động.

Ngoài ra, cần đẩy nhanh tiến độ đi kèm đảm bảo chất lượng; thủ tục, trình tự theo đúng quy định của pháp luật; tuyệt đối không lơ là, chủ quan và có phương án dự phòng trong trường hợp thời tiết bất lợi.

Liên quan đến tiến độ Dự án thành phần 2 (đài không lưu, các trạm radar, trạm thu phát sóng vô tuyến...), mới đây, sáng 28/5, tại cuộc họp Tổ công tác Dự án đầu tư xây dựng Cảng Hàng không quốc tế Long Thành giai đoạn 1, đại diện VATM cho biết tiến độ thi công xây lắp phần thô của các gói thầu đang đạt và vượt yêu cầu. VATM đã thực hiện đấu thầu lựa chọn tư vấn xây dựng các gói thầu thiết bị lắp đặt, đã hoàn thành 50% và trong tháng 6 sẽ phát hành hồ sơ mời thầu.

Tại cuộc họp, Phó Thủ tướng Chính phủ Trần Hồng Hà (Tổ trưởng Tổ công tác) ghi nhận và biểu dương Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam đã chủ động, sáng tạo trong thực hiện các gói thầu thuộc Dự án thành phần 2 đạt và vượt tiến độ theo kế hoạch ❑

Phối cảnh tháp không lưu sân bay Long Thành

Tổng công ty Quản lý bay Việt Nam (VATM) là doanh nghiệp nhà nước trực thuộc Bộ GTVT. Hiện nay, VATM chịu trách nhiệm cung cấp dịch vụ bảo đảm hoạt động bay trong toàn bộ vùng trời chủ quyền trên lãnh thổ, lãnh hải Việt Nam và tại tất cả các cảng hàng không, sân bay trên cả nước. Quy mô cung cấp dịch vụ trên diện tích gần 1,2 triệu km², phạm vi hoạt động trải dài gần 30 tỉnh, thành phố của cả nước, trực tiếp cung cấp các dịch vụ bảo đảm hoạt động bay trên 35 đường hàng không nội địa và 36 đường hàng không quốc tế, đặc biệt FIR Hồ Chí Minh có các đường hàng không với mật độ bay cao, giữ vị trí quan trọng đối với hoạt động bay trên khu vực biển Đông.

VATM luôn được xem là một trong những đơn vị đi đầu ngành Hàng không Việt Nam trong việc đầu tư, đổi mới công nghệ, cải tiến và ứng dụng tiến bộ khoa học, kỹ thuật, góp phần quan trọng nâng cao chất lượng dịch vụ điều hành bay, làm thay đổi cơ bản công nghệ quản lý điều hành bay và đáp ứng yêu cầu bảo đảm an toàn kiểm soát điều hành bay của các hãng hàng không trong nước và quốc tế.

Không để xảy ra gián đoạn đăng kiểm phương tiện đường bộ, đường thủy

HỒNG XIÊM

Nhờ chủ động và triển khai đồng thời giải pháp cấp bách và lâu dài, lĩnh vực đăng kiểm đường bộ, đường thủy từ tháng 6/2023 đến nay được duy trì ổn định, phục vụ tốt nhu cầu kiểm định của người dân và doanh nghiệp.

Từ tháng 6/2023 đến nay, lĩnh vực kiểm định xe cơ giới không xảy ra ùn tắc

KHÔNG XẢY RA TÁI DIỄN ÙN TẮC TẠI CÁC TRUNG TÂM ĐĂNG KIỂM

Khảo sát của PV Tạp chí GTVT, từ tháng 6/2023 đến nay, hoạt động kiểm định xe cơ giới trên toàn quốc trở lại bình thường, đặc biệt tại Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh không còn tình trạng phương tiện phải xếp hàng dài chờ đợi, ùn tắc như vài tháng trước đó. Có được điều này là nhờ sớm khôi phục và duy trì ổn định hệ thống trung tâm đăng kiểm trên toàn quốc (đến nay đạt 94,5%). Đáng chú ý, theo Cục Đăng kiểm Việt Nam, việc mở lại các trung tâm đăng kiểm gặp nhiều khó khăn do có tới gần 300/1.818 đăng kiểm viên (ĐKV) bị khởi tố, chờ xét xử, nhiều người bỏ nghề, quá trình tuyển dụng và tập huấn ĐKV cần nhiều thời gian, nghề đăng kiểm giảm sức hút nhân lực.

Dù từ nay đến cuối năm 2024, nguy cơ xảy ra ùn tắc đăng kiểm vẫn ở mức cao nếu xảy ra tình huống tại một số địa phương đồng loạt xét xử các vụ án đăng kiểm hoặc án phạt, các quy định liên quan khiến ĐKV bị án treo, cải tạo không giam giữ, không thể tiếp tục làm công việc ĐKV. Dù vậy, Bộ GTVT, Cục Đăng kiểm Việt Nam luôn chủ động, nỗ lực các giải pháp để không xảy ra tái diễn ùn tắc đăng kiểm.

Theo Phòng Kiểm định xe cơ giới (Cục Đăng kiểm Việt Nam), giải pháp chống ùn tắc đăng kiểm đã và đang triển khai song song giải pháp cấp bách và lâu dài. Trong đó, Cục Đăng kiểm Việt Nam thường xuyên cập nhật, đánh giá đúng và kịp thời báo cáo, đề xuất Bộ GTVT. Từ đó, Bộ GTVT thông tin đến UBND các tỉnh, phành phố để phối hợp chặt chẽ trong chỉ đạo, điều hành triển khai các giải pháp.

