

TẠP CHÍ

# GIAO THÔNG

ISSN 2354-0818

CƠ QUAN CỦA BỘ GIAO THÔNG VẬN TẢI

Tập 64 số 10/2024 (746) | tapchigiaothong.vn | e-ISSN 2615-9791

vận tải



ỨNG PHÓ VÀ KHẮC PHỤC HẬU QUẢ THIÊN TAI  
VỚI HẠ TẦNG GIAO THÔNG



**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 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.gttvt@gmail.com

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

**Thư ký - Biên tập**  
Điện thoại: (024) 3942.0744  
Email: phongtkts.gttvt@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

**PHÒNG PHÓNG VIÊN - TẠP CHÍ ĐIỆN TỬ**  
Điện thoại: (024) 3942.8737  
Email: phongpv.gttvt@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:** Ứng phó và khắc phục hậu quả thiên tai  
với hạ tầng giao thông  
Trình bày bìa: Sinh Nguyễn



# GIAO THÔNG

## TRANSPORT MAGAZINE

**vận tải**

# Mục lục

**CONTENTS** • **THÁNG 10** • **(NĂM THỨ 64)**

- 04** Thiên tai tác hại hàng đầu với công trình giao thông  
The most damaging effects of natural disasters on transport structures  
**KHÁNH LÊ**
- 06** Công trình giao thông phòng chống thiên tai thế nào?  
How can transport structures prevent natural disasters?  
**NAM HẢI**
- 08** Khắc phục thiệt hại thiên tai khi kinh phí thiếu, định mức thấp  
Overcoming the damages of natural disasters: insufficient funds and inadequate norms  
**MINH TÙNG**
- 10** Bất cập cơ chế xử lý, khắc phục khẩn cấp thiệt hại cầu đường do thiên tai  
Unsuitable mechanism for urgent handling of road and bridges damages caused by natural disasters  
**VĂN TÙNG**
- 12** Cách nào hạn chế thiệt hại thiên tai, đảm bảo giao thông thông suốt?  
What measures should be used for minimizing damages by natural disasters and ensuring smooth traffic flow  
**KHÁNH HÀ**
- 14** Vì sao doanh nghiệp vận tải phải bắt buộc có bộ phận theo dõi ATGT?  
Why is it compulsory for transportation businesses to have traffic safety monitoring department  
**MINH THÀNH - VĂN HUỆ**
- 16** Viện Khoa học và Công nghệ GTVT: Nỗ lực đưa thành tựu nghiên cứu khoa học vào các công trình giao thông  
Institute of Transport Science and Technology: Efforts to bring scientific research achievements into traffic projects  
**BẢO CHÂU**
- 18** Thiết kế hệ thống điều khiển giám sát trạm điện kéo đường sắt đô thị  
Design of control-monitoring system for traction substations in urban railways  
**TS. ĐẶNG VIỆT PHÚC; TS. NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG**
- 22** Xác định tuổi thọ cắt mỏi của vật liệu dính bám lớp phủ bê tông asphalt trên bản mặt cầu bê tông  
Identifying the shear lifespan of adhesive material of concrete decks' asphalt surface  
**ThS. NCS. ĐINH QUANG TRUNG**  
**PGS. TS. TRẦN THỊ KIM ĐĂNG**  
**TS. NGÔ NGỌC QUÝ**
- 27** Nghiên cứu lựa chọn phương pháp sử dụng bột cao su phế thải tăng cường đặc tính kỹ thuật của bê tông nhựa nóng ở Việt Nam  
Research on selecting methods for using waste rubber powder to enhance the performance properties of hot-mix asphalt in Vietnam  
**ThS. NCS. NGUYỄN CHÍ CÔNG; PGS. TS. NGUYỄN QUANG PHÚC**  
**TS. LƯƠNG XUÂN CHIỂU**
- 31** Nghiên cứu ảnh hưởng hàm lượng cát mịn kết hợp cát nghiền và tro bay đến độ mài mòn của bê tông xi măng làm mặt đường ô tô  
Study on the effects of fine sand combined with manufactured sand and fly ash on abrasion resistance of cement concrete in highway pavement  
**PGS. TS. LÊ VĂN BÁCH; KS. NGUYỄN GIA VĂN; TS. TRẦN HỮU BẰNG**

# Mục lục

## CONTENTS

THÁNG 10 (NĂM THỨ 64)

