

ISSN - 0868 - 279X  
NĂM THỨ 26 SỐ 2 - 2022

Tạp chí  
**ĐỊA KỸ THUẬT**  
Geotechnical Journal

VIỆN ĐỊA KỸ THUẬT - VGI  
LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM - VUSTA

**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 MẮN  
PGS.TS. NGUYỄN ĐỨC MẠNH  
PGS.TS. NGUYỄN SỸ NGỌC  
PGS.TS. VÕ PHẤN  
PGS.TS. NGUYỄN HUY PHƯƠNG  
GS.TS. TRẦN THỊ THANH  
PGS.TS. VƯƠNG VĂN THÀNH  
TS. LÊ THIẾT TRUNG  
GS.TS. ĐỖ NHƯ TRẮNG  
PGS.TS. TRẦN THƯƠNG BÌNH  
TS. NGUYỄN TRƯỜNG HUY  
PGS.TS. ĐẬU VĂN NGỌ  
PGS.TS. TẠ ĐỨC THỊNH

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 Tư 2022  
In tại Công ty TNHH In và Thương mại Mê Linh

**Tạp chí ĐỊA KỸ THUẬT**

ISSN - 0868 - 279X  
NĂM THỨ 26  
SỐ 2 NĂM 2022

**MỤC LỤC**

<b>LÊ BÁ VINH, NGUYỄN TRUNG TÂM:</b> Phân tích ứng xử của tường vây trong tầng cát dày ở thành phố Hồ Chí Minh	3
<b>ĐẶNG VĂN KIÊN, ĐỖ NGỌC ANH, ĐỖ XUÂN HỘI:</b> Cơ sở khoa học và thực tiễn đề xuất giá trị hệ số thừa tiết diện cho phép và khối lượng bê tông bù lẹm cho các công trình ngầm tại Việt Nam	15
<b>LÊ BÁ VINH, ĐỖ TRẦN THIÊN PHÚC:</b> Phân tích ảnh hưởng của chiều dày bệ, chiều dài cọc và cách bố trí cọc đến độ lún của móng bệ - cọc	24
<b>MẠC THỊ NGỌC:</b> Mô phỏng ứng xử phụ thuộc tốc độ biến dạng của đất cổ kết thường và đất quá cổ kết	32
<b>ĐỖ XUÂN HỘI, ĐẶNG VĂN KIÊN, ĐỖ NGỌC ANH:</b> Nghiên cứu ảnh hưởng của áp lực lên các đường lò dưới bãi thải bằng phương pháp mô hình số	39
<b>NGUYỄN HUY HIỆP, ĐÀM HỮU HƯNG:</b> Xác định sức chịu tải nền đất bằng phương pháp số có xét đến tính lưu biến của nền đất	51
<b>NGUYỄN VIỆT KỶ, ĐÀO HỒNG HẢI:</b> Xác định mực nước hạ thấp tối đa cho phép tại Trà Vinh	57
<b>TÔ LÊ HƯƠNG, NGUYỄN NHỰT NHỨT, LÊ BÁ VINH, CHÂU QUANG TÚ:</b> Phân tích ứng xử của tường vây hố đào sâu bằng phương pháp phần tử hữu hạn	67
<b>ĐẶNG VĂN KIÊN, NGÔ DOÃN HÀO, NGUYỄN HỮU SÀ:</b> Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày vỏ hầm đến nội lực trong vỏ hầm metro tiết diện chữ nhật cong: Áp dụng cho tuyến Metro số 3 dự án Metro Hà Nội	77
<b>NGUYỄN DUY PHONG, TRẦN NGUYỄN HOÀNG HÙNG:</b> Đánh giá chất lượng Geofom thực nghiệm xây dựng đường vào cầu ở thành phố Hồ Chí Minh	85

**DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF**  
Assoc. Prof., Dr. DOAN THE TUONG

**EDITORIAL BOARD**

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

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: April 2022

**VIETNAM GEOTECHNIAL JOURNAL**

ISSN - 0868 - 279X  
VOLUME 26  
NUMBER 2 - 2022

**CONTENTS**

<b>LE BA VINH, NGUYEN TRUNG TAM:</b> Study on the behaviours of diaphragm wall on thick sandy soils in Ho Chi Minh city	3
<b>DANG VAN KIEN, DO NGOC ANH, DO XUAN HOI:</b> Scientific and practical basis for proposed value of allowed overbreak coefficient and volume of confidential construction for underground construction in Vietnam	15
<b>LE BA VINH, DO TRAN THIEN PHUC:</b> An analysis of the effects of raft thickness, pile length, and pile arrangement on piled raft foundation	24
<b>MAC THI NGOC:</b> Simulation of rate-dependent behaviour of normally consolidated and overconsolidated soils	32
<b>DO XUAN HOI, DANG VAN KIEN, DO NGOC ANH:</b> Research on the effect of rock pressure on drifts below the mining waste dump by number model method	39
<b>NGUYEN HUY HIEP, DAM HUU HUNG:</b> Determination of the long-term bearing capacity by analytical method taking into account rheological properties of soils	51
<b>NGUYEN VIET KY, DAO HONG HAI:</b> Determination of the maximum allowable lowering water level in Tra Vinh	57
<b>TO LE HUONG, NGUYEN NHUT NHUT, LE BA VINH, CHAU QUANG TU:</b> Study on the behavior of the diaphragm wall by FEM	67
<b>DANG VAN KIEN, NGO DOAN HAO, NGUYEN HUU SA:</b> Research on effect of the tunnel lining thickness in the sub-rectangular internal forces in tunnel lining: A case study the Metro Line 3 project in Hanoi	77
<b>NGUYEN DUY PHONG, TRAN NGUYEN HOANG HUNG:</b> Quality assessment of the Geofom experiment for a bridge abutment in Ho Chi Minh City	85

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU DÀY VỎ HẦM ĐẾN NỘI LỰC TRONG VỎ HẦM METRO TIẾT DIỆN CHỮ NHẬT CÔNG: ÁP DỤNG CHO TUYẾN METRO SỐ 3 DỰ ÁN METRO HÀ NỘI

ĐẶNG VĂN KIÊN, NGÔ DOÃN HÀO\*  
NGUYỄN HỮU SÀ\*\*

*Research on effect of the tunnel lining thickness in the sub-rectangular internal forces in tunnel lining: A case study the Metro Line 3 project in Hanoi*

*Abstract: The Hanoi Metro Pilot Light Line 3 is part of the new metro tunnel project for Ha Noi city. The construction works in this contract include a twin bored tunnel running parallel, with a distance ranging from 12 to 35 m. The 2.6 km twin tunnels will be bored by two 6.3 m diameter. This paper focuses on introducing a numerical analysis and the stability of sub-rectangular tunnels with different of the tunnel lining thickness. Choosing appropriate of the tunnel lining thickness for sub-rectangular section tunnel in weak ground at Hanoi pilot light metro line 03 Section Nhon- Hanoi Railway station by HRM Method mkes project efficiency.*

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo Quy hoạch chung xây dựng Thủ đô Hà Nội đến năm 2030 và tầm nhìn đến năm 2050 được phê duyệt tại Quyết định số 1259/QĐ-TTg ngày 26/7/2011, mạng lưới đường sắt đô thị gồm 8 Tuyến với tổng chiều dài khoảng 318 km, cụ thể:

Tuyến số 1: Ngọc Hồi – Yên Viên – Như Quỳnh, chiều dài khoảng 38,7 Km;

Tuyến số 2: Nội Bài – Trung tâm thành phố – Thượng Đình, chiều dài khoảng 35,2 Km, là xương sống cho khu vực đô thị hiện tại và tương lai, kết nối với tuyến số 2A;

Tuyến số 3: Nhôn – Ga Hà Nội – Hoàng Mai chiều dài khoảng 21 Km, sau năm 2020 sẽ phát triển tuyến số 3 tới Sơn Tây, tổng chiều dài dự kiến là 48 km;

Tuyến số 4: Đông Anh – Sài Đồng – Vĩnh Tuy/Hoàng Mai – Thanh Xuân – Từ Liêm – Thượng Cát – Mê Linh. Tuyến có chiều dài khoảng 53,1 km, có dạng vòng tròn, kết nối với các tuyến số 1, số 2, số 3 và số 5.

Tuyến số 5: Nam Hồ Tây – Ngọc Khánh – Láng – Hòa Lạc. Chiều dài khoảng 34,5 Km.

Tuyến số 6: Nội Bài – Khu đô thị mới phía Tây Ngọc Hồi, kết nối với Tuyến số 4 tại Cổ Nhuế và Tuyến số 7 tại Dương Nội. Chiều dài khoảng 43 Km.

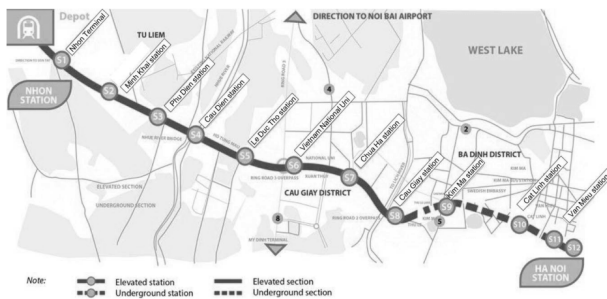
Tuyến số 7: Mê Linh – Đô thị mới phía Tây Nhôn – Vân Canh – Dương Nội, kết nối với tuyến số 4 tại đoạn Đại Mạch và Tây Tựu, với tuyến số 6 tại đoạn Dương Nội. Chiều dài khoảng 35 Km.