Cục Đăng kiểm Việt Nam chủ động phối hợp, làm việc với các sở GTVT để tham mưu, đề xuất UBND cấp tỉnh chỉ đạo các giải pháp phù hợp với thực tế của địa phương. "Cục Đăng kiểm Việt Nam chủ động cung cấp tình hình nhân sự ĐKV, dự báo nhu cầu kiểm định và đề nghị các tỉnh, thành có sự hỗ trợ để bổ sung, điều tiết ĐKV để mở lại và duy trì hoạt động các trung tâm đăng kiểm", Phòng Kiểm định xe cơ giới cho biết và nhấn mạnh: "Cùng với đó, động viên khích lệ tinh thần đơn vị, lực lượng ĐKV đồng lòng vượt qua mọi khó khăn, làm việc không kể ngày nghỉ, làm thêm giờ; tổ chức dây chuyền kiểm định khoa học, áp dụng đặt lịch đăng kiểm online, phân luồng phương tiện... để phục vụ tốt nhất nhu cầu kiểm định của người dân, doanh nghiệp".

Để ổn định lâu dài, Cục Đăng kiểm Việt Nam phối hợp với sở GTVT

các địa phương nỗ lực tuyển dụng, đào tạo, tập huấn ĐKV, nhân viên nghiệp vụ đăng kiểm; kiểm tra, đánh giá cấp giấy chứng nhận đủ điều kiện hoạt động cho 11 đơn vị đăng kiểm mới. Giải pháp căn cơ khác là Bộ GTVT, Cục Đăng kiểm Việt Nam đã đề xuất hoặc ban hành các nghị định, thông tư quan trọng trong lĩnh vực đăng kiểm để phù hợp với thực tế (thay đổi chu kỳ đăng kiểm, gia hạn đăng kiểm; cải tạo xe cơ giới; hoạt động của đơn vị đăng kiểm; đào tạo). Hiện Cục Đăng kiểm Việt Nam đang tiếp tục đề xuất sửa đổi, bổ sung theo trình tự, thủ tục rút gọn đối với Nghị định số 139/2018 và Nghị định số 30/2023 của Chính phủ quy định về kinh doanh dịch vụ kiểm định xe cơ giới.