- 35 Mô phỏng phá hoại kết cấu dưới các loại tải trọng khác nhau bằng phương pháp trường pha phát triển trên bài toán ba chiều  
Simulating structural damage under different load types using the phase field method based on the three-dimensional math problem  
TS. VŨ BÁ THÀNH  
KS. TRẦN MẠNH HÙNG
- 39 Bê tông cốt sợi thép phân tán và định hướng nghiên cứu áp dụng cho tấm bê tông xi măng mặt đường ô tô, sân bay  
Dispersed steel fiber reinforced concrete and research orientation applied to cement concrete slabs for road and airport pavements  
ThS. NCS. NGUYỄN TRINH TRỌNG PHỤNG  
PGS. TS. LÃ VĂN CHÂM  
TS. LƯƠNG XUÂN CHIỂU  
ThS. NGUYỄN CHÍ CÔNG
- 43 Tính toán hệ số khuếch tán ion clorua qua bê tông từ hệ số thấm nước sử dụng thuật toán học máy  
Estimating chloride ion diffusion coefficient in concrete from water permeability using machine learning algorithms  
KS. TRẦN THU MINH  
ThS. NCS. MAI HOÀNG ANH  
TS. TRẦN NGỌC HÒA  
PGS. TS. TRẦN THẾ TRUYỀN  
TS. HỒ XUÂN BA
- 47 Nghiên cứu sự thay đổi nội lực vỏ hầm khi thi công tuyến hầm metro số 1 TP. Hồ Chí Minh Bến Thành - Suối Tiên  
Study on the change in tunnel shell internal forces in the tunnelling process of Ho Chi Minh Metroline no.1 Ben Thanh - Suoi Tien Project  
TS. VŨ MINH NGÂN  
TS. PHẠM VĂN HÙNG  
ThS. VŨ THÁI LINH
- 50 Nghiên cứu thực nghiệm tăng cường tính chính xác lắp ráp hệ thống đường ống tàu thủy  
Experimental research for enhancing the accuracy of ship pipeline assembly  
TS. NGÔ GIA VIỆT
- 54 Ứng dụng kết cấu tấm thép lượn sóng làm tường vây hố đào trong thi công hạ tầng  
Applications of steel liner plates as excavation shoring structures for infrastructure construction  
PGS. TS. ĐẶNG ĐẶNG TÙNG  
TS. NGUYỄN CẢNH TUẤN  
Takeshi OKI; Satoshi KUBOTA; Fuuma YAMAZAKI
- 58 Phân tích kết cấu chống hỗn hợp trong xây dựng hầm theo công nghệ NATM bằng phương pháp số  
Structural analysis of composite support in tunnel construction using NATM technology with numerical method  
TS. NGUYỄN VĂN QUANG  
TS. PHÙNG BÁ THẮNG  
TS. VÕ NHẬT LUÂN
- 62 Xác định tương quan giữa mô-đun đàn hồi tĩnh và hệ số nền tĩnh của nền đất trong kết cấu mặt đường cứng đường ô tô và sân bay  
Determining the correlation between static elastic modulus and static foundation coefficient of subgrade in rigid road and airport pavements  
ThS. ĐỖ VĂN THÙY  
TS. NGUYỄN VĂN HIẾU  
GS. TS. PHẠM CAO THẮNG
- 66 Nghiên cứu sử dụng vỏ trấu thay thế một phần cát trong bê tông xi măng làm mặt đường giao thông nông thôn  
Using rice husk as partly replacement of sand in cement concrete for constructing rural road pavement  
TS. HUỖNH PHƯƠNG NAM  
ThS. NGUYỄN ĐỨC TUẤN  
ThS. LÊ TẤN THÀNH
- 70 Nghiên cứu thực nghiệm chế tạo hỗn hợp đá vữa nhựa (SMA) chất lượng cao sử dụng cốt liệu xỉ thép Formosa và sợi xơ dừa Việt Nam  
Experimental research on the production of high-quality stone-mastic asphalt (SMA) using Formosa steel slag aggregates and Vietnamese coconut fiber  
PGS. TS. NGUYỄN THANH SANG  
ThS. PHẠM TRUNG HẢI
- 76 Khảo sát ổn định trượt trôi nền đất yếu bằng bê phản áp có xét ảnh hưởng của lớp đất cứng ở phía dưới nền đường đắp  
Survey of slide stability in weak grounds using counterweight considering the effect of the hard soil layer under the employed road subbase  
TS. NGUYỄN MINH KHOA  
TS. ĐỖ MINH NGỌC  
ThS. NGUYỄN ANH TRẦN
- 80 Đánh giá khả năng tăng sức chịu tải của nền đất xung quanh cọc xi măng - đất cho nền công trình nhà xưởng  
Assessing the load-bearing capacity improvement of the soil surrounding cement-soil piles for the foundation of industrial buildings  
TS. NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG  
KS. PHAN THÁI DUY
- 84 Xác định nguyên nhân gây nứt và đánh giá hiệu quả giải pháp hạn chế nứt của xà mũ trụ cầu có dạng T ngược  
Determining the cause of cracks and evaluating the effectiveness of solutions to limit cracking of inverted-T bent caps  
ThS. NGUYỄN ĐỨC HIẾU  
ThS. ĐỖ THÀNH HIẾU
- 88 Nghiên cứu thực nghiệm xác định một số chỉ tiêu cường độ của bê tông sử dụng cát biển làm mặt đường ô tô  
Experimental research to determine concrete strength indicators when using sea sand for road surface construction  
TS. NGUYỄN TUẤN ANH  
PGS. TS. NGUYỄN VĂN LONG  
ThS. TRẦN ANH TUẤN
- 92 Ảnh hưởng của cỡ hạt lớn nhất danh định và loại nhựa đến các chỉ tiêu marshall của hỗn hợp bê tông nhựa thiết kế cho CHDCND Lào  
Effect of nominal maximum aggregate size and asphalt binders on the Marshall parameters of asphalt mixtures designed for the Lao People's Democratic Republic  
ThS. NCS. PHOUXAY KHAMKHANPOM  
PGS. TS. LÃ VĂN CHÂM  
TS. HOÀNG THỊ THANH NHÀN  
PGS. TS. NGUYỄN QUANG TUẤN
- 96 Đánh giá sự ảnh hưởng của các yếu tố môi trường bên ngoài đến hiệu quả hoạt động của các tuyến xe buýt tại Hà Nội  
Assessing the impacts of environmental factors on the operational efficiency of bus routes in Hanoi  
TS. TRẦN KHẮC DƯƠNG

