

**PHÓ TỔNG BIÊN TẬP**  
**PGS,TS ĐOÀN THẾ TƯỜNG**

**HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP**

PGS,TS PHÙNG MẠNH ĐẮC  
PGS,TS HOÀNG VIỆT HÙNG  
PGS,TS PHẠM QUANG HƯNG  
PGS,TS NGUYỄN BÁ KẾ  
TS PHÙNG ĐỨC LONG  
GS NGUYỄN CÔNG MẪN  
PGS,TS NGUYỄN ĐỨC MẠNH  
PGS,TS NGUYỄN SỸ NGỌC  
PGS,TS VÕ PHÁN  
PGS,TS NGUYỄN HUY PHƯƠNG  
GS,TS TRẦN THỊ THANH  
PGS,TS VƯƠNG VĂN THÀNH  
TS LÊ THIẾT TRUNG  
GS,TS ĐỖ NHƯ TRÁNG  
PGS,TS TRẦN THƯƠNG BÌNH  
TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY  
PGS,TS ĐẬU VĂN NGỌ  
PGS,TS TẠ ĐỨC THỊNH  
TS NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG

Giấy phép xuất bản số 1358/GPXB -  
Ngày 8-6-1996, Bộ Văn hóa - Thông tin  
Cơ quan xuất bản: Viện Địa Kỹ thuật  
(Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam)  
152 Lê Duẩn - Đống Đa - Hà Nội  
Tel: 024. 22141917.  
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;  
viendkt@vusta.vn  
Website: www.vgi-vn.vn  
Xuất bản 3 tháng 1 kỳ  
Nộp lưu chiểu: tháng Mười một 2023

**Tạp chí ĐỊA KỸ THUẬT**

ISSN - 0868 - 279X  
NĂM THỨ 27  
SỐ 3 NĂM 2023

**MỤC LỤC**

**ĐẶNG VĂN KIÊN, ĐỖ NGỌC ANH, TÔ QUANG BẢO:** Nghiên cứu sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện để chế tạo bê tông lấp đầy sau vỏ hầm 3

**HUYỀN TẤN PHÁT, NGUYỄN TRUNG KIÊN:** Ứng dụng phương pháp hỗn hợp FEM-SPH trong phân tích bài toán dẫy trôi ống ngầm 14

**TRẦN ĐĂNG TUẤN, LẠI HỢP PHÒNG, ĐINH VĂN TOÀN, DƯƠNG THỊ NINH, PHẠM NGỌC ĐẠT, PHẠM HỒNG TRANG, VŨ ĐÌNH HẢI:** Nghiên cứu sử dụng phương pháp địa chấn sóng mặt đa kênh trong đánh giá tai biến sụt đất tại khu vực xã Chiềng Mung, huyện Mai Sơn, tỉnh Sơn La 22

**NGUYỄN VĂN PHÓNG:** Đánh giá ổn định nền móng tháp điện gió có xét tới độ nhạy cảm của cát bão hòa với tải trọng động 32

**ĐỖ TUẤN NGHĨA, NGUYỄN CHÂU LÂN:** Gia cố và phủ xanh mái dốc sử dụng giải pháp neo kết hợp trồng cỏ bề mặt 38

**PHẠM THỊ NHÀN, LÊ HUY VIỆT:** Đánh giá nứt trong dầm bê tông cường độ cao bằng phương pháp nhiễu xạ lan truyền (tofd) 46

**TRẦN TRỌNG HIỂN, HÀ NGỌC ANH, NGUYỄN VIỆT TIẾN, VY THỊ HỒNG LIÊN, NGUYỄN TRỌNG TÀI, THÁI MẠNH HÙNG:** Phân tích khả năng gia cố nền đất yếu bằng công nghệ khoan phụt vữa áp lực cao qua công trình nhà ga Nhôn, thành phố Hà Nội 56

**PHAN HỒNG QUÂN – ĐỖ ĐỨC THẮNG – HOÀNG QUỐC GIA:** Giới thiệu một loại móng mới – móng Vtop 63

**NGUYỄN CÔNG ĐỊNH, NGUYỄN NGỌC LÂN, NGUYỄN ĐỨC MẠNH, NGUYỄN HẢI HÀ, QUYỀN MAI PHƯƠNG:** Nghiên cứu đặc điểm kháng nén một trục nở hông của đất thổ nhưỡng (mặt ruộng) được gia cố bằng phương pháp trộn xi măng kết hợp phụ gia dhd phục vụ xây dựng đường ô tô 66

**NGUYỄN DUYÊN PHONG, TRẦN TUẤN MINH:** nghiên cứu nguyên nhân rui ro, sự cố mất ổn định đường lò trong khai thác than hầm lò 74

**DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF**  
Ass/Prof.Dr. DOAN THE TUONG

**EDITORIAL BOARD**

Ass/Prof.Dr. PHUNG MANH DAC  
Ass/Prof.Dr. HOANG VIET HUNG  
Ass/Prof.Dr. PHAM QUANG HUNG  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN BA KE  
Dr. PHUNG DUC LONG  
Prof. NGUYEN CONG MAN  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN DUC MANH  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN SY NGOC  
Ass/Prof.Dr. VO PHAN  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN HUY PHUONG  
Prof.Dr. TRAN THI THANH  
Ass/Prof.Dr. VUONG VAN THANH  
Dr. LE THIET TRUNG  
Prof.Dr. DO NHU TRANG  
Ass/Prof.Dr. TRAN THUONG BINH  
Dr. NGUYEN TRUONG HUY  
Ass/Prof.Dr. DAU VAN NGO  
Ass/Prof.Dr. TA DUC THINH  
Dr. NGUYEN TUAN PHUONG

Printing licence No 1358/GPXB  
dated 8 June 1996 by the Minister of Culture and  
Information  
Published by the Vietnam Geotechnical Institute  
(Vietnam Union of Science and Technology  
Associations)  
Add: 152 Le Duan, Dong Da, Hanoi  
Tel: 024.22141917.  
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;  
viendkt@vusta.vn  
Website: www.vgi-vn.vn  
Copyright deposit: November 2023