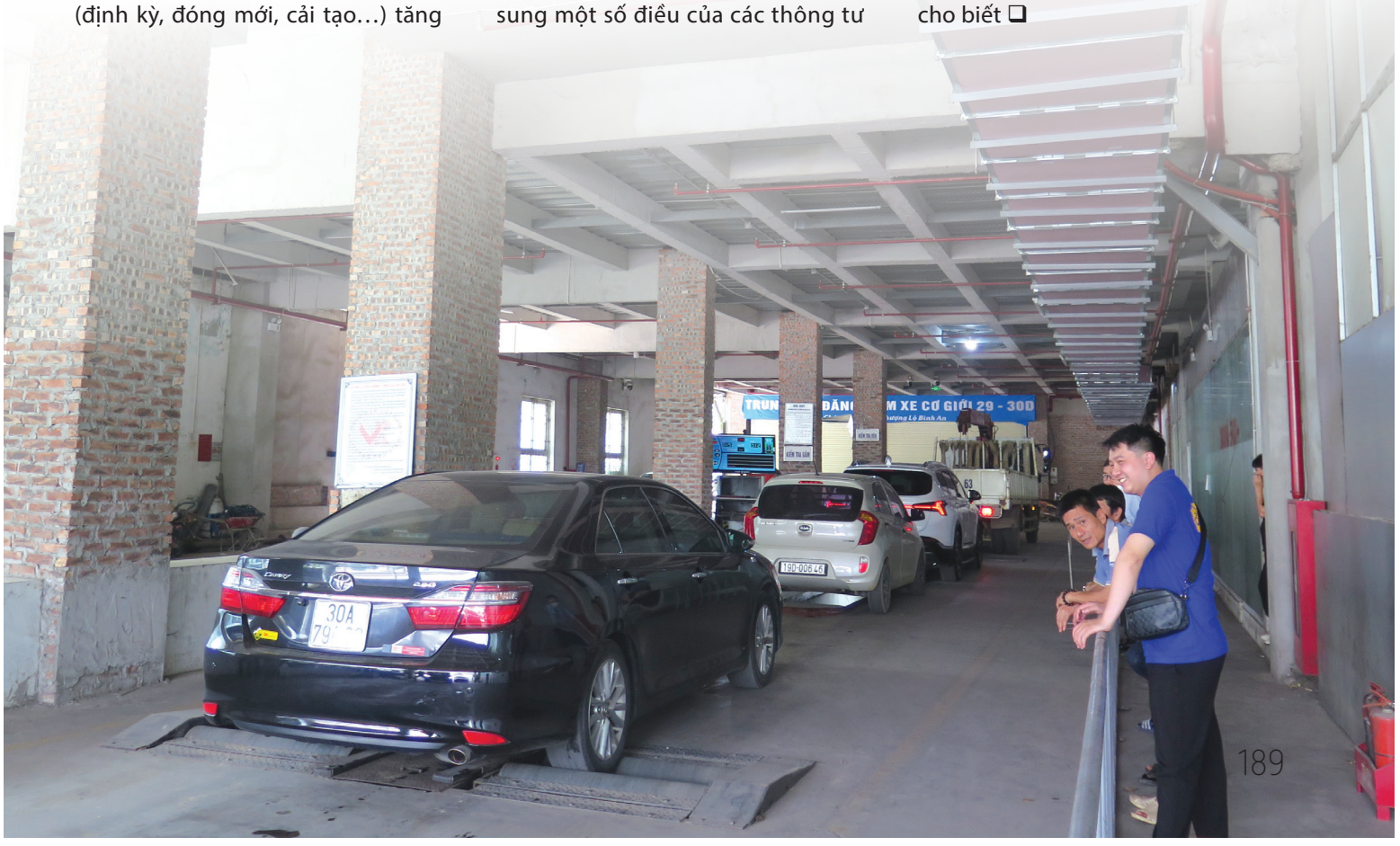
ĐĂNG KIỂM THỦY NỖ LỰC VƯỢT QUA MỌI TRỞ NGẠI

Với lĩnh vực đăng kiểm phương tiện thủy, nhiều chi cục đăng kiểm thủy cũng trong tình trạng thiếu hụt nhân sự, còn các ĐKV Phòng Tàu sông thuộc Cục Đăng kiểm Việt Nam bị quá tải, một người phải kiêm nhiều công việc. Trong khi đó, nhu cầu kiểm định phương tiện thủy (định kỳ, đóng mới, cải tạo…) tăng khiến hồ sơ kiểm định bị dồn ứ, khó đáp ứng đúng tiến độ trả hồ sơ kiểm định của tất cả các hồ sơ phương tiện thủy, tàu biển... Bên cạnh đó, thiếu người nên chậm trễ trong việc xây dựng quy chuẩn kỹ thuật. Mặt khác, những vụ việc sai phạm tại đơn vị đăng kiểm thủy gây ảnh hưởng lớn đến tâm lý, tinh thần làm việc của đội ngũ ĐKV.

Để giải quyết ùn tắc đăng kiểm thủy, Cục Đăng kiểm Việt Nam đã và đang chủ động, kiên trì thực hiện các giải pháp quan trọng, trong đó bổ sung điều chỉnh các quy định lĩnh vực đăng kiểm thủy. Cụ thể, triển khai Thông tư số 16/2023/TT-BGTVT ngày 30/6/2023 của Bộ GTVT (sửa đổi một số điều của các thông tư quy định về đăng kiểm phương tiện thuỷ nội địa), trong đó đã đơn giản hóa thủ tục đăng kiểm; đẩy mạnh phân cấp, phân quyền từ Cục Đăng kiểm Việt Nam về các đơn vị đăng kiểm nhằm tách bạch hóa việc quản lý nhà nước và thực hiện dịch vụ công trong lĩnh vực đăng kiểm phương tiện thủy nội địa.

Để giải quyết vấn đề thiếu ĐKV, Bộ GTVT đã ban hành Thông tư số 02/2024/TT-BGTVT sửa đổi bổ sung một số điều của các thông tư quy định về tiêu chuẩn, nhiệm vụ và quyền hạn của lãnh đạo, ĐKV và nhân viên nghiệp vụ của đơn vị đăng kiểm thủy. "Hiện cả nước chỉ còn lại 293 ĐKV phương tiện (235 ĐKV ở các đơn vị thuộc Cục, 58 ĐKV thuộc sở GTVT). Cục Đăng kiểm Việt Nam đang huy động tối đa lực lượng và điều động linh hoạt ĐKV để đáp ứng tốt nhất nhu cầu kiểm định. Ngoài ra, công tác đào tạo để bổ sung nhân lực ĐKV cho toàn hệ thống đăng kiểm thủy cũng đang tiếp tục được đẩy nhanh. Với những quy định mới ban hành sẽ góp phần khẩn trương bổ sung nhân lực ĐKV.

"Hiện Cục Đăng kiểm Việt Nam đang tiếp tục rà soát các quy định trong lĩnh vực đăng kiểm thủy và huy động tối đa nhân lực chất lượng cao của Cục, chi cục đăng kiểm, các đơn vị thiết kế tàu, chủ tàu, hiệp hội liên quan để tham gia xây dựng dự thảo sửa đổi, bổ sung các văn bản quy phạm pháp luật phù hợp hơn. Trong đó, rà soát để đề xuất sửa đổi những bất cập về chu kỳ đăng kiểm, tiêu chuẩn cơ sở đóng mới, sửa chữa phương tiện thủy", lãnh đạo Phòng Tàu sông (Cục Đăng kiểm Việt Nam) cho biết ❑



Trường Đại học Xây dựng Hà Nội
Khẳng định vị thế trung tâm nghiên cứu mạnh

Đẩy mạnh nghiên cứu khoa học (NCKH) và chuyển giao công nghệ là một trong những hoạt động quan trọng, đóng góp tích cực trong việc nâng cao chất lượng đào tạo, vị trí xếp hạng và thương hiệu của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (ĐHXDHN). Trải qua gần 70 năm đào tạo, 60 năm xây dựng và phát triển, Trường ĐHXDHN đã trở thành trung tâm nghiên cứu và triển khai ứng dụng các tiến bộ khoa học công nghệ (KHCN) hàng đầu trong lĩnh vực xây dựng. Những kết quả đó đã đóng góp đáng kể vào việc Trường ĐHXDHN đạt chứng nhận kiểm định chất lượng quốc tế chu kỳ thứ 2 (từ năm 2024 đến 2029) của Hội đồng cấp cao về đánh giá Nghiên cứu và Giáo dục đại học (HCERES). Đây là một bước quan trọng trong việc nâng cao uy tín và chất lượng của Trường ĐHXDHN, đồng thời mở ra cơ hội hợp tác quốc tế rộng lớn.