## 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

**100** Nghiên cứu xây dựng mô hình Geoid cục bộ khu vực TP. Thủ Đức  
Research on building a local Geoid model for Thu Duc City  
**ThS. ĐỖ CÔNG HỮU**  
**ThS. TRẦN VĂN BẮC**

**104** Nghiên cứu hoạt động xử lý nước thải và đánh giá khả năng tái sử dụng nước tại Khu Công nghiệp Thạch Thất - Quốc Oai, Hà Nội  
Research on wastewater treatment activities and assessment of water reuse potential at Thạch Thất - Quoc Oai Industrial Park in Hanoi  
**ThS. PHẠM ĐỨC TIẾN; ThS. VŨ KIM HẠNH**

**107** Khảo sát tính chất cơ-điện của vật liệu đơn lớp WSe2  
Investigation electromechanical properties of material WSe2 monolayer  
**TS. ĐINH THẾ HÙNG**  
**ThS. NGUYỄN HOÀNG LINH**  
**PGS. TS. ĐỖ VĂN TRƯỜNG**  
**TS. TRẦN THẾ QUANG**

**110** State of the art on sectionally-based models for reinforced concrete members under toson and combined loading  
**Dr. NGUYEN TUAN ANH; Dr. LE DANG DUNG**

**114** Nghiên cứu nâng cao hiệu quả khai thác hệ thống giám sát và điều phối giao thông hàng hải tại các vùng nước cảng biển, luồng hàng hải  
Research on improving the efficiency of exploiting the maritime traffic monitoring and coordination system in seaport waters and shipping channels  
**TS. MAI BÁ LĨNH**

**117** Khảo sát, đánh giá nhu cầu đỗ xe trên đường ở TP. Hà Nội  
A survey and assessment of demands for on-street parking in Hanoi city  
**ThS. NCS. LÊ VĂN CHÊ**  
**TS. ĐẶNG MINH TÂN**  
**GS. TS. BÙI XUÂN CẬY**

**121** Gia cố nền công trình hiện hữu bằng giải pháp cọc ống thép phụt vữa  
Reinforcement of existing construction foundation with grouted steel pipe pile solution  
**TS. ĐẶNG XUÂN TRƯỜNG; ThS. NGUYỄN THỊ HUYỀN**  
**ThS. NGUYỄN THẮNG NHẬT QUANG**

**125** Các yếu tố cấu thành hoạt động thanh toán quốc tế dịch vụ logistics bằng đường sắt  
The components of international payment activities for railway logistics services  
**PGS. TS. NGUYỄN THỊ HỒNG HẠNH**  
**KS. VŨ ĐỨC QUÝ**

**128** Quản lý nhà nước về đầu tư hạ tầng giao thông trong điều kiện biến đổi khí hậu tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long  
State management of transport infrastructure investment in the context of climate change in the Mekong Delta Region  
**PGS. TS. TRẦN QUANG PHÚ**