**VIETNAM GEOTECHNIAL JOURNAL**

ISSN - 0868 - 279X  
VOLUME 27  
NUMBER 3 - 2023

**CONTENTS**

- DANG VAN KIEN, DO NGOC ANH, TO QUANG BAO:** Study on the use of fly ash from the thermal power plant to create concrete filling behind tunnel lining 3
- HUYNH TAN PHAT, NGUYEN TRUNG KIEN:** Application of the hybrid FEM-SPH method in analyzing the uplift behavior of buried pipeline 14
- TRAN ĐANG TUAN, LAI HOP PHONG, DINH VAN TOAN, DUONG THI NINH, PHAM NGOC DAT, PHAM HONG TRANG, VU DINH HAI:** Application of multi-channel surface wave seismic method in sinkhole hazards: a case study in Chieng Mung, Son La province 22
- NGUYEN VAN PHONG:** The stability of wind power tower foundations considering the sensitivity of saturated sand to dynamic loads 32
- DO TUAN NGHIA, NGUYEN CHAU LAN:** Ground anchors and vegetation for stabilizing slopes 38
- PHAM THI NHAN, LE HUY VIET:** Evaluating cracks in high-strength concrete beam using the Time-of-Flight Diffraction (TOFD) method 46
- TRAN TRONG HIEN, HA NGOC ANH, NGUYEN VIET TIEN, VY THI HONG LIEN, NGUYEN TRONG TAI, THAI MANH HUNG:** Evaluating possibility to improve soft soils by Jet grouting methode at Nhon Ha Noi 56
- PHAN HONG QUAN – DO DUC THANG – HOANG QUOC GIA:** Vtop – a new foundation 63
- NGUYEN CONG DINH, NGUYEN NGOC LAN, NGUYEN DUC MANH, NGUYEN HAI HA, QUYEN MAI PHUONG:** Study on the uniaxial unconfined compressive strength of topsoils improved by cement mixed with the DHD additive 66
- NGUYEN DUYEN PHONG, TRAN TUAN MINH:** Research on the Causes of Risks and Furnace Instability Incidents in Underground Coal Mining 74

# NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG TRO BAY CỦA NHÀ MÁY NHIỆT ĐIỆN ĐỂ CHẾ TẠO BÊ TÔNG LẤP ĐẦY SAU VỎ HẦM

ĐẶNG VĂN KIÊN, ĐỖ NGỌC ANH\*  
TÔ QUANG BẢO \*\*

## *Study on the use of fly ash from the thermal power plant to create concrete filling behind tunnel lining*

*Summary: Fly ash utilization in concrete as partial replacement of cement is gaining importance. In Viet Nam, Fly Ash was used to as roller compacted concrete (RCC) of Son La hydroelectricity, rural road concrete and unburnt bricks. However, they have not been used in the rock/soil support such as backfill grout behind tunnel lining. The main objective of this research is to propose an optimized proportion of the FA of thermal power plants used in concrete mixture for backfill grout behind tunnel lining. This paper also presents the results of an experimental study using FA with the optimized proportion as cement at LAS-XD 891 of Cuu Long E&C Construction Consulting Company Limited, Hochiminh city, Vietnam. The study result can be concluded that cement replacement by FA is useful in lower grades of concrete such as M150 for backfill grout behind tunnel lining and in contributing to the environment protection. It is found that experimental work concrete mix prepared with maximum replacement of fly ash by 20%.*

**Keywords:** Fly ash; FA; grouting; backfill; behind tunnel lining

## 1. Đặt vấn đề

Hiện nay, EVN đang sở hữu và vận hành 12 nhà máy nhiệt điện (NMNĐ) than. Trong đó, có 10 nhà máy dùng than sản xuất trong nước được cấp từ Tập đoàn CN Than - Khoáng sản Việt Nam (TKV) và Tổng công ty Đông Bắc. Các nhà máy dùng than nhập khẩu là NMNĐ Duyên Hải 3, Vĩnh Tân 4 và tới đây là Duyên Hải 3 mở rộng và Vĩnh Tân 4 mở rộng sử dụng than bituminos và sub-bituminous. Tổng khối lượng than sử dụng trung bình năm là khoảng 34 triệu tấn, trong đó than nội địa là 25-27 triệu tấn và than nhập khẩu là 9-10 triệu tấn. Tổng khối lượng tro xỉ của các NMNĐ của EVN phát sinh trung bình trong một năm là 8,1 triệu tấn. Hiện tại, lượng tro xỉ

của một số Nhà máy nhiệt điện đã có phương án xử lý như làm vật liệu xây dựng, sản xuất bê tông đầm lăn tại một số dự án thủy điện, tuy nhiên tại một số nhà máy lượng tro xỉ đã đạt tối đa công suất của bãi thải như Mông Dương 1, Vĩnh Tân.... Tại Việt nam, tro xỉ (tro bay, tro đáy) đã được nghiên cứu ứng dụng trong một số lĩnh vực như bê tông đầm lăn trong Thủy điện, gạch không nung, sản xuất xi măng, và một số nghiên cứu ứng dụng chế tạo kết cấu chống mỏ hầm lò... Trong lĩnh vực giao thông, tro bay được sử dụng làm vật liệu san lấp, tuy nhiên chưa có những nghiên cứu ứng dụng cho kết cấu vỏ hầm, vữa lấp đầy. Tại Việt Nam, hầm đường bộ Hải Vân là hầm đường bộ trên quốc lộ 1A ở ranh giới tỉnh Thừa Thiên Huế và thành phố Đà Nẵng, miền Trung Việt Nam. Hầm Hải Vân xuyên qua núi, thay thế cho đường đèo Hải Vân vốn có nhiều đoạn nguy hiểm cho giao thông. Với chiều dài 6,28 km là hầm đường bộ dài nhất Đông Nam Á.

\* Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

\*\* Học viên cao học khóa 44- Trường Đại học Mỏ-Địa Chất

Email: kienxdn@gmail.com

Hầm được khởi công xây dựng ngày 27 tháng 8 năm 2000, và khánh thành ngày 5 tháng 6 năm 2005. Tổng chi phí cho toàn bộ Dự án Hầm đường bộ Hải Vân là 127.357.000 USD. Để giảm áp lực cho hầm Hải Vân 1, tháng 4 năm 2016 lãnh đạo Bộ Giao thông Vận tải đã đồng ý cho Công ty Cổ phần Đèo Cả triển khai dự án hầm đường bộ Hải Vân 2 dài 6.292 m, được thiết kế với chiều rộng 9,7 m; bao gồm 2 làn xe rộng 7 m, đường bộ hành, nằm song song với hầm Hải Vân 1. Tổng mức đầu tư ban đầu là 26.154 tỉ đồng, bao gồm giai đoạn 1: nâng cấp, sửa chữa hầm Hải Vân 1; và giai đoạn 2: tổ chức thi công hầm Hải Vân 2 với chiều dài toàn tuyến 12,4 km. Ngày 11 tháng 1 năm 2021, hầm đường bộ Hải Vân 2 được đưa vào khai thác. Theo Quy chuẩn của Việt Nam, khi đào bằng khoan nổ mìn luôn tồn tại khoảng trống lớn sau vỏ hầm cần phải sử dụng bê tông lấp đầy để tăng khả năng liên kết giữa vỏ hầm với đất đá, qua đó truyền đều tải trọng lên lớp vỏ hầm. Lượng bê tông lấp đầy là rất lớn trên toàn tuyến hầm vì hệ số thừa tiết diện cho phép luôn từ 1,05-1,15. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thành phần cấp phối vừa lấp đầy sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng trong cấp phối qua đó giảm khối lượng xi măng nhằm giảm chi phí xây dựng hầm cũng như góp phần giải quyết bài toán xử lý tro bay và bảo vệ môi trường.

