

Số: 1843 /QĐ-MĐC

Hà Nội, ngày 17 tháng 11 năm 2023

QUYẾT ĐỊNH

Về việc cho phép thực hiện các đề tài NCKH sinh viên thường niên
trong năm học 2023-2024 do Trường hỗ trợ kinh phí

HIỆU TRƯỞNG TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỎ - ĐỊA CHẤT

Căn cứ Luật Giáo dục đại học ngày 18/6/2012 và Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Giáo dục đại học ngày 19/11/2018;

Căn cứ Nghị định số 99/2019/NĐ-CP ngày 30/12/2019 về việc quy định chi tiết và hướng dẫn thi hành một số điều Luật sửa đổi, bổ sung một số điều của Luật Giáo dục đại học;

Căn cứ Nghị định số 60/2021/NĐ-CP ngày 21/6/2021 của Chính phủ về quy định cơ chế tự chủ tài chính của đơn vị sự nghiệp công lập;

Căn cứ Thông tư liên tịch số 07/2009/TTLT-BGDĐT-BNV ngày 15/4/2009 của Bộ Giáo dục và Đào tạo và Bộ Nội vụ hướng dẫn thực hiện quyền tự chủ, tự chịu trách nhiệm và thực hiện nhiệm vụ, tổ chức bộ máy, biên chế đối với đơn vị sự nghiệp công lập giáo dục và đào tạo;

Căn cứ Thông tư số 26/2021/TT-BGDĐT ngày 17/9/2021 của Bộ Giáo dục và Đào tạo ban hành Quy định về hoạt động nghiên cứu khoa học của sinh viên trong các cơ sở giáo dục đại học;

Căn cứ Chương V "Hoạt động nghiên cứu khoa học và thi Olympic của sinh viên" quy định về việc Quản lý hoạt động nghiên cứu khoa học và thi Olympic của sinh viên, ban hành theo Quyết định số 1171/QĐ-MĐC, ngày 12/11/2020;

Căn cứ Quyết định số 508/QĐ-MĐC ngày 03/6/2022 về việc ban hành Quy định về quản lý tài chính và chi tiêu nội bộ của trường Đại học Mỏ - Địa chất;

Căn cứ Thông báo số 546/TB-MĐC ngày 05/10/2023 của Trường Đại học Mỏ - Địa chất về việc triển khai thực hiện Nghiên cứu khoa học sinh viên năm học 2023-2024 (Hội nghị khoa học sinh viên lần thứ 37);

Theo đề nghị của các ông (bà) Trưởng phòng Khoa học Công nghệ và Trưởng các Khoa.

QUYẾT ĐỊNH:

Điều 1. Cho phép 240 đề tài NCKH sinh viên (có danh mục kèm theo) được thực hiện trong kế hoạch năm học 2023-2024. Kinh phí hỗ trợ cho việc thực hiện mỗi đề tài là **2.600.000đ** (bằng chữ: Hai triệu sáu trăm nghìn đồng chẵn) trong đó **2.000.000đ** dành cho sinh viên thực hiện nghiên cứu và **600.000đ** dành cho giáo viên hướng dẫn. Các đề tài được tổ chức thực hiện, nghiệm thu, thanh quyết toán theo quy chế hiện hành.

Điều 2. Kinh phí thực hiện cho 240 đề tài trên được trích từ nguồn thu dịch vụ khác năm 2023 của Nhà trường.

Điều 3. Các ông (bà) Trưởng các Khoa, Bộ môn, phòng Khoa học Công nghệ và phòng Kế hoạch Tài chính, các sinh viên, cán bộ hướng dẫn có tên tại Điều 1 chịu trách nhiệm thi hành quyết định này./.

Nơi nhận:

- Như Điều 3;
- PHT (để phối hợp chỉ đạo);
- HUMG e-OFFICE;
- Đoàn TNCS HCM Trường;
- Lưu: HCTH, KHTC, CTCT-SV, KHCN.



GS.TS Trần Thanh Hải

STT	Tên đề tài	Sinh viên thực hiện	Mã số sinh viên	Lớp	Cán bộ hướng dẫn
238	Nghiên cứu giải pháp kỹ thuật phù hợp trong xây dựng bãi đỗ xe ngầm khu vực Ga Hà Nội	Dương Quốc Đạt	2221070066	Xây dựng CTN PT và Hệ thống TDN K67 (DCXDTDN67)	Đặng Văn Kiên
		Trần Quốc Trọng	2221070216		
		Dương Thị Thảo	2221070146	Xây dựng CTN PT và Hệ thống TDN K67 (DCXDTDN67)	
239	Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của công trình bề mặt đến độ ổn định của vỏ chống hầm metro tiết diện chữ nhật cong	Nguyễn Thiện Tiến	2221070203	Xây dựng CTN PT và Hệ thống TDN K67 (DCXDTDN67)	Đặng Văn Kiên
		Nguyễn Huy Thành	2221070194		
		Nguyễn Trung Kiên	2221070200	Xây dựng CTN PT và Hệ thống TDN K67 (DCXDTDN67)	
240	Nghiên cứu một số giải pháp gia cường kết cấu công trình bê tông cốt thép cũ	Lê Hồng Sơn	2221070217	Quản lý xây dựng K67C (DCXDQL67C)	Phạm Đức Thọ
		Phạm Thế Vũ	2221070209	Quản lý xây dựng K67B (DCXDQL67B)	
		Nguyễn Lương Hoàng Hải	2221070106	Quản lý xây dựng K67C (DCXDQL67C)	
		Đào Văn Hiếu	2121070056	Xây dựng HTCS K66	
		Phạm Quang Đạo	2221070196	Quản lý xây dựng K67C (DCXDQL67A)	