ĐẨY MẠNH HOẠT ĐỘNG NGHIÊN CỨU VÀ CHUYỂN GIAO CÔNG NGHỆ, CÁC CÔNG BỐ QUỐC TẾ, SÁNG CHẾ, GIẢI PHÁP HỮU ÍCH TĂNG MẠNH

Trường ĐHXDHN xác định mục tiêu phát triển nhân lực KHCN trong Nhà trường, đưa công tác NCKH và phát triển công nghệ trở thành một nhiệm vụ bắt buộc đối với giảng viên; hình thành các nhóm NCKH đa ngành và phát huy ưu thế của trường đa ngành trong lĩnh vực xây dựng; chủ động xây dựng các chương trình, đề tài nghiên cứu trọng điểm và đa ngành, thể hiện các mũi nhọn về KHCN của Trường để tham gia các chương trình, dự án quốc gia, quốc tế; đẩy mạnh hoạt động NCKH và chuyển giao công nghệ tới các địa phương, doanh nghiệp; hợp tác quốc tế NCKH và chuyển giao công nghệ, hình thành các dự án nghiên cứu; tăng cường hợp tác giữa các cơ sở KHCN với các đơn vị sản xuất, kinh doanh chuyển giao công nghệ.

Giai đoạn 2020 - 2024, Trường ĐHXDHN đạt được nhiều thành tựu khoa học, các bài báo công bố quốc tế, sáng chế, giải pháp hữu ích tăng mạnh. Số lượng bài báo quốc tế uy tín lên tới hơn 1.572 bài; số đơn sở hữu trí tuệ đã được chấp nhận là 26 đơn. Nhiều sản phẩm nghiên cứu đã được cấp bằng độc quyền giải pháp hữu ích như: Thiết bị xác định các đặc trưng chống cắt của bê tông nhựa; Vỉa hè có chức năng thu, thoát nước

Nhóm Dự án "Sản xuất sản phẩm gốm từ công nghệ in 3D" tại cuộc thi SV STARTUP 2024

sử dụng bê tông rỗng… Bằng độc quyền sáng chế như: Bê tông nhẹ cốt liệu rỗng chịu lực sử dụng Polystyren tái chế kết hợp Cenosphere với Nano Silica và phương pháp chế tạo bê tông nhẹ cốt liệu rỗng này; Quy trình chế tạo sơn silicat chịu nhiệt độ, chịu mặn, chịu ăn mòn axit, bazơ...

Bên cạnh đó, Nhà trường tổ chức hệ thống hơn 300 hồ sơ khoa học Google Scholar và xếp hạng 14 trong tổng số 184 trường ở Việt Nam theo bảng xếp hạng các hồ sơ khoa học Google Scholar của tổ chức Webometrics.

Hàng năm, Nhà trường đều tổ chức các hoạt động NCKH sinh viên, đặc biệt là Cuộc thi "Ý tưởng Sáng tạo và Khởi nghiệp sinh viên Trường Đại học Xây dựng Hà Nội (HUCE-Intech)". Cuộc thi nhằm khơi dậy tiềm năng, khuyến khích và xây dựng tinh thần khởi nghiệp đổi mới sáng tạo của sinh viên trong và ngoài trường hướng tới việc tạo ra các ý tưởng và sản phẩm thiết thực, các giải pháp quản lý đổi mới sáng tạo có tiềm năng khởi nghiệp gắn liền với thực tế và nhu cầu từ các doanh nghiệp. Cuộc thi đã thu hút sự quan tâm, hỗ trợ của các tổ chức, cá nhân và doanh nghiệp tham gia, từ đó kết nối thị trường, quỹ đầu tư, tài trợ của các tổ chức. Bên cạnh đó, nhiều nhóm nghiên cứu đã tham dự các cuộc thi NCKH sinh viên toàn quốc và đạt nhiều giải thưởng như: Giải Nhất và giải Ba Sinh viên NCKH toàn quốc năm 2023.

Bên cạnh đó, Nhà trường còn xúc tiến nhiều hoạt động cũng như chính sách để thúc đẩy, hỗ trợ NCKH. Hàng năm, vào ngày NCKH Việt Nam 18/5,

Các đối tác nước ngoài của Trường ĐHXDDHN

Chứng nhận LOTUS của Hội đồng Công trình xanh Việt Nam (Vietnam Green Building Council - VGBC)

Trường ĐHXDDHN tổ chức các hoạt động gặp mặt, tri ân các nhà khoa học, trao thưởng cho các đơn vị, cá nhân có thành tích tốt trong sự nghiệp NCKH, qua đó khích lệ, động viên, khuyến khích kịp thời các nhà khoa học trong nghiên cứu, hiến kế những ý tưởng sáng tạo khoa học.