## 2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Tình hình nghiên cứu sử dụng tro bay trên

Bảng 1. Tình hình phát thải và sử dụng phế thải nhiệt điện trên thế giới [1]

| TT | Nước/khu vực | Số liệu năm | Lượng chất thải (triệu tấn) | Lượng tái sử dụng (%) | Các ứng dụng chủ yếu                                                                           |
|----|--------------|-------------|-----------------------------|-----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Mỹ           | 2017        | 110                         | 52                    | Phụ gia khoáng cho bê tông, vữa; vật liệu đắp nền; Hoàn nguyên mỏ; Tấm thạch cao; Phụ gia,     |
| 2  | 15 nước EU   | 2016        | 48,3                        | 91                    | Phụ gia khoáng cho bê tông, nguyên liệu cho xi măng, tấm thạch cao; phụ gia khoáng cho xi măng |
| 3  | Nhật         | 2016        | 11                          | 96                    | Nguyên liệu, phụ gia khoáng cho xi măng, phụ gia khoáng cho bê tông                            |
| 4  | Thái Lan     | 2016        | 3                           | 84                    | Nguyên liệu, phụ gia khoáng cho xi măng, phụ gia khoáng cho bê tông                            |

### thế giới

Việc nghiên cứu xử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện đã được thực hiện trên thế giới từ những năm 1930, các nước phát triển đang sử dụng có hiệu quả toàn bộ tro xỉ trong xây dựng, giao thông, công nghiệp phân bón, chỉ một số ít là bị phế bỏ. Đối với nước ta, sự ra đời của các nhà máy nhiệt điện trong thời gian gần đây dẫn đến những lo ngại về môi trường, diện tích bề chứa và chi phí xử lý tro xỉ. Công tác nghiên cứu ứng dụng tro xỉ cũng đã được các nhà khoa học chú ý nghiên cứu trong mười năm trở lại đây. Tro xỉ đã được sử dụng trong một số lĩnh vực như thủy điện, giao thông và sản xuất xi măng... đặc biệt đã chú ý trong sản xuất bê tông cho các công trình xây dựng dân dụng và công nghiệp. Vấn đề sử dụng tro xỉ để thay thế một phần các vật liệu truyền thống trong chế tạo và sử dụng kết cấu chống giữ mỏ hầm lò vẫn là một vấn đề mới mẻ. Trong bối cảnh các loại vật liệu xây dựng truyền thống ngày càng cạn kiệt, giá thành cao thì việc nghiên cứu sử dụng các loại phế thải như tro xỉ nhà máy nhiệt điện, đá tại các bãi thải - vật liệu phi truyền thống là xu hướng phù hợp với hướng đi của thế giới và điều kiện của nước ta nhằm giảm nâng cao hiệu quả sản xuất khai thác và góp phần bảo vệ môi trường. Trên thế giới số lượng chất thải và tỉ lệ % tro bay tái sử dụng được thể hiện trên Bảng 1 [1].

| TT | Nước/khu vực | Số liệu năm | Lượng chất thải (triệu tấn) | Lượng tái sử dụng (%) | Các ứng dụng chủ yếu                                                                   |
|----|--------------|-------------|-----------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 5  | Trung Quốc   | 2017        | 440                         | 67                    | Nguyên liệu, phụ gia khoáng cho xi măng, phụ gia khoáng cho bê tông; gạch bloc bê tông |
| 6  | Hàn Quốc     | 2016        | -                           | 77                    | -                                                                                      |
| 7  | Ấn độ        | 2019        | 165                         | 62                    | Gạch bloc, xây dựng đường, sản xuất xi măng                                            |
| 8  | Australia    | 2018        | 12,8                        | 42                    | Phụ gi xi măng, san lấp mặt bằng, gạch lock, đắp nền.                                  |

Tro bay đã được sử dụng thay thế một phần xi măng nhằm giảm trọng lượng kết cấu, tăng độ mịn trong bê tông và khả năng chống ăn mòn như sử dụng tiếp xúc lớn chẳng hạn như sàn và cầu của cầu Skyway của Vịnh Tampa, Florida, Hoa Kỳ, cũng như sử dụng trong bê tông sàn và kết cấu đường của Ballabgarh Campus [2].

Đường hầm sông St. Clair mới được xây dựng vào năm 1993-1994 giữa Sarnia ở Ontario và Port Huron ở Michigan (Hình 1.1.a). Tại khu vực đường hầm đi qua, nước ngầm chứa clorua và sunfat, độ sâu nước ngầm trong khu vực là 35 m dẫn đến việc cần lựa chọn kết cấu vỏ hầm lắp

ghép phải có khả năng khuếch tán clorua và hạn chế độ thấm, do đó kết cấu vỏ bê tông lắp ghép có sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng đã được lựa chọn. Bê tông được sản xuất tại một nhà máy bê tông trộn sẵn tại địa phương và giao trong một máy trộn trung gian đến nhà máy bê tông đúc sẵn. Bê tông tro bay đáp ứng các giới hạn cường độ và tính thấm nhưng thường không đáp ứng hệ số khuếch tán clorua sau 120 ngày. Ngoài ra, tro bay được sử dụng làm bê tông liên khối tại dự án hầm metro Delhi Metro Rail Corporation như (Hình 1.1.b) [3].



a) Vỏ chống đúc sẵn cho đường hầm xây dựng dưới sông St. Clair giữa Sarnia, Ontario và Port Huron, Michigan, Hoa Kỳ [4]



b) Tro bay được sử dụng làm bê tông liên khối tại dự án hầm metro Delhi Metro Rail Corporation, Ấn Độ [3]

Hình 1. Vỏ chống đường hầm sử dụng tro bay

Trong quá trình tính toán, thi công và nghiệm thu, phương pháp thử nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C289 cho thấy khả năng chống lại sự phá hủy của kiềm - Silica của cốt liệu và Phương pháp thử nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C227.

Bê tông tro bay cũng còn được sử dụng để xây dựng tòa nhà Khoa học máy tính của đại học York, Hoa Kỳ hay Tòa nhà Prudential Building ở Chicago (Mỹ) [7]. Tổ hợp chung cư cao tầng Bayview được xây dựng tại Vancouver giữa năm

1999 và 2001 và bao gồm 30 tầng nhà ở và khoảng 3000 m<sup>2</sup> của không gian thương mại.