**131** Vai trò của việc tăng lương trong việc tạo động lực cho người lao động: Từ lý thuyết đến ứng dụng thực tiễn tại một số nền kinh tế tiêu biểu trên thế giới  
The role of salary increases in motivating employees: From theory to practice in some typical economies around the world  
**ThS. NGUYỄN HỒNG VÂN**  
**TS. NGUYỄN MẠNH HÙNG**

**135** Ứng dụng mô hình Canvas xây dựng kế hoạch kinh doanh cho các doanh nghiệp tư vấn và xây dựng giao thông áp dụng mô hình kinh tế tuần hoàn  
Application of Canvas model to develop business plans for transport consulting and construction firms employing circular economy model  
**TS. ĐINH TRỌNG HÙNG**  
**ThS. ĐINH TRUNG HIẾU**  
**KS. BÙI MINH THẢO**

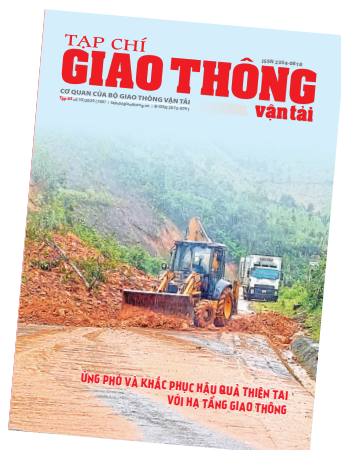
**139** Nghiên cứu các chỉ tiêu đánh giá hoạt động tổ chức thực hiện kế hoạch vốn đầu tư công xây dựng công trình giao thông tại Việt Nam  
An Investigation into the Criteria for Assessing Public Investment Capital Organizing Practices in the Transportation Infrastructure Development in Vietnam  
**ThS. TRẦN TUẤN PHONG**  
**PGS. TS. NGUYỄN LƯƠNG HẢI**

**143** Cải thiện hạ tầng và chất lượng dịch vụ đường sắt phục vụ khách du lịch  
Improving infrastructure and service quality of railways to enhance tourist experience  
**PGS. TS. NGUYỄN HỒNG THÁI**  
**ThS. LÊ DUY THẮNG**

**146** Tăng cường chuyển đổi số trong tổ chức công tác kế toán tại Công ty Cổ phần Vận tải Đường sắt Hà Nội  
Strengthening digital transformation in accounting work organization at Hanoi Railway Transport Joint Stock Company  
**TS. PHẠM THỊ LAN ANH**

**149** Phân tích định lượng nhu cầu của sinh viên ngành Kỹ thuật Xây dựng công trình giao thông với môn học tiếng Anh chuyên ngành công trình tại UTC  
Quantitative analysis of the demands for Civil Engineering English for Specific Purposes of UTC students majoring in Transport Construction Engineering  
**ThS. HOÀNG THANH THÚY**

**153** Ngành GTVT nỗ lực thực hiện mục tiêu chuyển đổi năng lượng xanh, giảm phát thải khí các-bon  
The Transport sector strives to achieve the goals of green energy conversion and reduction of carbon emissions  
**HOÀNG NGÂN**



**TỪ TRANG 156 ĐẾN 168  
LÀ CÁC BÀI VIẾT  
CỦA CÁC CHUYÊN MỤC:**

Quốc tế, Môi trường,  
Thế giới xe, Chuyên đề.

# Nghiên cứu sự thay đổi nội lực vỏ hầm khi thi công tuyến hầm metro số 1 TP. Hồ Chí Minh Bến Thành - Suối Tiên

■ TS. VŨ MINH NGẠN<sup>(\*)</sup>; TS. PHẠM VĂN HÙNG; ThS. VŨ THÁI LINH

Trường Đại học Mở - Địa chất

Email: <sup>(\*)</sup>vuminhngan@humg.edu.vn

**TÓM TẮT:** Tuyến hầm metro số 1 Bến Thành - Suối Tiên đã hoàn thành và các số liệu thu thập tại dự án đã và đang được nghiên cứu để ứng dụng vào các dự án xây dựng hầm metro tiếp theo. Vỏ hầm của tuyến metro không chỉ có vai trò là kết cấu chống chịu tác động của các ngoại lực mà còn đảm bảo an toàn các thiết bị và các hoạt động bên trong đường hầm. Vỏ hầm được lắp dựng ngay trong máy đào hầm TBM khi thi công hầm và chịu tải trọng thay đổi trong suốt quá trình thi công. Tuy nhiên, công tác thiết kế tính toán nội lực vỏ hầm metro mới chỉ xét đến hầm nằm ổn định mà chưa xét đến quá trình thi công. Nội dung bài báo trình bày nghiên cứu phân tích về nội lực của vỏ hầm trong quá trình thi công hầm tại dự án tuyến metro số 1 TP. Hồ Chí Minh.