Tuyến số 8: Cổ Nhuế – Vành Đai 3 – Lĩnh Nam – Bát Tràng – Dương Xá. Chiều dài khoảng 28 Km. Có 9 tuyến đường được quy hoạch và phát triển trong quy hoạch nói trên như **Bảng 1**.

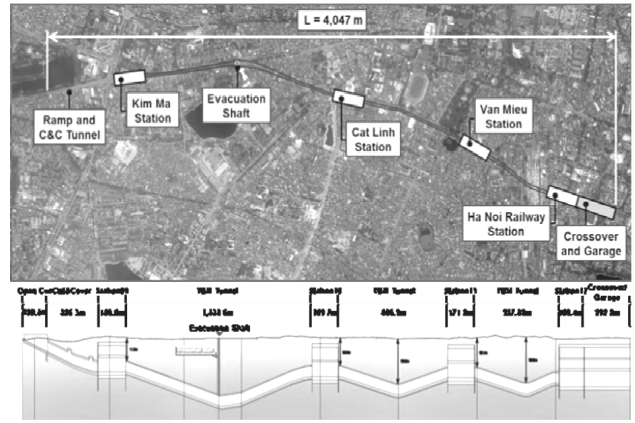
\* Đại học Mỏ-Địa Chất  
Số 18 Phố Viên, Đức Thắng, Bắc Từ Liêm, Hà Nội

\*\* Trường đại học Bà Rịa Vũng Tàu  
80 Trương Công Định, Phường 3, Thành phố Vũng Tàu, Bà Rịa - Vũng Tàu

Các đoạn đường hầm trong tuyến tàu điện Nhôn - Cát Linh - Ga Hà Nội được thi công bằng phương pháp sử dụng máy đào TBM (tuyến số 3) như **Hình 1**. Việc sử dụng phương pháp thi công bằng TBM kết hợp với vỏ hầm lắp ghép được đánh giá là khá thích hợp cho khu vực đất nền của trung tâm Hà Nội cũng như với quy mô thi công các đường hầm thuộc tuyến metro số 3. Các đường hầm sẽ được đào và chôn đở ngay bằng vỏ lắp ghép làm bằng bê tông cốt thép đúc sẵn, điều này sẽ làm tăng tốc độ thi công các tuyến đường, đồng thời đảm bảo các yêu cầu về an toàn, kỹ thuật và môi trường khi thi công trong khu vực trung tâm, các công trình văn hóa lịch sử trên bề mặt và tập trung nhiều dân cư và các công trình quan trọng khác. Tại thời điểm hiện tại, TBM đã được đưa vào chuẩn bị sẵn sàng tại ga S9 – Kim Mã để thi công tuyến đường hầm thuộc tuyến số 3 với tổng chiều dài 4km như **Hình 2** [1-2, 11]. Vỏ chôn hầm là một phần quan trọng quyết định tiến độ và giá thành và mức độ an toàn của dự án. Việc lựa chọn được chiều dày vỏ phù hợp với điều kiện địa chất góp phần nâng cao độ ổn định của đường hầm metro đào trong khu vực địa chất yếu của Hà Nội cũng như nâng cao được tiến độ thi công và hiệu quả đầu tư của dự án. Bài báo thể hiện các kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày vỏ đến nội lực trong kết cấu chôn thông qua việc sử dụng phương pháp phân phủ hữu hạn lực kháng đàn hồi (Hyperstatic Reaction Method - HRM).



*Hình 1: Sơ đồ các nhà ga trên cao và tuyến số metro 03, dự án đường sắt metro Hà Nội (Urbanist Hanoi, 2018) [2]*



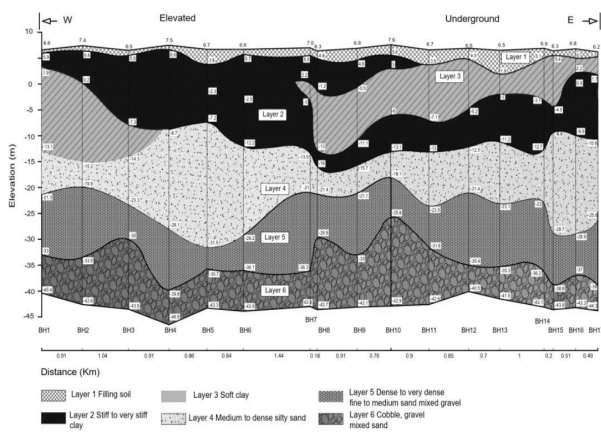
*Hình 2: Mặt bằng và nhà ga tuyến hầm metro số 3 – dự án metro Hà Nội [3-7]*