## 2.2. Tình hình nghiên cứu sử dụng tro bay tại Việt Nam

Tại Việt Nam, theo thống kê của Tổng cục Năng lượng (Bộ Công thương), cả nước hiện có 19 nhà máy nhiệt điện chạy than đang hoạt động, với lượng tro xỉ thải ra khoảng 14,4 triệu tấn/năm. Dự kiến, đến năm 2022, sẽ có khoảng 43 nhà máy nhiệt điện chạy than, với lượng tro xỉ thải ra khoảng 29 triệu tấn/năm. Lượng tro xỉ

ngày càng tăng đã gây lo ngại về việc không đủ bãi chứa tro xỉ và ô nhiễm môi trường vì hiện nay, lượng tro xỉ mới tiêu thụ được khoảng ba đến bốn triệu tấn/năm, chủ yếu sử dụng làm vật liệu không nung, nền đập một số thủy điện như Sơn La, , đường giao thông... Trong khi đó, ở các nước phát triển, phần lớn tro xỉ nhiệt điện đã được nghiên cứu, tái sử dụng làm bê - tông và phụ gia xi-măng. Thống kê khối lượng ro xỉ thải ra tại các nhà máy nhiệt điện của Việt Nam được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2. Thống kê khối lượng tro xỉ thải ra tại các nhà máy nhiệt điện của Việt Nam [4]

| TT          | NMNĐ         | Diện tích bãi tro xỉ được cấp, ha | Khối lượng tro xỉ thải ra tr.tấn/năm | Tổng khối lượng đang chứa, tr.tấn | Số năm còn đủ chứa, năm |
|-------------|--------------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| 1           | Phả Lại      | 27,7                              | 0,802                                | 0                                 | 25,0                    |
| 2           | Uông Bí MR   | 29,0                              | 0,337                                | 0,75                              | 4,5                     |
| 3           | Quảng Ninh   | 15,0                              | 0,945                                | 4,80                              | 7,0                     |
| 4           | Hải Phòng    | 56,0                              | 0,949                                | 1,0                               | 3,0                     |
| 5           | Nghi Sơn 1   | 74,7                              | 0,359                                | 0,85                              | 6,3                     |
| 6           | Vĩnh Tân 2   | 38,37                             | 1,371                                | 3,90                              | 2,9                     |
| 7           | Vĩnh Tân 4   | -                                 | 0,544                                | -                                 | -                       |
| 8           | Duyên Hải 1  | 31,0                              | 1,006                                | 1,73                              | 1,4                     |
| 9           | Duyên Hải 3  | 29,0                              | 1,112                                | 0,065                             | 9,6                     |
| 10          | Mông Dương 1 | 24,0                              | 1,125                                | 1,70                              | 0,8                     |
| 11          | Na Dương 1   | 57,6                              | 0,485                                | 2,002                             | 15,0                    |
| 12          | Cao Ngạn     | 4,4                               | 0,260                                | 1,806                             | 10,0                    |
| 13          | Sơn Động     | 2,2                               | 0,605                                | 2,020                             | 4,0                     |
| 14          | Đông Triều   | 24,0                              | 1,048                                | 1,255                             | 7,0                     |
| 15          | Cẩm Phả 1+2  | 47,0                              | 1,530                                | 5,535                             | 6,0                     |
| 16          | Nông Sơn     | 10,7                              | 0,052                                | 0,108                             | 25,0                    |
| <b>Tổng</b> |              |                                   | <b>12,530</b>                        | <b>27,521</b>                     |                         |

Trong thời gian qua Viện Khoa học Công nghệ Mỏ – TKV cũng đã nghiên cứu sử dụng tro, xỉ thải của một số nhà máy nhiệt điện thuộc TKV để sản xuất vật liệu xây dựng, kết cấu chống lò như bê tông phun. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu, nhóm thực hiện đề tài của Viện Khoa học công nghệ Mỏ đã tiến hành áp dụng thử nghiệm tro, xỉ nhiệt điện đốt theo công nghệ tăng sôi tuần

hoàn của một số nhà máy nhiệt điện TKV tại đường lò xuyên vỉa + 30 Công ty than Hồng Thái. *Đoạn lò thử nghiệm có chiều dài 100m nằm trong đá có độ kiên cố  $f = 4-6$  là loại bột kết. Chiều dày lớp bê tông phun trung bình khoảng 3cm. Chi phí xi măng cho 1m<sup>3</sup> bê tông phun từ 380 - 400kg. Để giảm lượng bám dính gây tắc đường ống và giảm độ nhớt của vữa bơm nhưng không giảm cường*

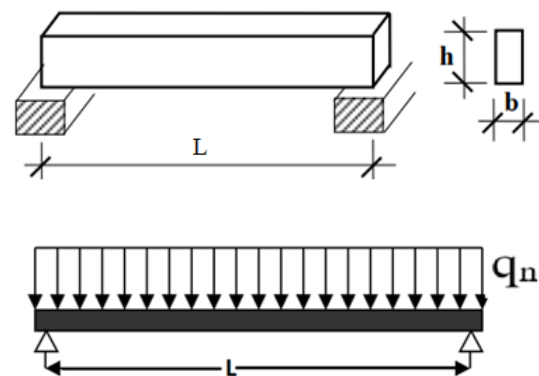
độ của vỏ bê tông phun, nhóm thực hiện đề tài đã sử dụng cấp phối bê tông phun bao gồm xi măng: cát thô: nước. Kết quả độ bền nén khi thí nghiệm hiện trường đều đạt theo thiết kế (180-200 kG/cm<sup>2</sup>) [8].

Sử dụng vỏ bê tông phun cốt liệu xi nhiệt điện mang lại hiệu quả kinh tế, xã hội tích cực, có thể sử dụng phần lớn xỉ thải kết hợp với một lượng cát xây dựng để phun. Để chất lượng vỏ bê tông phun cao cần sử dụng phụ gia hoá dẻo, phụ gia hoá siêu dẻo để tăng độ bền kéo, cũng như tính đàn hồi của vỏ bê tông phun. Việc sử dụng triệt



để tro, xỉ thải góp phần hạn chế bãi chứa, nhưng cơ bản là giảm thiểu tính độc hại do tác động của tro, xỉ thải đối với môi trường và đối với đời sống của người dân gần các nhà máy nhiệt điện.

Ngoài ra nhóm nghiên cứu của bộ môn Xây dựng Công trình ngầm và Mỏ - Trường Đại học Mỏ - Địa chất kết hợp với công ty cổ phần đầu tư mỏ và công nghiệp -TKV nghiên cứu, chế tạo và thử nghiệm thành công tro bay thay thế một phần xi măng, tro xỉ đáy thay thế một phần cát chế tạo tấm chèn lò [5-6], [11] (Hình 2).