**TỪ KHÓA:** Nội lực, thi công hầm, vỏ hầm, đô thị.

**ABSTRACT:** The Ho Chi Minh Metro Line No. 1 Ben Thanh - Suoi Tien tunnel has been completed, and the collected data should be studied for application in subsequent metro tunnel construction projects. The tunnel lining not only plays an important role in resisting external forces but also ensures the safety of the equipment inside the tunnel. The tunnel segments are installed directly within the TBM (Tunnel Boring Machine) during the construction process and bear varying loads throughout the construction. However, the design calculations for the internal forces of the metro tunnel lining have only considered the stabilized tunnel and have not taken the construction process into account. This article analyzes the change of internal forces of the tunnel lining during the construction process of the Ho Chi Minh Metro Line No. 1 project.

**KEYWORDS:** Internal forces, tunnelling, tunnel lining, city.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TP. Hồ Chí Minh hiện đang triển khai xây dựng một loạt các tuyến metro nhằm đáp ứng nhu cầu đi lại rất lớn

của người dân và tháo gỡ tình trạng tắc nghẽn giao thông. Tuyến hầm metro số 1 Bến Thành - Suối Tiên đã hoàn thành việc thi công và các số liệu thu thập tại dự án được nghiên cứu để ứng dụng vào các dự án tiếp theo. Vỏ hầm là bộ phận quan trọng của tuyến hầm vừa có vai trò là kết cấu chống chịu tác động của các ngoại lực vừa đảm bảo an toàn các thiết bị và các hoạt động khai thác bên trong đường hầm. Vỏ hầm được lắp dựng ngay trong máy đào hầm TBM khi thi công hầm và chịu tải trọng thay đổi trong suốt quá trình thi công.

Mô hình phân tích nội lực vỏ hầm được dùng phổ biến hiện nay trong các tài liệu hướng dẫn thiết kế hầm [1] được đề xuất bởi Duddeck và Erdmann (1985) [2] khi xét đến mô hình hầm trên nền đàn hồi bao gồm có giảm áp lực tại nóc hầm và mô hình liên tục, tương tác giữa vỏ hầm và môi trường đất xung quanh được thể hiện thông qua các lò xo đàn hồi.

Năm 2007, Oreste và nnk [3] đã phát triển phương pháp lực kháng đàn hồi HRM để tính toán nội lực trong vỏ hầm trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn cho trường hợp xây dựng hầm trong đá nhưng mô hình này chỉ xét đến biến dạng hướng tâm của vỏ hầm mà không xét đến các biến dạng theo phương tiếp tuyến với vỏ hầm. Đỗ Ngọc Anh và nnk (2014) [4] đã xét đến biến dạng theo phương tiếp tuyến với vỏ hầm khi đề xuất và phát triển mô hình của Oreste. Vũ Minh Ngạn và nnk (2017) [5] đã phát triển mô hình tính toán nội lực vỏ hầm dựa trên nghiên cứu [3] cho trường hợp thi công hầm nông trong đất yếu. Các mô hình chủ yếu phân tích nội lực của vỏ hầm khi xét hầm ở trạng thái ổn định với giả thiết là áp lực tác động lên vỏ hầm bằng ứng suất nguyên sinh trong đất.

Trong thực tế, khi xây dựng hầm bằng máy đào hầm TBM thì áp lực vừa lắp đẩy lớn so với áp lực đất và có thể gây hư hỏng cho hầm. Các dữ liệu thu thập được trong thực tế cho thấy áp lực tác động lên vỏ hầm đạt các giá trị lớn nhất trong vài giờ đầu tiên chỉ sau khi lắp đặt vỏ hầm [6] do áp lực phun vừa lắp đẩy. Nghiên cứu [7] đã cho thấy các giá trị áp lực sử dụng khi thi công hầm cao hơn so với áp lực đất ban đầu tại vị trí đặt hầm và chỉ ra xu thế sử dụng áp lực dung dịch thi công cao, tiệm cận giá trị áp lực lớn nhất cho phép khi thi công dự án hầm metro số 1 TP. Hồ Chí Minh. Do vậy, tính toán biến dạng và nội lực vỏ hầm trong giai đoạn thi công là hết sức cần thiết nhằm tránh các hư hỏng có thể xảy ra.