## 2. CÁC ĐẶC ĐIỂM VỀ ĐIỀU KIỆN ĐỊA CHẤT, ĐỊA CHẤT THỦY VĂN KHU VỰC ĐẶT ĐƯỜNG HẦM METRO TUYẾN SỐ 3 DỰ ÁN METRO HÀ NỘI

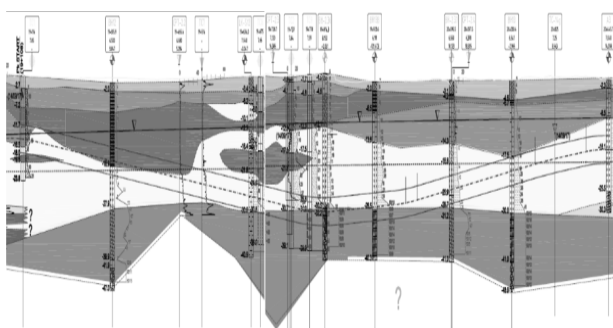
Khu vực đặt đường hầm metro tuyến số 3 dự án metro Hà Nội thuộc khu vực trung tâm Hà Nội nằm trên lưu vực của sông Hồng, qua các tài liệu khảo sát cũng như các mẫu khoan thí nghiệm, có thể kết luận khu vực từ mặt đất đến độ sâu khoảng 50 m là đất và được chia ra làm 6 lớp đặc trưng. Dưới độ sâu 50 m của khu vực trung tâm Hà Nội là lớp đá gốc bền vững. Do đường hầm thuộc hệ thống tàu điện ngầm của Hà Nội được thiết kế nằm ở độ sâu dao động H=10 đến 20 m nên việc nghiên cứu tập trung vào cố định chiều sâu hầm tại H =15m trong một loại đất đá, chiều dày vỏ chôn thay đổi. Các lớp đất thực tế trong khu vực đặt tuyến đường hầm metro tuyến số 3 dự án metro Hà Nội có các đặc tính được xác định thông qua các thí nghiệm như **Bảng 1**. Trắc dọc địa chất tuyến metro số 3 (theo Giao et al., 2018) [4-5] được thể hiện trên **Hình 3** và theo (Young-Jin Shin et al., 2019) [7] được thể hiện trên **Hình 4 – Hình 6**.

**Bảng 4.2: Đặc tính địa chất cơ bản của khu vực đặt tuyến metro số 03, Hà Nội [2]**

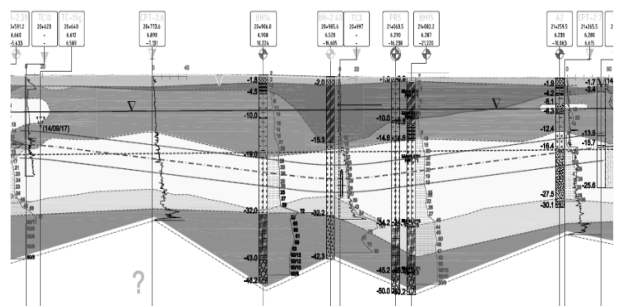
Số thứ tự lớp đất	Module đàn hồi của các lớp đất, E, MPa	Hệ số Poisson, $\mu$	Chiều dày của các lớp đất (h), m	Chiều sâu của các lớp đất, m	Dung trọng của các lớp đất, $\rho$ , g/cm <sup>3</sup>	Mức nước ngầm trung bình, m
1	9,25	0,41	4,6	4,6	1,75	3,0
2	7,68	0,38	1,1	5,7	1,76	
3	15,3	0,35	11,8	17,5	1,81	
4	35,02	0,33	12,5	30	1,78	
5	53,9	0,32	11,0	41	1,83	
6	65	0,3	7,0	48	1,86	



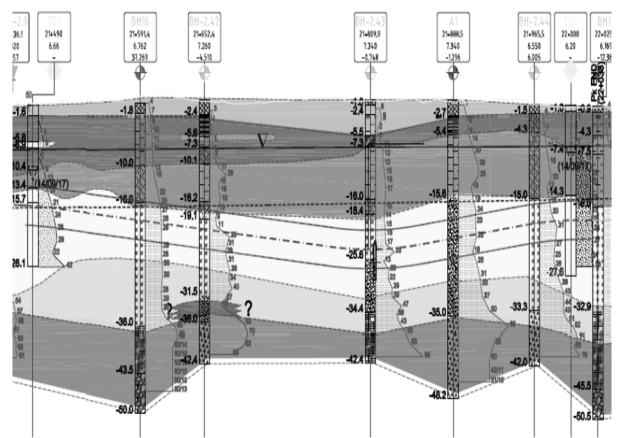
*Hình 3: Trắc dọc địa chất tuyến metro số 3 (Theo Giao et al., 2018) [4-5]*



*Hình 4: Trắc dọc địa chất tuyến metro giữa ga St 09 và St 10 (Young-Jin Shin et al., 2019) [7]*



*Hình 5: Trắc dọc địa chất tuyến metro giữa ga St 10 và St 11 (Young-Jin Shin et al., 2019) [7]*