Hình 2. Hình ảnh tấm chèn bê tông cốt thép sử dụng thực tế (a); mô hình tính toán tấm chèn (b) và sơ đồ tải trọng trong đất đá tác dụng lên tấm chèn (c)

Tính toán khả năng mang tải của dầm với các số liệu ban đầu: dầm có tiết diện hình chữ nhật bxh; cm. Bê tông với mác xác định có cường độ chịu nén ( $R_u$ , kG/cm<sup>2</sup>), cốt thép chịu lực trong tấm chèn thuộc nhóm AII với diện tích,  $F_a$ , cm<sup>2</sup>, cốt đai  $\phi 6$ , chiều dày lớp bảo vệ cốt thép a; cm.

### 3. Nghiên cứu sử dụng tro bay của nhà máy nhiệt điện để chế tạo bê tông lấp đầy sau vỏ hầm

#### 3.1. Một số đặc điểm và quy định về vữa lấp đầy sau vỏ hầm

Việc bơm vữa sau vỏ hầm toàn khối được tiến hành trên từng đoạn dài 20 - 30m, sau khi bê tông đạt cường độ thiết kế theo Tiêu chuẩn Việt Nam. TCVN 4528:1988. Nhóm hầm đường sắt và hầm đường ô tô - quy phạm thi công, nghiệm thu [10].

Bơm vữa sau vỏ hầm lấp ghép được tiến hành như sau:

+ Ở phần dưới, việc bơm vữa được tiến hành như đặt các khối đến hết chiều cao tường bên của vỏ hầm, còn ở phần trên thì bơm vữa sau khi đã lấp xong toàn bộ vỏ hầm. Trong nền đất ổn định có hệ số kiên cố  $f_{kp}$  lớn hơn hoặc bằng 1,5 cho phép bơm vữa đến hết chiều cao của tường bên, sau khi lấp xong vỏ hầm tiếp tục bơm vữa phần trên. Hai đợt bơm vữa này không được cách nhau quá 3 ngày. Quá trình bơm vữa sau vỏ hầm cho mỗi đoạn phải tiến hành liên tục cho đến lúc xong đoạn đó. Việc bơm vữa sau vỏ hầm lấp ghép được kết thúc khi thấy vữa trào ra ở lỗ kiểm tra trên đỉnh hầm. Việc bơm vữa sau vỏ hầm toàn khối được kết thúc khi vữa ngừng chảy vào từ 10 đến 15 phút với áp lực bơm vữa không lớn hơn 4at.

+ Việc bơm vữa kiểm tra (đợt hai) cần tiến hành với trị số áp lực bơm vữa kiểm tra phải được tính toán và thí nghiệm tại thực địa. Thành phần vữa xi măng để chèn lấp sau vỏ hầm tính theo tỷ



lệ trọng lượng giữa xi măng với nước là 1/4 và xi măng với cát là 1/1 đến 1/2, với loại xi măng poocăng có mác từ 300daN/cm<sup>2</sup> trở lên. Cho phép trộn chất phụ gia tăng độ linh động vào vữa, ở nơi có nước ngầm cho phép trộn phụ gia đông cứng nhanh. Thành phần và tỉ lệ chất phụ gia theo thiết kế. Phần chèn lấp sau vỏ hầm hay nền đất, đá sau vỏ hầm có nhiều nứt nẻ, có khả năng thấm nước ít hơn 10lit/phút có thể bơm vữa xi măng để gia cố. Tỷ lệ giữa nước với xim măng theo trọng lượng cần áp dụng từ 4/1 đến 0,5/1 và áp lực bơm tăng dần từ 0,5at đến 4at. Khi phần chèn lấp hoặc nền đất, đá sau vỏ hầm có khả năng thấm nước lớn hơn 10lit/phút thì dùng vữa xi măng theo điều 5.23 để bơm.

### 3.2. Kết quả nghiên cứu xác định cấp độ bền của bê tông lấp đầy

Mẫu bê tông dùng cho thí nghiệm nén là mẫu trụ 150x300 mm. Thí nghiệm cường độ nén theo tiêu chuẩn TCVN 3118-2022. Mẫu thí nghiệm được nén trên máy nén TYA 2000. Nén mẫu ở tuổi 7 ngày và 28 ngày để theo dõi và xác định cường độ chịu nén. Cường độ chịu nén của bê tông là một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất của bê tông, đây là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng của bê tông. Có thể nói cường độ là bức tranh tổng quát về chất lượng của bê tông vì cường độ của bê tông liên quan trực tiếp đến cấu trúc của đá xi măng và cấu trúc của bê tông. Mặc dù cường độ không trực tiếp ảnh hưởng đến các tính chất khác của bê tông, nhưng cường độ phụ thuộc rất lớn vào tỷ lệ nước/xi măng và cấu trúc của bê tông. Mà tỷ lệ nước/xi măng và cấu trúc lại ảnh hưởng rất lớn đến độ bền, độ ổn định thể tích và nhiều tính chất khác liên quan đến độ

rõng của bê tông. Do đó cường độ chịu nén của bê tông thường được sử dụng để phân cấp (mác), để kiểm soát và đánh giá chất lượng bê tông. Cường độ của bê tông phụ thuộc vào cường độ của đá xi măng, cường độ vùng chuyển tiếp và chất lượng cốt liệu. Chi tiết hơn, cường độ của bê tông phụ thuộc vào các yếu tố như: tỷ lệ N/CDK; chất lượng và hàm lượng của các vật liệu thành phần; chất lượng thi công (trình tự và thời gian nhào trộn hỗn hợp vật liệu, chế độ bảo dưỡng, khả năng kiểm soát chất lượng....); mức độ thủy hoá của xi măng; tốc độ tăng tải; phương pháp thí nghiệm và kích thước mẫu thử.

Tại phòng thí nghiệm vật liệu và kiểm định xây dựng LAS-XD 891 trực thuộc Công ty TNHH Tư Vấn Xây Dựng Cửu Long E&C, các mẫu được chế tạo bằng cách thay đổi hàm lượng tro bay thay thế xi măng trong cấp phối chế tạo mẫu gồm 10%; 15%, 20%, 25%, 30%. Chi tiết các tổ mẫu chuẩn bị cho thí nghiệm thể hiện trên Bảng 3. Việc thí nghiệm độ sụt, độ bền mẫu tại các thời điểm khác nhau sẽ cho phép đánh giá đầy đủ về sự ảnh hưởng của hàm lượng tro bay trong bê tông cũng như tìm được hàm lượng thích hợp của tro bay để chế tạo tấm chèn lò. Kết quả, sau khi chế tạo mẫu, độ sụt được đo tại phòng thí nghiệm và tìm ra mối quan hệ giữa lượng nước của cấp phối bê tông với hàm lượng tro bay như Hình 5. Theo kết quả, độ sụt của cấp phối bê tông sẽ tăng dần cùng với sự tăng của hàm lượng tro bay được thay thế trong bê tông.

Kết quả tính toán thành phần cấp phối của bê tông sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng thể hiện trên Bảng 3. Kết quả độ bền nén và độ bền kéo.