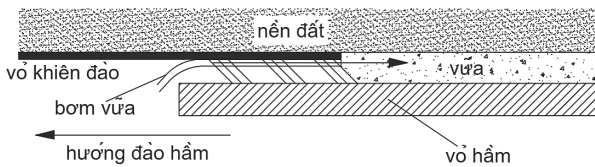
Nội dung bài báo nghiên cứu xác định nội lực xuất hiện trong vỏ hầm trong giai đoạn thi công của tuyến metro số



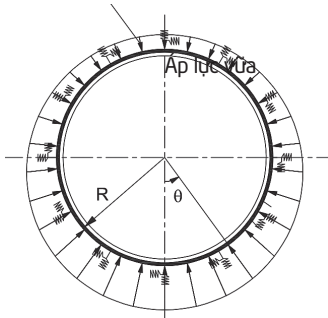
1 TP. Hồ Chí Minh Bến Thành - Suối Tiên bằng mô hình phân tích nội lực vỏ hầm hiện có dựa trên các số liệu thi công thực tế thu thập tại dự án. Kết quả nghiên cứu sẽ là cơ sở để thiết kế vỏ hầm và tính toán ảnh hưởng của áp lực dung dịch sử dụng trong thi công đối với các dự án thi công hầm metro sắp tới tại Hà Nội và TP. Hồ Chí Minh.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN NỘI LỰC TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG LẮP DỰNG VỎ HẦM

Khi thi công, vỏ hầm được lắp dựng ngay phía trong máy đào hầm trong quá trình thi công. Thông thường, diện tích đào thực tế khi thi công hầm lớn hơn diện tích vỏ hầm thiết kế do cấu tạo dạng hình côn của máy đào hầm. Phần diện tích đào thừa này là nguyên nhân chính gây dịch chuyển nền đất và gây lún trên bề mặt. Để giảm độ lún của bề mặt và giảm ảnh hưởng đến các công trình lân cận, diện tích đào thừa này thường được phun vữa lấp đầy (Hình 2.1).



Hình 2.1: Phun vữa lấp đầy khoảng trống phía sau máy đào hầm



Hình 2.2: Mô hình tính toán nội lực vỏ hầm dưới tác động của áp lực vữa trong quá trình thi công

Tại thời điểm thi công, áp lực tác dụng trực tiếp lên kết cấu vỏ hầm là áp lực vữa lấp đầy được phun qua các đường ống bên trong máy đào hầm. Theo thời gian, áp lực vữa lấp đầy này thay đổi theo thời gian kể từ lúc thi công, đồng thời cường độ chịu lực của vữa phun cũng thay đổi theo thời gian. Quá trình hình thành cường độ của vữa lấp đầy được đề cập đến trong nghiên cứu [8] với mối quan hệ giữa thời gian và mô-đun đàn hồi. Sau thời gian đông cứng, vữa lấp đầy có thể được xem như là một phần vỏ hầm và cùng chịu áp lực đất xung quanh như vỏ hầm như thiết kế đối với giai đoạn hầm đã ổn định trong nền đất.

Hình 2.2 mô tả mô hình phân tích nội lực vỏ hầm dưới áp lực vữa phun lấp đầy không gian đào thừa được phân bố xung quanh chu vi hầm nên áp lực vữa lấp đầy có dạng phân bố như trên Hình 2.2 [9]. Mô hình phân tích nội lực được xây dựng bằng phương pháp phần tử hữu hạn trên cơ sở phương pháp lực kháng đàn hồi HRM đã được đề cập trong [3, 4, 5]. Sự thay đổi về áp lực của vữa lấp đầy theo thời gian được đề cập đến trong nghiên cứu [6] trên cơ sở các số liệu thi công đường hầm Groene Hart Tunnel, Hà Lan.

## 3. NGHIÊN CỨU SỰ THAY ĐỔI NỘI LỰC TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG LẮP DỰNG VỎ HẦM TẠI TUYẾN METRO SỐ 1 TP. HỒ CHÍ MINH

Tuyến metro số 1 TP. Hồ Chí Minh Bến Thành - Suối Tiên có tổng chiều dài là 19,7 km, trong đó có 17,1 km đi trên cao và 2,6 km đi ngầm qua khu vực trung tâm thành phố. Toàn tuyến có tổng số 14 ga, trong đó có 3 ga ngầm và 11 ga trên cao. Tuyến metro được thiết kế và thi công với độ sâu từ 15 - 20 m với tuyến Tây (westline) và độ sâu 20 - 30 m với tuyến Đông (eastline). Địa chất khu vực tuyến được cấu tạo bởi các trầm tích Kainozo, sắp xếp trên móng cứng Mesozo, bao gồm hai phần: Phần trên gồm các trầm tích mềm dính với bề dày 10 - 30 m và phần dưới gồm các trầm tích mềm rời.