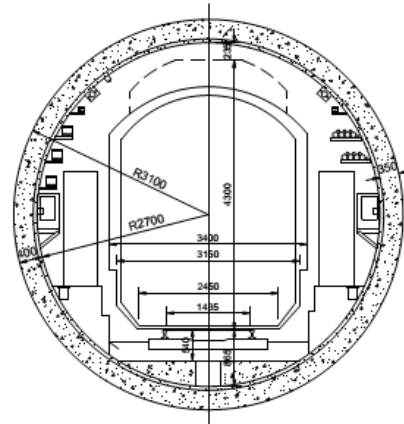
*Hình 6: Trắc dọc địa chất tuyến metro giữa ga St 11 và St 12 (Young-Jin Shin et al., 2019) [7]*

### 3. CÁC ĐẶC ĐIỂM CỦA ĐƯỜNG HẦM THUỘC HỆ THỐNG METRO SỐ 3, DỰ ÁN METRO HÀ NỘI

Đặc điểm của hầm của hệ thống tàu điện ngầm Hà Nội tại trung tâm Hà Nội: đường hầm tàu điện ngầm Hà Nội có độ sâu từ 15 - 30m so với mặt đất. Vỏ hầm được làm bằng bê tông cốt thép lắp ghép với các đặc điểm:  $E_1 = 35000$  MPa; Poisson's ratio  $\nu_1 = 0,15$ ; chiều dày vỏ chống hầm  $t_1 = 0,5$  m như **Hình 7**.

Tuyến đường hầm được thi công với hai đường hầm có kích thước như nhau và có tiết diện ngang là hình tròn bằng phương pháp sử dụng máy đào TBM theo thiết kế. Các kết cấu chống bằng bê tông cốt thép phân đoạn sẽ được tiến hành lắp đặt ngay trong quá trình đào và thi

công đường hầm. Các thông số vỏ chống và đất đá được thể hiện trên **Bảng 2**.



Hình 7: Mặt cắt ngang của cửa đường hầm metro tuyến 03 Nhổn - Ga Hà Nội [12]

**Bảng 2: Các thông số đầu vào cho trường hợp nghiên cứu [8-10]**

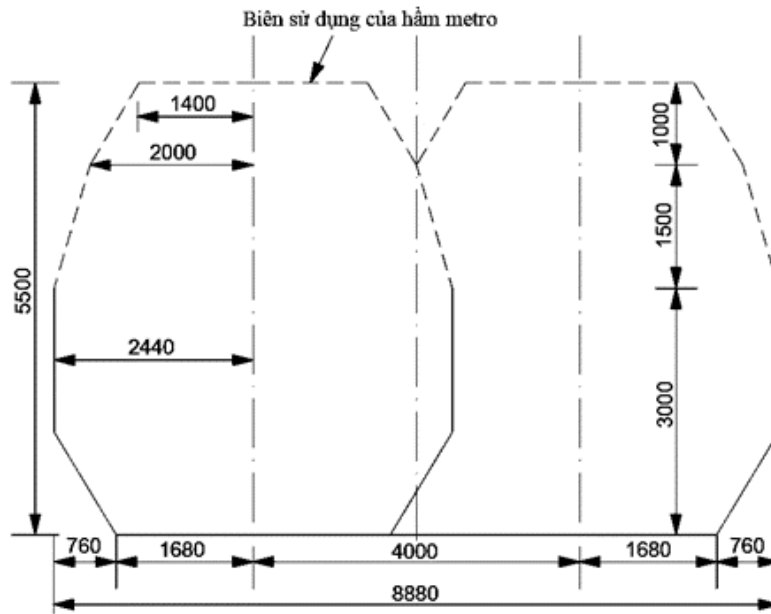
Các thông số của đất đá	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Trọng lượng thể tích	$\gamma$	$\text{kN/m}^3$	19
Mô đun đàn hồi	$E$	30000	$\text{kN/m}^2$
Hệ số Poát-xông	$\nu$	-	0,33
Góc ma sát trong	$\phi$	degrees	29,5
Lực dính kết	$C_u$	kPa	0
Hệ số áp lực ngang	$K_0$	-	0,6
Độ sâu đặt đường hầm	$H$	m	15
<b>Đặc tính vỏ hầm</b>			
Mô đun đàn hồi	$E_1$	35000	MPa
Hệ số Poát-xông	$\nu_1$	-	0,15
Chiều dày vỏ	$t$	m	-
Đường kính ngoài	$D$	m	9,76
Dung trọng	$\gamma$	14,4	$\text{KN/m}^3$
Độ cứng	$EA$	$2,4 \times 10^7$	$\text{kN/m}$
Độ cứng khi uốn	$EL$	$7,2 \times 10^5$	$\text{kNm}^2/\text{m}$

### 3. XÁC ĐỊNH MẶT CẮT NGANG KHI SỬ DỤNG TIẾT DIỆN ĐƯỜNG HẦM HÌNH CHỮ NHẬT CONG CHO ĐƯỜNG HẦM METRO TUYẾN 03 NHỔN - GA HÀ NỘI

Dựa trên TCVN 11793 : 2017 [12], kích thước khổ hầm metro làn đôi như **Hình 8**.

