

# TẠP CHÍ GIAO THÔNG

ISSN 2354-0818

CƠ QUAN CỦA BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI

Tập 64 số 6/2024 (742) | tapchigiaothong.vn | e-ISSN 2615-9791

vận tải

21/6  
1925  
2024  
năm

BÁO CHÍ CÁCH MẠNG VIỆT NAM

LÀM GÌ ĐỂ  
KHÔNG ĐÚT GỠ TUYẾN VẬN TẢI  
ĐƯỜNG SẮT BẮC - NAM?





**TỔNG BIÊN TẬP**  
**NGUYỄN VĂN HƯƠNG**  
Điện thoại: 0913.54.55.66  
Email: nguyenvanhuong.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 NHỎ; GS. TS. PHẠM HUY KHANG;  
GS. TS. NGUYỄN NGỌC LONG; GS. TS. ĐÀO VĂN ĐỒNG;  
GS. TS. PHẠM KỶ QUANG; PGS. TS. TỐNG TRẦN TÙNG;  
PGS. TS. TRẦN ĐẮC SỬ; PGS. TS. PHẠM XUÂN DƯƠNG;  
PGS. TS. NGUYỄN THANH CHUÔNG; 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 ĐOÀN THỌ; TS. LÝ HUY  
TUẤN; TS. NGUYỄN NGỌC LONG; TS. PHẠM CÔNG TRINH;  
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 BÌNH; 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.gtv@gmail.com

#### PHÒNG THƯ KÝ - BIÊN TẬP VÀ PHÒNG VIÊN THƯỜNG TRÚ

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

#### PHÒNG PHÓNG VIÊN - TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ

Điện thoại: (024) 3942.8737  
Email: phongpv.gtv@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 5 (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 HUỆ**
- 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 5 • (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  
Application of deep learning in reproducing sensor data for structural health monitoring  
TS. NGUYỄN THỊ CẨM NHUNG  
NGUYỄN ĐỨC TRƯỜNG  
NGUYỄN THỊ TUYẾT NGÀ  
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 HÙNG
- 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 TUÂN  
KS. PHẠM VĂN QUYẾN  
TS. VŨ MINH NGÂN
- 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 HIỂN; LÊ QUANG MINH  
ĐÀO GIA HIẾU; NGHIÊM MẠNH HÙNG  
LÊ THANH HẢI; NGUYỄN TIẾN ĐẠT  
TS. HÀ VĂN MUÔN
- 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 SƯỜNG  
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 VIỆT QUYẾN; ThS. ĐOÀN XUÂN TRƯỜNG
- 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 - sonar for serving the clearance of sandbar in the waterways  
TS. NGUYỄN XUÂN THỊNH
- 103 Nghiên cứu tối ưu hàm liên thuộc mờ 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 ĐỒNG; 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 HÙNG  
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 HÙNG; ThS. PHẠM TẤT TIỆP**  
**ThS. NCS. NGÔ NHƯ TÀI**

**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 ECDIS 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. HUỖNH THỊ YẾN THẢO; KS. HUỖNH 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 THƯỜNG**

**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.



# 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<sup>(\*)</sup>; ThS. NGUYỄN HỮU TUÂN**

*Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật - Đại học Đà Nẵng*

■ **KS. PHẠM VĂN QUYÊN**

*Viện Khoa học và Công nghệ Giao thông vận tải*

■ **TS. VŨ MINH NGẠN**

*Trường Đại học Mở - Địa chất*

Email: <sup>(\*)</sup>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 chloride 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<sup>3</sup>/năm cho việc sản xuất vữa và BTXM, dự kiến sẽ tăng lên lần lượt khoảng 170 - 190 triệu m<sup>3</sup>/năm và khoảng 200 - 220 triệu m<sup>3</sup>/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<sup>3</sup>, độ mịn Blaine bằng 3.520 cm<sup>2</sup>/g phù hợp với TCVN 2682:2020. TB

loại F có KLR = 2,26 g/cm<sup>3</sup>, 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<sup>3</sup>, độ mịn Blaine bằng 5.150 cm<sup>2</sup>/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<sup>3</sup>, độ mịn Blaine bằng 25,5 m<sup>2</sup>/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<sup>3</sup> phù hợp với Tiêu chuẩn ASTM C494 loại G. Đá dăm (Đ) cỡ 5 - 10 mm, KLR = 2,75 g/cm<sup>3</sup> 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<sup>3</sup>, 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<sup>3</sup>

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 quy 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]:

$$C_s \left[ 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{\sqrt{4 \cdot D_a(t) \cdot t}} \right) \right] = C_{Cr} \quad (1)$$

$$D_a(t) = D_{a28} \left( \frac{t_{28}}{t} \right)^m \quad (2)$$

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 khuếch tán ion clo biểu kiến của bê tông ở 28 ngày và ở thời điểm t (mm<sup>2</sup>/năm); theo Life 365 [11],  $D_a(t)$  đạt giá trị nhỏ nhất khi t = 25 năm, khi t > 25 năm thì  $D_a(t) = \text{const}$ ;  $C_{Cr}$  - 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  $C_{Cr}^{0TB} = C_{Cr}^{35XL} = C_{Cr}^{10MS} = 0,45\% \text{CKD} \approx 0,098\% \text{KLBT}$ ; đối với các HPC chứa TB, lấy  $C_{Cr}^{35TB} = C_{Cr}^{50TB} = C_{Cr}^{65TB} = 0,30\% \text{CKD} \approx 0,076\% \text{KLBT}$  [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]:



$$D_a = 0,88 \cdot \text{ĐTIC}^{0,76} (10^{-14} \text{ m}^2/\text{s}) \quad (3)$$