NHIỀU CÔNG TRÌNH KHOA HỌC ĐƯỢC ÁP DỤNG VÀO THỰC TẾ HIỆU QUẢ

Một số sản phẩm NCKH tiêu biểu như: Dự án "Nghiên cứu giải pháp và công nghệ xây dựng nhà ở cho đồng bào dân tộc vùng núi phía Bắc sử dụng vật liệu tại chỗ" do Trường ĐHXDDHN chủ trì, thực hiện bởi giảng viên Khoa Xây dựng Dân dụng và Công nghiệp, Khoa Kiến trúc & Quy hoạch, Khoa Vật liệu xây dựng, đã nhận được chứng nhận LOTUS của Hội đồng Công trình xanh Việt Nam (Vietnam Green Building Council - VGBC). Dự án nhằm mục đích tận dụng nguồn nguyên liệu tại chỗ như nguồn đất đồi, đất không có khả năng canh tác để làm nhà ở thân thiện với môi trường cho bà con vùng cao các tỉnh phía Bắc nhằm đảm bảo nhà ở an toàn và giảm thiểu chi phí xây dựng. Tiếp đó, công trình cầu UHPC An Thượng, phường An Tảo, TP. Hưng Yên là kết quả nghiên cứu của Chương trình "Nghiên cứu ứng dụng bê tông chất lượng siêu cao trong xây dựng cầu quy mô nhỏ và trung bình" của Bộ Giáo dục và Đào tạo...

Năm 2023, Trường ĐHXDDHN có 3 nhà khoa học được nhận giải thưởng quốc gia vinh danh Ngôi sao sáng chế dành cho chủ đơn có nhiều đơn đăng ký sáng chế, giải pháp hữu ích, được vinh danh trong Top 10, Top 15, Top 20 hạng mục Ngôi sao sáng chế dành cho chủ đơn có nhiều đơn đăng ký sáng chế, giải pháp hữu ích tại Lễ Vinh danh IPSTAR 2023. Đây chính là sự ghi nhận những nỗ lực nghiên cứu, sáng tạo, ứng dụng và phát triển, thương mại hóa sản phẩm từ sáng chế, giải pháp hữu ích của các nhà khoa học, không chỉ của các cá nhân nói riêng mà còn là của tập thể Trường ĐHXDDHN nói chung.

Thông qua việc mở rộng liên kết, hợp tác NCKH, trao đổi kinh nghiệm giữa Trường ĐHXDDHN với các đối tác nước ngoài đã góp phần đưa thương hiệu Nhà trường đến bạn bè quốc tế.

Từ các hoạt động NCKH, chuyển giao công nghệ của Nhà trường với các đối tác nước ngoài đã tạo sự ảnh hưởng sâu rộng đến cộng đồng xã hội như các dự án: SATREPS "Thiết lập hệ thống quản lý phế thải xây dựng hiệu quả nhằm kiểm soát ô nhiễm môi trường và tăng cường khả năng chế tạo các loại vật liệu mới từ phế thải xây dựng tái chế ở Việt Nam và "Phát triển hệ thống cấp nước thích ứng với nguồn nước ô nhiễm" do Trường ĐHXDDHN và Đại học Nagasaki Nhật Bản phối hợp dưới sự hỗ trợ của Cơ quan Hợp tác quốc tế Nhật Bản (JICA) và Cơ quan KHCN Nhật Bản (JST); Tái chế tro bay nhiệt điện để gia cường tính chất cơ lý và ổn định kim loại nặng trong bùn thải ở Việt Nam; Vật liệu tái chế chất lượng cao (WalCoDeViet) do Cộng đồng người Bỉ nói tiếng Pháp (Wallonie Bruxelles) tài trợ; Thích ứng cảnh quan "Sự chuyển đổi không gian - xã hội gắn với việc xây dựng cơ sở hạ tầng thủy lợi quy mô lớn ở đồng bằng sông Hồng"; Các chính sách hướng tới sức khỏe và thực hành xây dựng bền vững nhằm thúc đẩy hạnh phúc và quản trị đô thị xanh ở Việt Nam (HOPE)...

Trong khuôn khổ chương trình hợp tác giữa Trường ĐHXDDHN và Trường Đại học Kỹ thuật Lubeck (Đức) về Mô hình nhà thân thiện môi trường sử dụng kiện rơm ép đã thí điểm xây dựng mô hình nhà tại Cơ sở 2 Hà Nam của Trường ĐHXDDHN.

Với tầm nhìn "Trở thành một đại học nghiên cứu hàng đầu khu vực với nòng cốt là kỹ thuật và công nghệ, đóng góp quan trọng vào sự nghiệp xây dựng nước Việt Nam hòa bình và thịnh vượng", việc đẩy mạnh NCKH và chuyển giao công nghệ là một trong những phương thức hiệu quả để khẳng định thương hiệu Trường ĐHXDDHN trong tương lai. Trường ĐHXDDHN cam kết tiếp tục phấn đấu để thực hiện Sứ mệnh "Đào tạo nhân lực chất lượng cao; NCKH, sáng tạo công nghệ và chuyển giao tri thức; đồng kiến tạo vì sự phát triển bền vững của xã hội và đất nước", xây dựng các giá trị cốt lõi: "Trách nhiệm - Sáng tạo - Chất lượng và Hiệu quả" ❑

PV

Buýt Hà Nội cần sự đồng bộ trong quy hoạch và đầu tư hạ tầng

Tại các nước phát triển trên thế giới, vận tải hành khách công cộng nói chung và hệ thống xe buýt nói riêng đều được ưu tiên trong giao thông, được quy hoạch bài bản và tạo điều kiện tối đa để phát triển. Việt Nam nói chung và Thủ đô Hà Nội nói riêng không là ngoại lệ, vì vậy vận tải buýt rất cần sự quan tâm, đầu tư đồng bộ để phát triển bền vững, đóng vai trò quan trọng trong việc giảm ùn tắc giao thông đô thị.