Phương pháp xác định mặt cắt ngang đường hầm hình chữ nhật cong ta xác được các thông số cơ bản của đường hầm như **Bảng 3**. Kích thước của đường hầm được thể hiện trên **Bảng 3 và Hình 9**. Sơ đồ xác định áp lực lên đường hầm theo giả thuyết của

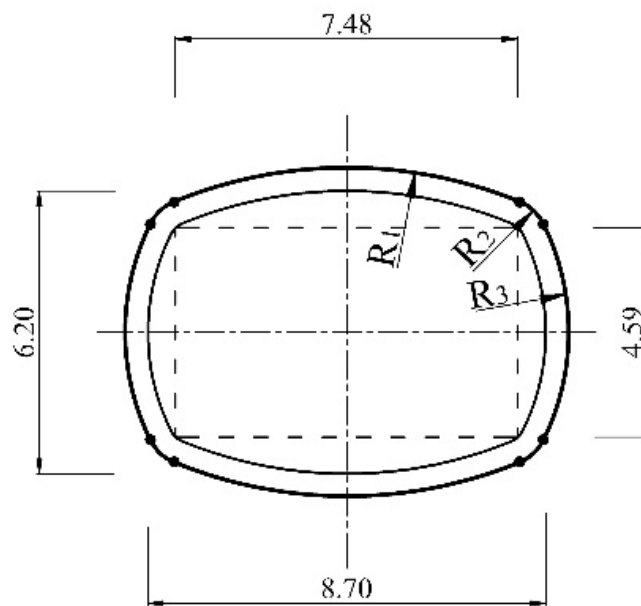
Terzaghi. Sử dụng phương pháp HRM tính cho trường hợp hầm chữ nhật cong với kích thước đã xác định với dạng vỏ hầm lắp ghép có chiều dày thay đổi.



Hình 8: Tiết diện sử dụng hầm metro tiết diện làn đôi theo TCVN 11793 : 2017 [12]

**Bảng 3: Các thông số hình học của đường hầm**

Chiều rộng (B) (m)	Chiều cao đường hầm ( $H_t$ ) (m)	Hệ số; $B/H_t$	$R_1$ (m)	$R_2$ (m)	$R_3$ (m)	Diện tích ( $m^2$ )
9,70	7,20	1,347	9,95	1,00	5,35	59,786