Đối với HPC sử dụng TB, XL và MS, tính theo Olek và cs [14]:

$$D_a = 2 \cdot 10^{-15} \cdot \text{ĐTIC} + 4 \cdot 10^{-13} (\text{m}^2/\text{s}) \quad (4)$$

$C_s$  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:

$$C_{s1}(t) = 0,483 \cdot t^{0,308} \quad (5)$$

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:

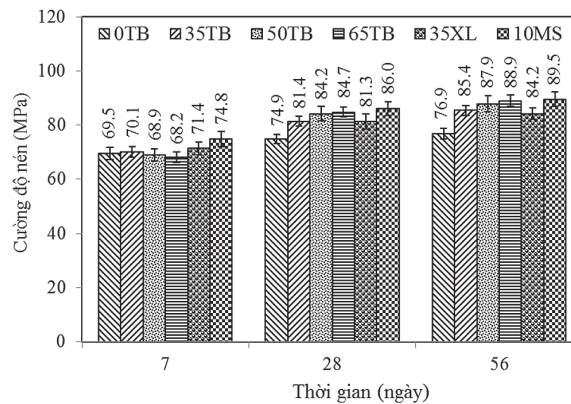
$$C_{s2}(t) = 0,291 \cdot t^{0,426} \quad (6)$$

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

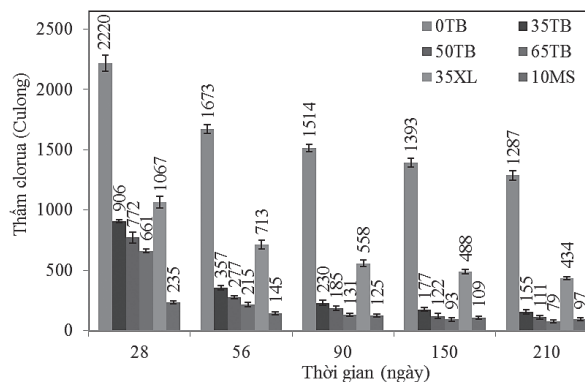
$R_n$  của các HPC qui đổi về mẫu trụ  $d \times h = (150 \times 300) \text{ mm}$  được thể hiện trên Hình 3.1.



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 puzolan của  $\text{SiO}_2$  và  $\text{Al}_2\text{O}_3$  có trong TB, XL và MS với  $\text{Ca(OH)}_2$  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].

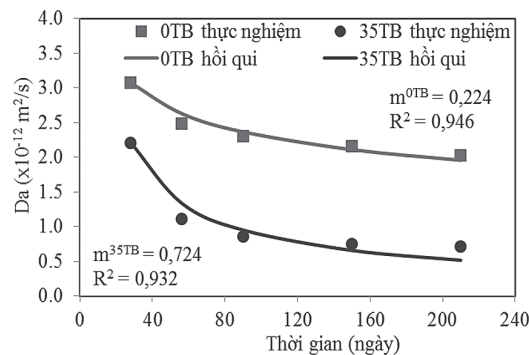
### 3.3. Hệ số suy giảm khuếch tán ion clo

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.

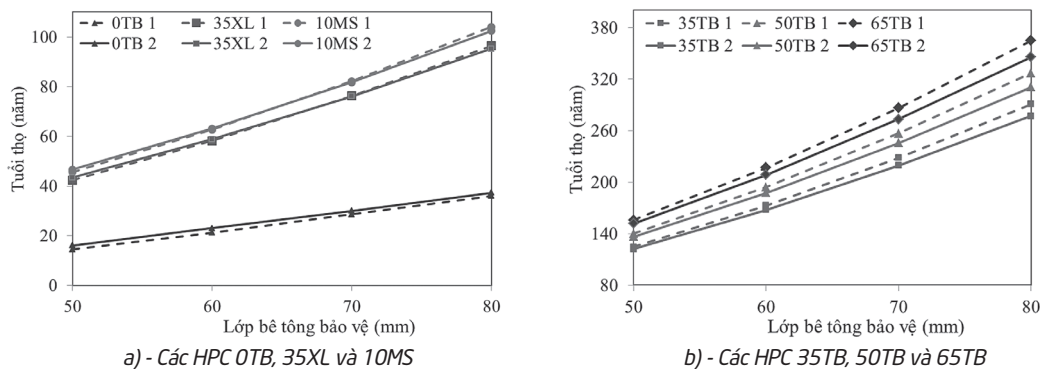


Hình 3.3: Hồi qui xác định hệ số m của các HPC

Life 365 [11], hệ số m khi tính toán  $T_{sd}$  không vượt quá 0,60, các HPC chứa TB có hệ số m  $\geq 0,60$ , 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,  $x_{min} \geq 50$  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.



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  $t \leq 70$  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 OTB. Đối với HPC OTB, 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, XL và 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 OTB.  $T_{sd}$  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 OTB.

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 OTB. ĐTIC ở 28 ngày của các HPC chứa TB và MS thuộc mức rất thấp, của các HPC OTB 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 OTB. Các HPC chứa (35 - 65)% TB chỉ cần  $x_{min} = 50$  mm để đạt  $T_{sd} \geq 120$  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**