QUY HOẠCH ĐÔ THỊ PHẢI GẮN VỚI QUY HOẠCH VẬN TẢI BUÝT

Nhiều năm qua, xe buýt đã khẳng định được vai trò chủ lực trong mạng lưới vận tải hành khách công cộng của Thủ đô, tuy nhiên mạng lưới xe buýt của Hà Nội vẫn bộc lộ một số bất cập. Các chuyên gia nhận định, hệ thống giao thông đô thị Hà Nội tồn tại nhiều vấn đề như: Nhiều tuyến đường vẫn chưa được đầu tư và hoàn thiện theo quy hoạch; ùn tắc giao thông là hiện tượng thường xuyên xảy ra ở các khu vực nội đô trong giờ cao điểm; ý thức tuân thủ pháp luật và bảo vệ các công trình hạ tầng kỹ thuật giao thông của cộng đồng dân cư và doanh nghiệp còn hạn chế...

Chính vì vậy, một trong những nhiệm vụ trọng tâm mà Sở GTVT Hà Nội đặt ra là phải sắp xếp, điều chỉnh mạng lưới xe buýt, hợp lý hóa lộ trình, tần suất chạy xe, nhằm tối ưu năng lực phục vụ, mang đến dịch vụ chất lượng hơn cho hành khách.

Đánh giá hiệu quả từ việc điều chỉnh lộ trình, tần suất, hợp lý hóa mạng lưới tuyến buýt của Hà Nội thời gian qua, chuyên gia giao thông Đỗ Cao Phan cho rằng đây là giải pháp rất quan trọng nhằm nâng cao chất lượng xe buýt. Theo đó, có tuyến cần kéo dài ra, có tuyến cần thu ngắn lại, giảm tần suất… để tiết kiệm chi phí, sử dụng hiệu quả nguồn ngân sách trợ giá và đặc biệt là cung cấp cho hành khách dịch vụ tốt nhất cũng như tạo điều kiện tối đa cho lái, phụ xe buýt giảm áp lực, làm việc hiệu quả hơn.

Ngoài ra, một trong những nguyên nhân chính của việc xe buýt chưa phát huy hết năng lực chính là việc quy hoạch đô thị không gắn với mạng lưới vận tải hành khách công cộng. Đây là một vấn đề rất đáng lưu tâm trong quá trình quy hoạch, phát triển đô thị Thủ đô. Do đó, với kế hoạch mở mới các làn ưu tiên xe buýt, Hà Nội phải quyết đoán, phải dứt khoát thực hiện.

Các chuyên gia nhận định, khi quy hoạch xây dựng một khu đô thị, khu dân cư, Hà Nội phải đồng thời tính đến sự hiện diện tất yếu của xe buýt. Hạ tầng khu vực đó phải tối ưu cho vận tải công cộng, có làn đường riêng, vị trí xây dựng nhà chờ, điểm đỗ… Số lượng xe buýt bình quân trên dân số phải được tính toán chính xác; loại hình xe buýt cũng cần được lựa chọn sớm. Quan trọng hơn, quy hoạch phải được bảo vệ hoàn chỉnh trước nguy cơ bị điều chỉnh, bớt xén nhằm phục vụ các mục đích khác.

HẠ TẦNG TỐT THÌ XE BUÝT MỚI ĐƯỢC PHÁT HUY

Theo tính toán, diện tích chiếm dụng của phương tiện giao thông đã vượt năng lực đáp ứng của hạ tầng giao thông. Nếu xét đến yếu tố cùng lưu thông trên mặt đường với cùng một lượng người chuyên chở thì diện tích chiếm dụng của xe máy gấp nhiều lần so với diện tích chiếm dụng của xe buýt. Tuy nhiên, vận tải hành khách đô thị vẫn đang phụ thuộc chủ yếu vào giao thông cá nhân, điều đó tất yếu dẫn đến hệ lụy là tình trạng ùn tắc giao thông xảy ra.

Theo ý kiến nhiều chuyên gia, muốn phát triển giao thông công cộng thì vấn đề đầu tiên và quan trọng nhất là phải quan tâm phát triển hạ tầng giao thông công cộng, phủ kín mạng lưới, tăng cường tính kết nối giữa các loại hình giao thông công cộng để người dân ở mọi nơi đều có thể tiếp cận một cách dễ dàng, thuận tiện.

Tại phiên thảo luận Kỳ họp thứ 14 HĐND TP. Hà Nội khóa XVI mới đây, đại biểu Phạm Hải Hoa (Chủ tịch Hội Nông dân Thành phố) đề nghị UBND TP. Hà Nội rà soát hướng tuyến xe buýt phù hợp tối đa nhu cầu của người dân nông thôn bởi thực tế hiện nay có tuyến nhiều khách, có tuyến không kết nối được. Đại biểu Phạm Hải Hoa cũng đề nghị việc xây dựng nhà chờ, điểm chờ xe buýt phải đảm bảo thẩm mỹ, phù hợp văn hóa từng vùng, gắn với xây dựng nông thôn mới ở địa phương.