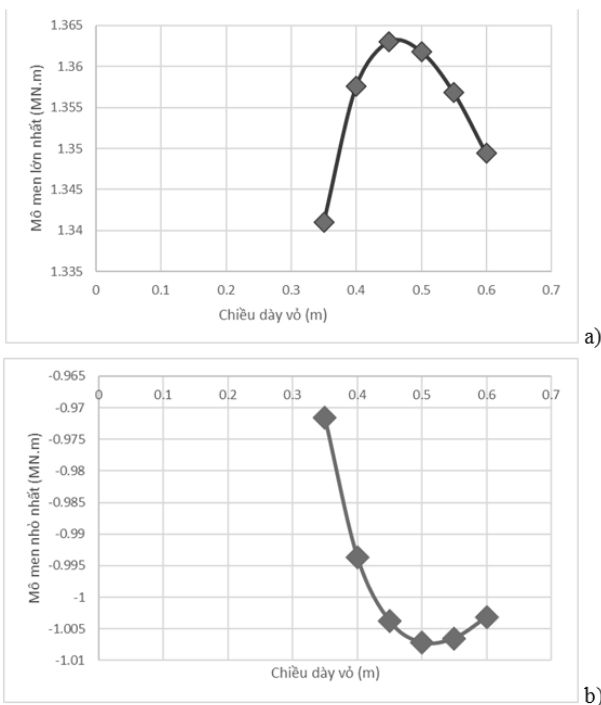


Hình 9: Kích thước các đường hầm

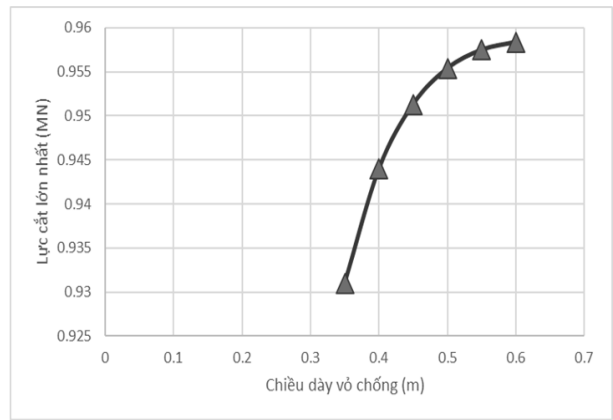


#### 4. KHẢO SÁT KHI THAY ĐỔI CHIỀU DÀY VỎ HÀM

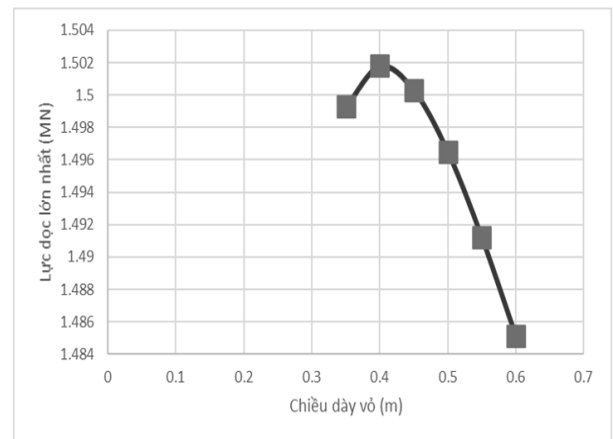
Theo kết quả thu được từ phương pháp HRM sau khi thay đổi chiều dày vỏ hàm với giá trị ban đầu là  $t = 0,35\text{m}$ , mô men và lực dọc lớn nhất trong vỏ chống đều tăng khi cho đến khi chiều dày vỏ đạt  $t = 0,45\text{m}$  thì mô men bắt đầu giảm (**Hình 10a**), trong khi lực dọc lớn nhất trong vỏ giảm khi chiều dày vỏ đạt  $t = 0,4\text{m}$  (**Hình 12**), giá trị mô men nhỏ nhất trong vỏ chống thay đổi có quy luật không rõ ràng (**Hình 10.b**). Lực cắt lớn nhất trong vỏ chống tăng nhanh theo chiều dày vỏ cho đến khi chiều dày vỏ đạt  $t = 0,45\text{m}$  thì giá trị gia tăng nhỏ lại (**Hình 11**). Giá trị chuyển vị hướng kính lớn nhất ( $U_{\max}$ ) giảm dần khi tăng chiều dày vỏ như **Hình 13**. Ngoài ra một kết luận quan trọng được rút ra từ quy luật thay đổi mô men lớn nhất trong vỏ chống cho thấy chiều dày hợp lý khi sử dụng tiết diện hàm hình chữ nhật cong với loại vỏ chống lắp ghép cho tuyến metro số 3 là  $0,5\text{m}$ . Giá trị chiều dày trên vừa đáp ứng yêu cầu về khả năng mang tải cũng như chi phí vật liệu chế tạo.



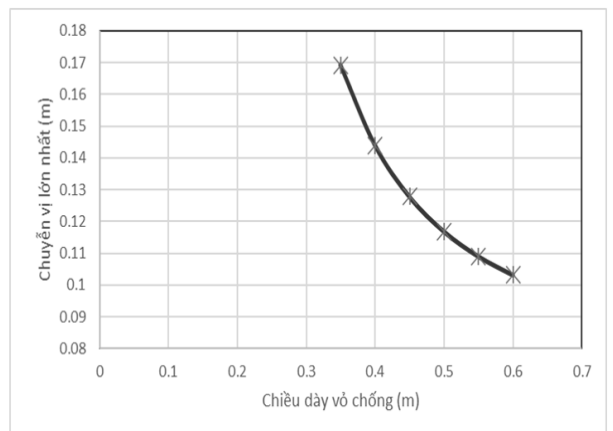
Hình 10: Sự thay đổi của mô men lớn nhất và nhỏ nhất trong vỏ khi thay đổi chiều dày vỏ



Hình 11: Sự thay đổi của lực cắt lớn nhất trong vỏ chống



Hình 12: Sự thay đổi của lực dọc lớn nhất trong vỏ chống



Hình 13: Quan hệ giữa chuyển vị tại nóc và sườn đường hầm theo độ sâu bố trí đường hầm

## 5. KẾT LUẬN

Bài báo đã tổng hợp các kết quả nghiên cứu chính về kết cấu hầm metro cũng như phương pháp tính toán hầm metro và áp dụng phương pháp HRM cho một trường hợp cụ thể hầm metro tại tuyến metro số 3 dự án metro Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra các kết luận sau:

- Các phương pháp tính hầm metro tiết diện không tròn như tiết diện hình chữ nhật cong, hình móng ngựa, hình elip... chưa được chú ý nghiên cứu nhiều tại Việt Nam và các nước trên thế giới do tính phức tạp và không thể tiến hành bằng phương pháp giải tích;

- Việc sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn trong nghiên cứu là phương pháp kháng đàn hồi cho phép tính toán nhanh tiết diện hầm metro chữ nhật cong;