Vỏ hầm của tuyến metro số 1 được thiết kế bằng bê tông cốt thép có đường kính trong 6.050 mm với độ dày vỏ hầm là 300 mm. Chiều rộng mỗi đốt vỏ hầm là 1.200 mm. Vỏ hầm có cấu tạo bao gồm 6 miếng (5+1), trong đó có một miếng nêm K. Hình 2.1 mô tả vỏ tuyến hầm được lắp dựng thử tại Nhà máy Bê tông 6.



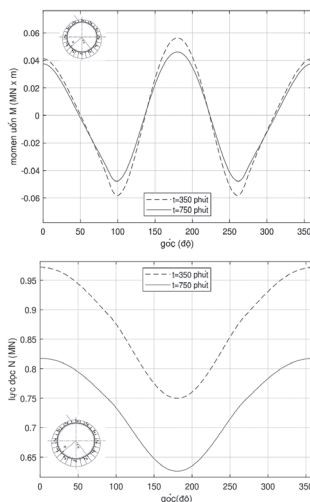
Hình 3.1: Vỏ hầm tuyến metro số 1 TP. Hồ Chí Minh Bến Thành - Suối Tiên

Tại dự án tuyến metro số 1 TP. Hồ Chí Minh, vữa chèn lấp là một hệ thống gồm hai chất lỏng A và B. Chất lỏng A là xi măng và bentonite trộn với một chất làm ổn định. Chất lỏng B là chất gia tốc natri silicat. Thành phần của chất lỏng A và B được thể hiện như trên Bảng 3.1. Hệ thống cho phép cả hai chất lỏng có đủ độ lỏng để được bơm từ trạm trộn trên mặt đất đến máy TBM. Chất lỏng A và B sẽ được bơm qua một ống 2 inch và một ống 1 inch tương ứng với các cổng phun của TBM. Khi việc bơm vữa chèn lấp đang được thực hiện, chất lỏng A và chất lỏng B sẽ được bơm vào các cổng phun bằng một vòi trộn ở cuối các cổng, trộn hai chất lỏng lại ngay trước khi phun. Sau khi trộn, hai chất lỏng trở thành một chất keo. Chất lỏng được phun với áp lực được tính toán thiết kế trong quá trình đào hầm để đỡ phần đất nền và ổn định hầm, ngăn được sự sụt lún mặt đất và biến dạng hầm. Trước khi đào, áp lực bề mặt phải được xác nhận. Áp lực phun vữa phải được đo bằng các cảm biến áp suất vòng đuôi. Các giá trị được ghi lại trên hệ thống máy TBM. Sau khi đào và máy đào hầm tiến được khoảng 50 mm, tiến hành bơm chất lỏng A. Điều chỉnh tốc độ dòng chảy của chất lỏng A theo tốc độ đào TBM cho đến khi tốc độ dòng chảy ổn định. Để ngăn ngừa sự tắc nghẽn, chất lỏng A luôn được bơm đầu tiên, trước chất lỏng B.

**Bảng 3.1. Thành phần các vật liệu của vữa chèn lấp**

Loại chất lỏng	Thành phần	Tỷ lệ
Chất lỏng A	Xi măng	260 kg/1.000L
	Bentonite	35 kg/1.000L
	Stabilizer	4,8 L/1.000L
	Nước	819 L/1.000L
Chất lỏng B	Sodium silicate	80 L/1.000L

Áp dụng mô hình phân tích nội lực vỏ hầm như thể hiện trên Hình 3.1. Giá trị mô-đun đàn hồi của vữa lấp đầy tại thời điểm  $t = 350$  phút và  $t = 750$  phút sau khi phun 0,125 và 0,2 MPa tương tự như các nghiên cứu [7, 8]. Áp lực phun được lấy từ số liệu đo thực tế tại dự án tuyến hầm metro số 1 TP. Hồ Chí Minh tại đốt hầm số 354. Cụ thể, áp lực phun vữa là 210 kPa tại phần trên của vỏ hầm và 310 kPa tại phần dưới của vỏ hầm. Các tính toán nội lực trong nghiên cứu này sử dụng các kết quả nghiên cứu về thay đổi của vữa phun và áp lực phun [6]. Áp lực phun tại thời điểm  $t = 350$  phút sau khi phun bằng áp lực phun ban đầu và tại thời điểm  $t = 750$  phút sau khi phun bằng 85% áp lực phun ban đầu.