Về vấn đề này, Phó Chủ tịch UBND TP. Hà Nội Dương Đức Tuấn nhìn nhận năng lực phát triển hạ tầng kỹ thuật và giao thông của Thủ đô đang ở mức thấp. Theo đó, để phát triển hạ tầng xe buýt, UBND TP. Hà Nội có chủ trương đầu tư 600 nhà chờ xe buýt theo tiêu chuẩn châu Âu tại 12 quận nội thành. Hệ thống nhà chờ sẽ được xây dựng theo hướng hiện đại, đạt tiêu chuẩn châu Âu, giúp tăng cường khả năng tiếp cận của người dân với dịch vụ vận tải hành khách công cộng bằng xe buýt; đồng thời sắp xếp, bố trí lại hệ thống biển thông tin quảng cáo ngoài trời trên dải phân cách giữa các tuyến đường khoa học, đồng bộ, văn minh.

Theo các chuyên gia, để phát triển hạ tầng giao thông công cộng không chỉ tập trung mở rộng đường sá mà còn nên ưu tiên dành quỹ đất để xây dựng bãi gửi xe phương tiện cá nhân, không để hành khách loay hoay tìm chỗ gửi xe để đi xe buýt. Bên cạnh đó, để phát triển xe buýt cần phải có đường ưu tiên hoặc quyền ưu tiên khi lưu thông trên đường.

Buýt Hà Nội cần sự đầu tư đồng bộ, đặc biệt là quy hoạch và hạ tầng

CẦN SỰ ĐẦU TƯ CHO LỘ TRÌNH PHÁT TRIỂN

Theo chuyên gia giao thông ThS. Vũ Hoàng Chung, Sở GTVT Hà Nội đã đề xuất với UBND TP. Hà Nội cho thuê tư vấn đánh giá tổng thể mạng lưới xe buýt Thủ đô. Đây là việc cần làm, trên cơ sở đó để đánh giá, kết hợp với việc phân tích vai trò của xe buýt trong bối cảnh khi đường sắt đô thị, xe đạp công cộng… xuất hiện và đang được đón nhận.

Cũng theo chuyên gia Vũ Hoàng Chung, TP. Hà Nội cũng cần quan tâm, đầu tư hơn nữa cho xe buýt, đặc biệt là ưu tiên làn đường riêng cho nó ở mọi khu vực có đủ điều kiện; tiếp tục nghiên cứu, tính toán khả năng triển khai xe buýt nhanh, sức chở lớn; hỗ trợ các doanh nghiệp chuyển đổi từ phương tiện cũ sang xe buýt "xanh". Đặc biệt, Thành phố cần có cơ chế thu hút đầu tư xã hội hóa để xây dựng hệ thống nhà chờ xe buýt hiện đại, phục vụ tốt nhất cho người dân khi sử dụng xe buýt làm phương tiện đi lại.

Nói đến "năng lượng xanh", đây là một trong những giải pháp quan trọng mà nhiều nước trên thế giới đang chú trọng nhằm giảm đáng kể lượng khí thải phát sinh từ giao thông, giải quyết vấn đề môi trường. Ông Nguyễn Hoàng Hải, Phó Chủ tịch Hiệp hội Vận tải hành khách công cộng Hà Nội cho biết hiện có nhiều rào cản với việc "xanh hóa" phương tiện công cộng như cơ chế chính sách, nguồn lực chuyển đổi và hạ tầng phục vụ. Đồng quan điểm, Giám đốc Trung tâm Quản lý giao thông công cộng TP. Hà Nội Thái Hồ Phương nhấn mạnh, việc chuyển đổi phương tiện xe buýt truyền thống sang phương tiện xe buýt điện, xe buýt "năng lượng xanh" là một chính sách lớn, cần phải có sự vào cuộc của các ngành và đặc biệt là phối hợp, đồng hành của các doanh nghiệp vận tải.

Dưới góc độ doanh nghiệp, ông Nguyễn Công Nhật, Tổng Giám đốc Vinbus cho biết: "Để đạt được mục tiêu xanh hóa lĩnh vực vận tải hành khách công cộng rất cần Nhà nước có những chính sách hỗ trợ để tạo "cú hích". Chỉ khi Nhà nước tạo ra cơ chế bền vững và doanh nghiệp nhận thấy họ có khả năng tham gia thì mới có thể phát triển được. Ngược lại, nếu chúng ta đặt ra những kỳ vọng, yêu cầu lớn mà không có cơ chế hỗ trợ phù hợp thì không khác nào chúng ta gián tiếp loại họ khỏi cuộc chơi" ❑

PV

Gia Lai
Nỗ lực kiềm chế TNGT vùng đồng bào dân tộc thiểu số

ĐẠI THẮNG

Thời gian qua, thực hiện kế hoạch về tăng cường các giải pháp đảm bảo trật tự ATGT gắn với phòng chống tội phạm, lực lượng CSGT các huyện, thị xã, thành phố của tỉnh Gia Lai đã có nhiều giải pháp hay, hiệu quả trong công tác đảm bảo trật tự ATGT. Trên cơ sở điều tra cơ bản, phân tích nguyên nhân các vụ TNGT, các đơn vị, lực lượng chức năng phân loại từng đối tượng cụ thể và tổ chức tuyên truyền theo đối tượng cá biệt, trong đó tập trung vào đối tượng thanh, thiếu niên.

Ở nhiều địa phương, công tác tuyên truyền, phổ biến pháp luật tại các buôn, thôn, làng, vùng đồng bào dân tộc thiểu số được thực hiện bài bản, trách nhiệm. Tuy nhiên, thời gian qua, tình hình TNGT ở vùng sâu, vùng xa, vùng đồng bào dân tộc thiểu số, TNGT liên quan đến thanh, thiếu niên, TNGT liên quan đến nồng độ cồn… còn diễn biến phức tạp, nhiều vụ TNGT đặc biệt nghiêm trọng vẫn còn xảy ra.