- Bằng phương pháp HRM sau khi thay đổi chiều dày vỏ hầm với giá trị ban đầu là  $t = 0,35\text{m}$ , mô men và lực dọc lớn nhất trong vỏ chống đều tăng khi cho đến khi chiều dày vỏ đạt  $t = 0,45\text{m}$  thì mô men bắt đầu giảm, trong khi lực dọc lớn nhất trong vỏ giảm khi chiều dày vỏ đạt  $t = 0,4\text{m}$ , giá trị mô men nhỏ nhất trong vỏ chống thay đổi có quy luật không rõ ràng. Lực cắt lớn nhất trong vỏ chống tăng nhanh theo chiều dày vỏ cho đến khi chiều dày vỏ đạt  $t = 0,45\text{m}$  thì giá trị gia tăng nhỏ lại. Giá trị chuyển vị hướng kính lớn nhất ( $u_{\max}$ ) giảm dần khi tăng chiều dày vỏ. Ngoài ra một kết luận quan trọng được rút ra từ quy luật thay đổi mô men lớn nhất trong vỏ chống cho thấy chiều dày hợp lý khi sử dụng tiết diện hầm hình chữ nhật cong với loại vỏ chống lắp ghép cho tuyến metro số 3 là  $0,5\text{m}$ . Giá trị chiều dày trên vừa đáp ứng yêu cầu về khả năng mang tải cũng như chi phí vật liệu chế tạo.

- Bài báo mới tập trung khảo sát nội lực trong vỏ chống hầm theo chiều dày vỏ hầm

trong môi trường đất đá đồng nhất, cần tiến hành khảo sát theo khi thay đổi chiều dày vỏ hầm cũng như đặc tính đất đá xung quanh hầm theo môi trường phân lớp để có những đánh giá đầy đủ hơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Đặng Hồng Lam, Nguyễn Bá Đồng. Dự báo độ lún của bề mặt đất do đào hầm bằng máy đào TBM tại tuyến metro line 3, Hà Nội.

[2] <https://urbanisthanoi.com/hanoi-news/13692-hanoi-reveals-train-design-of-metro-line-3,-seeks-public-feedback>

[3] Design report technical design, Project: Hanoi pilot light metro line 03 Section Nhon - Hanoi Railway station. Package: underground section - line and stations, package number HPLMLP/CP-03. – Hanoi, 2013. – Volume (1-2). – 73 p.

[4] Giao P. H. and E. Ovaskainen (2000). Primary Analysis of Hanoi Land Subsidence with reference to Groundwater Development, Lowland Technology International, Vol. 2 (2), p. 17-29, IALT.

[5] Giao, P. H., Hue, V. T., Han, N. D., Anh, N. T. H., & Minh, N. N. (2018). Land subsidence prediction for a new urban mass rapid transit line in Hanoi. Online published in. Underground Space. Elsevier, at <https://doi.org/10.1016/j.undsp.2018.11.002>.

[6] X. Huang, Y. Zhua, Z. Zhanga, Y. Zhuc, S. Wang and Q. Zhuang, "Mechanical behaviour of segmental lining of a sub-rectangular shield tunnel under self-weight," Tunnelling and Underground Space Technology 74, pp. 131-144, 2018.

[7] Young-Jin Shin et al., TBM (Tunnel Boring Machine) tunneling in urban areas by EPB (Earth Pressure Balance): design

consideration of Hanoi pilot light metro line. Geotechnics for Sustainable Infrastructure Development, Lecture Notes in Civil Engineering book series (LNCE, volume 62) pp 229-234.

[8] Do NA, Dias D, Zixin Z, Xin H, Nguyen TT, Pham VV, Ouahcène NR. (2020). Study on the behavior of squared and sub-rectangular tunnels using the Hyperstatic Reaction Method. Transportation Geotechnics; 22. doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100321.

[9] Nguyen TT, Do NA, Karasev MA, Dang VK, Dias D. (2020). Tunnel Shape Influence on the Tunnel Lining Behavior. Proceeding of ICE

- Geotechnical Engineering. doi.org/10.1680/jgeen.20.00057.

[10] Đặng Văn Kiên, Đỗ Ngọc Anh, Nguyễn Tài Tiến, Nguyễn Huỳnh Anh Duy và Phạm Văn Vĩ, 2021. Nghiên cứu tổng quan về vỏ hầm metro tiết diện ngang hình chữ nhật cong (in Vietnamese), Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất, số 62, kỳ 4, tr. 68-78.

[11] <https://baodautu.vn/fecon-la-nha-thau-tham-gia-lap-dat-va-van-hanh-robot-khoan-ham-tmb-tai-du-an-metro-line-3-ha-noi-d134385.html>

[12] TCVN 11793 : 2017. Đường sắt đô thị khổ đường 1000 mm - yêu cầu thiết kế tuyến.

---

*Người phân biện:* TS. ĐỖ NGỌC THÁI