**Hình 3.2: Sự thay đổi nội lực vỏ hầm trong quá trình thi công tuyến hầm metro số 1 TP. Hồ Chí Minh**

Kết quả phân tích nội lực vỏ hầm được thể hiện như trên Hình 3.2. Theo đó, Hình 3.2a thể hiện mô-men uốn xuất hiện trong vỏ hầm tại thời điểm  $t = 350$  phút và 750 phút. Biểu đồ cho thấy mô-men uốn tại thời điểm ban đầu dưới áp lực phun vữa lấp đầy lớn hơn thời điểm  $t = 750$  phút. Tuy nhiên, mức độ thay đổi của mô-men uốn tại hai thời điểm này không đáng kể. Trong khi đó, kết quả phân tích lực dọc được thể hiện như trên Hình 3.2b cho thấy sự thay đổi đáng kể giữa thời điểm  $t = 350$  phút và  $t = 750$  phút. Giá trị lực dọc giảm đi khoảng 20% khi áp lực vữa giảm đi sau thời gian 400 phút.

Như vậy, kết quả phân tích nội lực trong quá trình thi công cho thấy, các giá trị mô-men uốn và lực dọc đều giảm đi theo thời gian khi áp lực vữa giảm và cường độ của vữa lấp đầy tăng lên theo thời gian. Kết quả tính toán này cũng phù hợp với các phân tích tại dự án trước đó trong nghiên cứu [8]. Điều này cũng xác định được thời điểm cần tính áp lực vữa đối với kết cấu vỏ hầm trong giai đoạn thi công là thời điểm ngay sau khi phun vữa lấp đầy tại vị trí phía sau máy đào hầm TBM.

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Vỏ hầm là kết cấu chống chịu lực chính của tuyến metro, đảm bảo an toàn các hoạt động bên trong đường hầm. Trong thi công hầm, vỏ hầm được lắp dựng ngay trong máy đào hầm TBM và chịu tải trọng của áp lực vữa lấp đầy trong quá trình thi công. Bài báo đã phân tích về sự thay đổi của nội lực xuất hiện trong vỏ hầm dựa trên các số liệu thi công của tuyến metro số 1 TP. Hồ Chí Minh Bến Thành - Suối Tiên. Kết quả phân tích cho thấy nội lực vỏ hầm bao gồm mô-men uốn và lực dọc có xu hướng giảm trong quá trình chịu tải trọng của áp lực vữa lấp đầy. Do vậy, các kỹ sư thiết kế nên lấy giá trị áp lực ban đầu khi phun vữa lấp đầy làm giá trị áp lực thiết kế đường hầm trong giai đoạn thi công.

**Lời cảm ơn:** Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Mở - Địa chất trong Đề tài mã số T24-32.

#### Tài liệu tham khảo

- [1]. ITA-WG2 (2000), *Guidelines for the design of shield tunnel lining*, Tunnelling and Underground Space Technology 15 (3), 303-331.
- [2]. Duddeck, H., Erdmann, J. (1985), *Structural design models for tunnels in soft soil*, Underground Space (United States) 9.
- [3]. Oreste, P. (2007), *A numerical approach to the hyperstatic reaction method for the dimensioning of tunnel supports*, Tunnelling and underground space technology 22 (2), 185-205.
- [4]. Do, N. A., Dias, D., Oreste, P., Djeran-Maigre, I. (2014), *A new numerical approach to the hyperstatic reaction method for segmental tunnel linings*, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics.
- [5]. Vu Minh Ngan, Broere Wout. and Bosch, Johan W. (2017), *Structural analysis for shallow tunnel in soft soils*, International Journal of Geomechanics (ASCE).
- [6]. Talmon, A. M., & Bezuijen, A. (2008), *Backfill grouting research at Groene Hart Tunnel*, In Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, pp.365-372, CRC Press.
- [7]. Kasper, T., & Meschke, G. (2004), *A 3D finite element simulation model for TBM tunnelling in soft ground*, International journal for numerical and analytical methods in geomechanics, 28(14), 1441-1460.
- [8]. Vu, M. N., & Broere, W. (2018), *Structural design model for tunnels in soft soils: From construction stages to the long-term*, Tunnelling and Underground Space Technology, 78, 16-26.
- [9]. Vu, M. N., Broere, W., & Bosch, J. (2015), *The impact of shallow cover on stability when tunnelling in soft soils*, Tunnelling and Underground Space Technology, 50, 507-515.

**Ngày nhận bài: 28/8/2024**

**Ngày nhận bài sửa: 13/9/2024**

**Ngày chấp nhận đăng: 30/9/2024**