Bảng 3. Cấp phối của bê tông sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng

| Thành phần cấp phối bê tông | Thành phần vật liệu cho bê tông (1m <sup>3</sup> ) |              |         |               |                 |            |
|-----------------------------|----------------------------------------------------|--------------|---------|---------------|-----------------|------------|
|                             | XM (kg)                                            | Tro bay (kg) | Đá (kg) | Cát sông (kg) | Cát nghiền (kg) | Nước (lít) |
| C15MPa (10% tro bay)        | 261                                                | 29           | 1099    | 531           | 354             | 170        |
| C15MPa (15% tro bay)        | 246.5                                              | 44           | 1099    | 531           | 354             | 170        |
| C15MPa (20% tro bay)        | 232                                                | 58           | 1099    | 531           | 354             | 170        |



|                      |       |    |      |     |     |     |
|----------------------|-------|----|------|-----|-----|-----|
| C15MPa (25% tro bay) | 217.5 | 73 | 1099 | 531 | 354 | 170 |
| C15MPa (30% tro bay) | 203   | 87 | 1099 | 531 | 354 | 170 |

### 3.3. Công tác đúc mẫu và thí nghiệm bê tông lắp đầy

#### Chuẩn bị vật liệu thí nghiệm

- Cốt liệu đá, cát tiến hành các thí nghiệm kiểm tra thỏa mãn tiêu chuẩn ASTM C33 và tham khảo các tiêu chuẩn TCVN 7570:2006, TCVN 7572:2006.

- Xi măng sử dụng Fico PCB40 đạt TCVN 6260:2009.

- Tro bay được lấy từ nhà máy nhiệt điện Vĩnh Tân 1 theo tiêu chuẩn TCXD TCVN 8827:2011.

- Nước sử dụng đạt tiêu chuẩn theo TCVN 4506:2012.

#### Trộn cấp phối

- Định lượng: Lượng dùng vật liệu cho mỗi mẻ trộn được định lượng chính xác, nhằm đảm bảo đạt các chỉ tiêu của cấp phối đã được thiết kế.

- Các tỉ lệ của cốt liệu + xi măng trộn được xác định kỹ càng trước khi cho vào máy trộn.

- Theo một số nghiên cứu về bê tông xi măng đã thực hiện thí nghiệm tại phòng thí nghiệm với quy trình trộn (có tham khảo hướng dẫn của châu Âu) theo trình tự:

**Bước 1:** Trộn khô: Đây là giai đoạn trộn khô hỗn hợp cốt liệu với hỗn hợp chất kết dính để tạo sự đồng nhất ban đầu. Trước tiên cho đá, cát, xi măng, tro bay và phụ gia vào máy trộn. Đóng nắp thùng trộn và tiến hành trộn đều trong khoảng 2 phút.



Hình 3. Trộn khô hỗn hợp gồm cát, đá nghiền,

xi măng, tro bay

**Bước 2:** Trộn ướt, cho 50% nước vào trộn trong 1 phút

**Bước 3:** Sau 15s cho 50% nước còn lại vào trộn trong 1 phút

#### Chế tạo mẫu thí nghiệm

- Mẫu hình trụ kích thước 150x300 mm để xác định cường độ chịu nén và mẫu dầm có kích thước 150x150x600 mm để xác định khả năng chịu kéo khi uốn. Chế tạo và bảo dưỡng mẫu trong phòng thí nghiệm theo tiêu chuẩn ASTM C192. Mẫu được đầm chặt bằng cách đầm thủ công. Bảo dưỡng ban đầu trong khuôn thép 24 giờ rồi bảo dưỡng tiếp cho đến tuổi thí nghiệm 7 ngày và 28 ngày trong bể ngâm mẫu đựng nước.

#### Đúc và bảo dưỡng mẫu thử

Việc đúc và bảo dưỡng các mẫu bê tông thực hiện theo TCVN 3105-2022. Việc đúc mẫu tiến hành như sau:

- Trước khi đúc, các khuôn mẫu được quét một lớp dầu mỡ để dễ tháo khuôn.

- Đổ hỗn hợp vào khuôn thành một lớp với khuôn có chiều cao 150 mm trở xuống, thành 2 lớp với khuôn có chiều cao trên 150 mm. Đổ xong lớp đầu thì kẹp chặt khuôn lên bàn rung tần số 2800÷3000 vòng/phút, biên độ 0,3÷0,5 mm rồi rung cho tới khi thoát hết bọt khí lớn và hồ xi măng nổi đều. Sau đó đổ và đầm như vậy tiếp lớp 2. Cuối cùng dùng dụng cụ gạt bỏ hỗn hợp thừa và xoa phẳng mặt mẫu.

Mẫu thử sau khi đúc xong cần để gọn vào nơi khô ráo, thoáng gió, tránh sự tiếp xúc trực tiếp của ánh nắng mặt trời nhằm tránh hiện tượng co ngót cục bộ do mất nước. Sau 24 giờ kể từ khi đúc tiến hành tháo khuôn, đánh ký hiệu ghi rõ: mã mẫu, ngày thí nghiệm để thuận tiện cho việc thí nghiệm sau này, rồi bảo dưỡng tiếp trong bể cho đến ngày thí nghiệm nén mẫu. Mẫu được vớt ra khỏi bể 1 ngày trước lúc nén và để mẫu trong phòng thí nghiệm đảm bảo nhiệt độ và độ ẩm.

Tiến hành thí nghiệm nén và uốn tại LAS-XD 891 trực thuộc Công ty TNHH Tư Vấn Xây Dựng Cửu Long E&C như Hình 4 và Hình 5. Kết quả mối liên hệ giữa lượng nước với hàm lượng tro bay thể hiện trên Hình 6. Quá trình phát triển cường độ của bê tông thể hiện trên Bảng 4 và Hình 7. Kết quả cường độ chịu kéo khi uốn của mẫu được thể hiện trên Bảng 5 và Hình 8.