Điển hình như mới đây, vào ngày 13/5/2024, tại đường Hồ Chí Minh đoạn qua địa bàn thôn Tân Lập, xã Ia Khươl, huyện Chư Păh xảy ra vụ TNGT giữa xe máy BKS 81B3-067.99 với một xe máy khác không có biển kiểm soát. Vụ TNGT làm 2 người tử vong tại chỗ, 2 người khác bị thương nặng. Đáng nói, trong 4 người thương vong có đến 3 người đang trong độ tuổi thiếu niên.

Hay như vụ TNGT xảy ra vào ngày 25/10/2023, tại đường liên xã thuộc thôn Pác Bó, xã Ia Lâu, huyện Chư Prông giữa mô tô BKS 81B2-636.82 và mô tô BKS 81B2-166.09, hậu quả làm 4 người tử vong. Các nạn nhân đều là thanh, thiếu niên người đồng bào dân tộc thiểu số. Đáng nói, người điều khiển mô tô BKS 81B2-166.09 chưa đủ điều kiện lái xe và có nồng độ cồn. Hệ lụy của vụ TNGT cũng khiến bà Rơ Mah Pil (38 tuổi, trú tại xã Ia Lâu, huyện Chư Prông, tỉnh Gia Lai) lĩnh án 24 tháng tù treo vì tội "Giao cho người không đủ điều kiện điều khiển phương tiện tham gia giao thông đường bộ".

Theo Công an tỉnh Gia Lai, từ đầu năm 2024 đến nay, tình hình trật tự ATGT trên địa bàn tỉnh được đảm bảo, kéo giảm về số người chết nhưng tăng về số vụ và số người bị thương so với cùng kỳ 2023. Đáng chú ý, trên địa bàn đã xảy ra một số vụ TNGT trong lứa tuổi học sinh, thanh, thiếu niên đồng bào dân tộc thiểu số và một số vụ TNGT nghiêm trọng liên quan đến vi phạm nồng độ cồn.

Để nâng cao hiệu quả công tác phối hợp đảm bảo trật tự ATGT, trong cuộc họp đánh giá công tác đảm bảo trật tự ATGT những tháng đầu năm 2024, Trung tá Ksor H'Bơ Khắp, Phó Giám đốc Công an tỉnh Gia Lai đã yêu cầu các lực lượng tiếp tục tăng cường bố trí tuần tra khép kín địa bàn; duy trì các tổ kiểm tra nồng độ cồn, xử lý xe quá khổ, quá tải…; làm tốt công tác điều tra cơ bản; nâng cao hiệu quả tuyên truyền, nhất là tại địa bàn cơ sở, tập trung vào đối tượng thanh, thiếu niên, học sinh… Phấn đấu hoàn thành chỉ tiêu kéo giảm TNGT trên cả 3 tiêu chí, trong đó kéo giảm 6% số vụ, giảm 15% số người chết và giảm 5% số người bị thương trong năm 2024.

Lực lượng CSGT xử lý thanh, thiếu niên điều khiển mô tô, xe máy khi chưa đủ điều kiện

Theo Ban ATGT tỉnh Gia Lai, thời gian qua, tình hình trật tự ATGT, TNGT ở vùng đồng bào dân tộc thiểu số trên địa bàn tỉnh diễn biến hết sức phức tạp, có nhiều vụ TNGT nghiêm trọng gây chết người. Một vấn đề đáng lo khác, đó là hiện nay số lượng người dân điều khiển mô tô, xe máy kéo nhỏ nhưng chưa có giấy phép lái xe hạng A1 và hạng A4 khá phổ biến. Số vụ vi phạm quy định pháp luật về trật tự ATGT do không có giấy phép lái xe xảy ra còn nhiều, trong đó tập trung vào đối tượng là người dân ở vùng sâu, vùng xa, vùng đồng bào dân tộc thiểu số sinh sống.

Nguyên nhân của tình trạng này là do một số cấp chính quyền, người đứng đầu cơ quan, tổ chức chưa thật sự quan tâm, sâu sát trong lãnh đạo, chỉ đạo công tác tuyên truyền, phổ biến, giáo dục pháp luật về trật tự ATGT, nhất là đối với người dân ở vùng nông thôn, vùng đồng bào dân tộc thiểu số, thanh, thiếu niên. Tình trạng người dân vẫn điều khiển mô tô, xe máy kéo nhỏ khi chưa có giấy phép lái xe nhưng không được các cấp chính quyền, lực lượng chức năng nhắc nhở, giáo dục và xử lý theo quy định.

"Trước tình hình đó, Ban ATGT tỉnh Gia Lai đã có nhiều công văn đề nghị chính quyền địa phương, các cơ quan chức năng đẩy mạnh công tác tuyên truyền, giáo dục pháp luật về trật tự ATGT nhằm nâng cao nhận thức cho người dân. Kết hợp với công tác tuyên truyền, Ban ATGT tỉnh Gia Lai cũng đề nghị lực lượng chức năng tăng cường tuần tra, kiểm soát, kịp thời phát hiện, ngăn chặn, xử lý các hành vi vi phạm pháp luật về trật tự ATGT, kéo giảm TNGT", ông Đoàn Hữu Dũng, Giám đốc Sở GTVT tỉnh Gia Lai, Phó Trưởng ban Thường trực Ban ATGT tỉnh Gia Lai thông tin ❑