Hình 4. Mẫu bê tông lập đầy 30% tro bay sau khi nén tại LAS-XD 891 trực thuộc Công ty TNHH Tư Vấn Xây Dựng Cửu Long E&C



Hình 5. Thí nghiệm độ bền kéo của mẫu quá thí nghiệm uốn tại LAS-XD 891

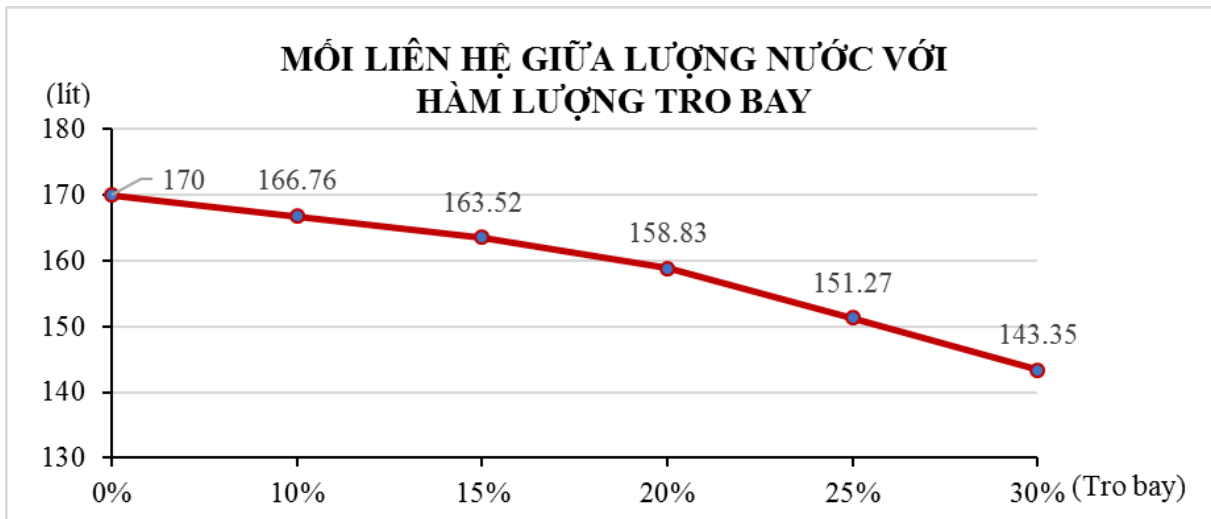
Bảng 4. Kết quả độ bền nén

| STT | Tên mẫu trụ (15x30cm) | Tỉ lệ tro bay thay thế, (%) | Độ bền nén R7 (Mpa)      | Độ bền nén R28 (Mpa) |
|-----|-----------------------|-----------------------------|--------------------------|----------------------|
|     |                       |                             | Giá trị trung bình 3 mẫu |                      |
| 1   | B 0                   | 0                           | 12,1                     | 16,5                 |
| 2   | B 10                  | 10                          | 11,7                     | 16,05                |
| 3   | B 15                  | 15                          | 11,25                    | 15,75                |
| 4   | B 20                  | 20                          | 10,65                    | 15,3                 |
| 5   | B 25                  | 25                          | 10,2                     | 13,5                 |
| 6   | B 30                  | 30                          | 9                        | 12,75                |

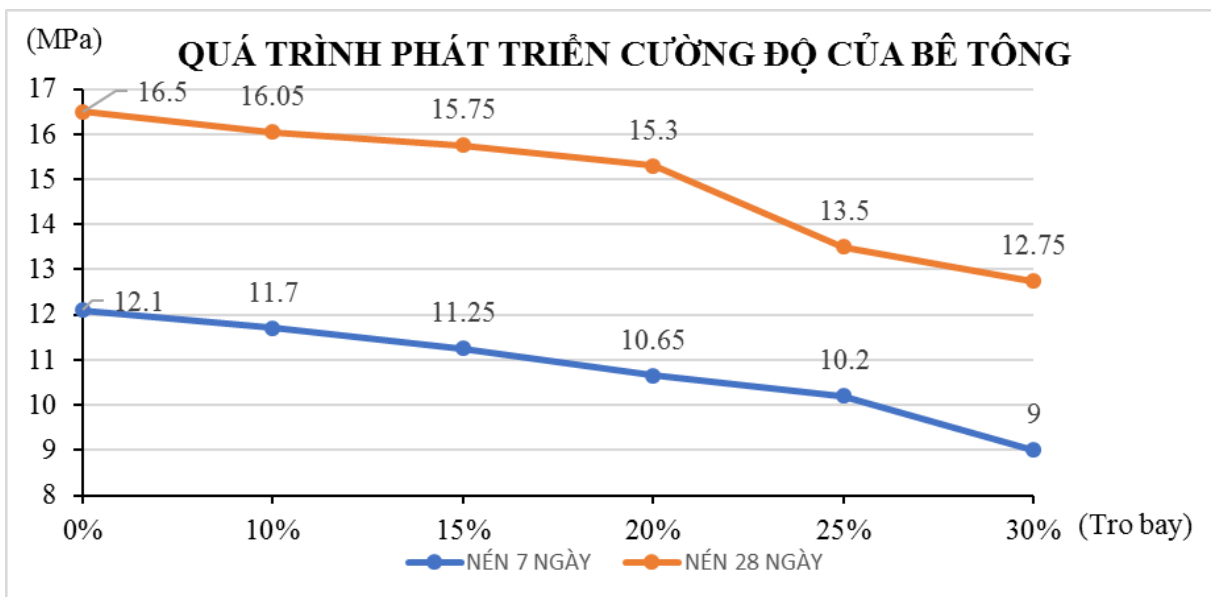
Bảng 5. Kết quả độ bền uốn

| STT | Tên mẫu (15x15x60cm) | Tỉ lệ tro bay thay thế, % | Độ bền uốn R28 (daN/cm <sup>2</sup> ) |
|-----|----------------------|---------------------------|---------------------------------------|
|     |                      |                           | Giá trị trung bình 3 mẫu              |
| 1   | B 0                  | 0                         | 18,42                                 |
| 2   | B 10                 | 10                        | 16,58                                 |
| 3   | B 15                 | 15                        | 15,51                                 |
| 4   | B 20                 | 20                        | 14,43                                 |

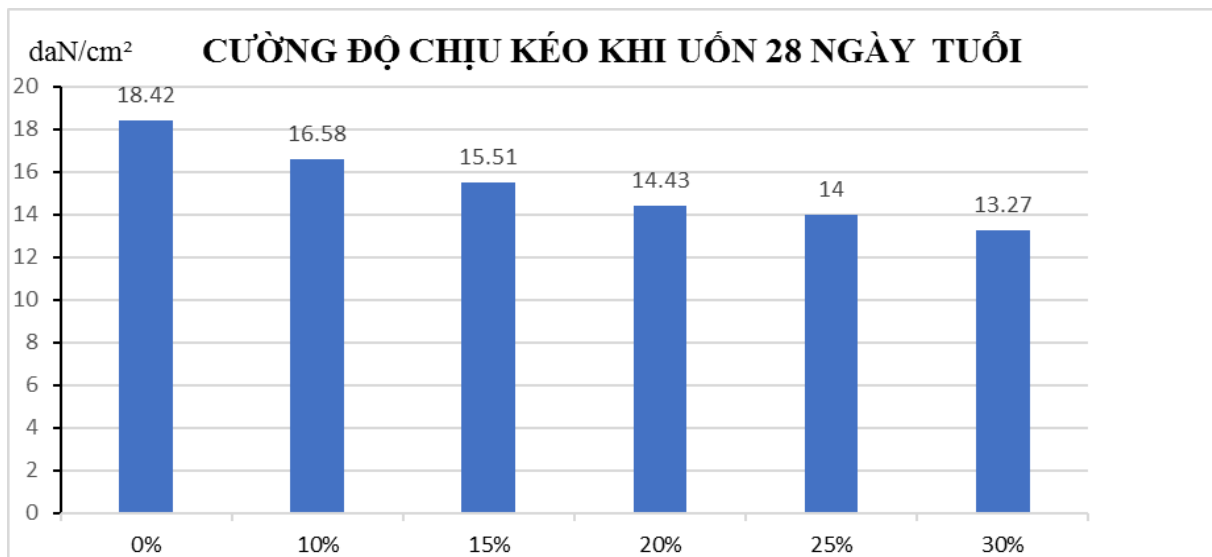
|   |      |    |       |
|---|------|----|-------|
| 5 | B 25 | 25 | 14,00 |
| 6 | B 30 | 30 | 13,27 |



Hình 6. Mối liên hệ giữa lượng nước với hàm lượng tro bay



Hình 7. Quá trình phát triển cường độ của bê tông



Hình 8. Cường độ chịu kéo khi uốn của bê tông

#### 4. Kết quả và thảo luận

- Cường độ của bê tông phụ thuộc vào các yếu tố như chỉ tiêu cơ lý của cốt liệu, tỷ lệ cốt liệu nhỏ/cốt liệu lớn và độ bám kết giữa xi măng với cốt liệu. Bê tông có mác thông thường, khi chịu nén thường bị phá hủy chủ yếu tại vùng chuyển tiếp giữa đá xi măng và cốt liệu.

- Bê tông lấp đầy sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng sẽ phải giảm lượng nước để đảm bảo độ sụt.

- Cường độ của bê tông C15 sử dụng tro bay thay thế một phần xi măng với tỉ lệ 20% thay thế xi măng thì đạt cường độ 15,3MPa, chịu kéo khi uốn 14,43 daN/cm<sup>2</sup>, thì hoàn toàn có thể đáp ứng được cho việc áp dụng cho hạng mục sử dụng bê tông lấp đầy trong dự án hầm giao thông.

#### 5. Kết luận

Căn cứ vào kết quả áp dụng thử nghiệm bước đầu cho thấy tro bay có thể thay thế một phần xi măng trong chế tạo vữa lấp đầy các đường hầm giao thông, thủy điện với tỉ lệ tối đa 20%. Do xi măng trong bê tông được thay thế bằng tro bay nên tấm chèn chế tạo từ tro bay nhẹ hơn so với tấm chèn bê tông cốt thép truyền thống, dẫn đến giảm khối lượng vận chuyển, giảm sức lao động cho công nhân, đặc biệt là khi khai thác tại các dự án xuống sâu. Kết quả nghiên cứu đề tài cho thấy tỉ lệ 30% tro bay thay thế xi măng trong bê tông M200 chế tạo tấm chèn là hợp lý vừa đảm

bảo độ bền yêu cầu kỹ thuật vừa mang lại hiệu quả kinh tế như tiết kiệm 37,53 kg/ m<sup>3</sup> vật liệu; giảm 1-3kg trọng lượng 1 tấm chèn so với tấm chèn chế tạo từ bê tông thường (tùy thuộc chiều dài tấm chèn) và tiết kiệm khoảng một nghìn Việt Nam đồng so với giá tấm chèn truyền thống.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Báo cáo của Viện khoa học công nghiệp, Đại Học Tokyo. 2018. Phân tích việc sử dụng tro xỉ than thải ra từ các nhà máy nhiệt điện ở Việt nam. Viện khoa học công nghiệp, Đại Học Tokyo, Nhật Bản.

[2] Fly Ash Facts for Highway Engineers / Chapter 3 - Fly Ash in Portland Cement Concrete. US. Department of transportation. <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/fach03.cfm>

[3] Fly Ash For Cement Concrete. Fly ash utilization division. Resource For High Strength and Durability of Structures at Lower Cost. NTPC Bhawan, SCOPE Complex, 7, Institutional Area, Lodi Road, New Delhi- <https://www.ntpc.co.in>.

[4] Hội đập lớn và phát triển nguồn nước Việt Nam. Tro bay sử dụng cho bê tông đầm lăn ở các dự án thủy điện. <http://www.vncold.vn/Web/Content.aspx?distid=839>

[5] TS. Đặng Văn Kiên, GS.TS.NGND. Võ

Trọng Hùng, TS. Đỗ Ngọc Anh, Th.S. Phạm Tuấn Anh, 2019. Nghiên cứu chế tạo tấm chèn lò bê tông cốt thép từ xỉ tro của nhà máy nhiệt điện tại các mỏ hầm lò của Việt Nam. *Hội Thảo Khoa học & Công nghệ Mỏ toàn quốc 2019*. Nhà xuất bản công thương, tháng 8 năm 2019. ISBN. 978-604-931-849-8.

[6] Kien Van Dang, Ha Van Truong và Anh Tuan Pham, 2020. Experimental study on use fly ash in underground construction concrete, *Journal of Mining and Earth Sciences*, Vol 61, Issue 3 (2020) 60-67. <http://tapchi.humg.edu.vn/vi/archives?article=1239>

[7] Michael Thomas, Ph.D., P.Eng. Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete Microstructural approach in damage. The 2nd international conference on dynamics and control. January, 2007, 23-26, Norfolk, Janpan, 377-387.

[8] Phạm Minh Đức, Lê Văn Công. Sử dụng tro, xỉ từ các nhà máy nhiệt điện làm vật liệu chống lò. Thông tin KH&CN Mỏ. Viện Khoa học

công nghệ Mỏ.

[9] Phạm Tuấn Anh, Nguyễn Tiến Mạnh, Đặng Văn Kiên và n.n.k. báo cáo tổng kết kết quả nghiên cứu của đề tài nghiên cứu thiết kế, chế tạo tấm chèn lò từ tro xỉ của nhà máy nhiệt điện Mã số đề tài: KC.04.Đ25-19/16-20 Thuộc nhiệm vụ KH&CN. Cơ quan quản lý: Tập đoàn Công nghiệp Than - Khoáng sản Việt Nam. Hà Nội tháng 7/2020.

[10] Tiêu chuẩn Việt Nam. TCVN 4528:1988. Nhóm hầm đường sắt và hầm đường ô tô - quy phạm thi công, nghiệm thu. Railway and highway tunnels – Codes for construction, check and acceptance.

[11] Van Kien Dang, Trong Hung Vo, Research on the Use Coal Bottom Ash from Thermal Power Plants for Making Concrete Lagging at Underground Mines in Quangninh Coal Area. International Symposium Hanoi Geoengineering 2022 Innovative Geosciences, Circular Economy and Sustainability, Hanoi, 02-2022.