Tổng số đề tài: 240

Đề tài: Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của công trình bề mặt đến độ ổn định của vỏ chống hầm metro tiết diện chữ nhật cong

Nguyễn Thiện Tiến , Nguyễn Huy Thành , Nguyễn Trung Kiên lớp Xây dựng CTN PT và Hệ thống TDN K67 (DCXD TDN67)

1. Tổng quan về hầm metro khu vực thành phố

1.1. Khái niệm chung về thiết kế hầm metro

Sự tăng nhanh một cách nhanh chóng mật độ của các dòng hành khách do sự phát triển của thành phố và dân cư đô thị. Các loại giao thông đô thị đã có như ô tô buýt, tàu điện... không thể đáp ứng được nhu cầu đi lại của người dân. Nhu cầu đi lại, giao thông nói chung của dân cư đô thị thường tăng nhanh hơn sự phát triển của đường phố, đặc biệt là ở những khu phố đã xây dựng xong.

Do đó người ta phải sử dụng một dạng vận tải mới đó là metro, đây là loại hình giao thông đường sắt tốc độ chuyển động cao nằm dưới ngầm. Sự cần thiết của việc xây dựng tuyến tàu điện ngầm thường phát sinh vào thời điểm mà khả năng giao thông lớn nhất của các phương tiện đã có không đáp ứng nổi nhu cầu của dân cư đô thị và khi mà đi lại từ ngoại ô vào trung tâm thành phố phải chi phí thời gian lớn hơn 30 phút.

Tuy nhiên sự cần thiết phải xây dựng tuyến tàu điện ngầm không phải lúc nào cũng phù hợp với sự hợp lý về mặt kinh tế. Về mặt kinh tế việc xây dựng tuyến tàu điện ngầm được xem là hợp lý khi khả năng vận chuyển trên 1 km đường theo một hướng không nhỏ hơn 6,0 đến 6,5 triệu hành khách trong một năm (theo tính toán của Liên Xô cũ) (Nguyễn Thế Phùng, 2008) [12]. Điều này tương ứng với mật độ giao thông vào giờ cao điểm theo một hướng của tuyến vào khoảng 20 - 30 nghìn người trong một giờ (Nguyễn Thế Phùng, 2008) [12]. Tuy nhiên hầu hết các thành phố khi xây dựng các tuyến tàu điện ngầm đầu tiên xuất phát từ sự cần thiết phải thỏa mãn nhu cầu của dân cư đối với phương tiện giao thông không phải là trước mặt và từ sự tiện nghi, sự hợp lý của tuyến đường trong tương lai.

Khi thiết kế, xây dựng và cải tạo các công trình tàu điện ngầm cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Các giải pháp kỹ thuật phải đảm bảo không gây sự cố trong quá trình

xây dựng và khai thác công trình;

- Sử dụng các vật liệu, thiết bị, các chế phẩm hiện đại, phù hợp với các tiêu chuẩn, cũng như sử dụng các vật liệu, thiết bị, các chế phẩm được chế tạo theo các tiêu chuẩn nước ngoài có chứng nhận kỹ thuật tương ứng;

- Công nghiệp hoá xây dựng trên cơ sở các phương tiện hiện đại của tổ hợp cơ giới hóa và tự động hóa quá trình thi công, cũng như áp dụng các kết cấu điển hình, chi tiết thiết bị và máy móc đáp ứng các tiêu chuẩn quốc tế;

- Các phương tiện kỹ thuật, giải pháp quy hoạch - không gian công trình ngầm và các điều kiện khai thác phải đảm bảo an toàn cháy, an toàn chạy tàu, an toàn cho hành khách trên tàu, trên thang cuốn, trong thang máy, trên sân ga và trong các đường hầm;

- Các giải pháp kỹ thuật phải đảm bảo tiêu chuẩn vệ sinh, quy định bảo hộ lao động cho công nhân và nhân viên phục vụ trong các giai đoạn xây dựng và khai thác sử dụng;

- Cơ giới hoá và tự động hoá tối đa các quá trình khai thác sử dụng, nâng cao tiên nghi đi lại của hành khách, nâng cao năng suất lao động của nhân viên, tuân thủ các nguyên tắc sinh thái lao động và thẩm mỹ kỹ thuật;

- Có biện pháp thích hợp bảo vệ môi trường xung quanh, các công trình di tích lịch sử và văn hoá.

1.1.1. Đường bao gần đúng cho mặt cắt ngang đường hầm metro

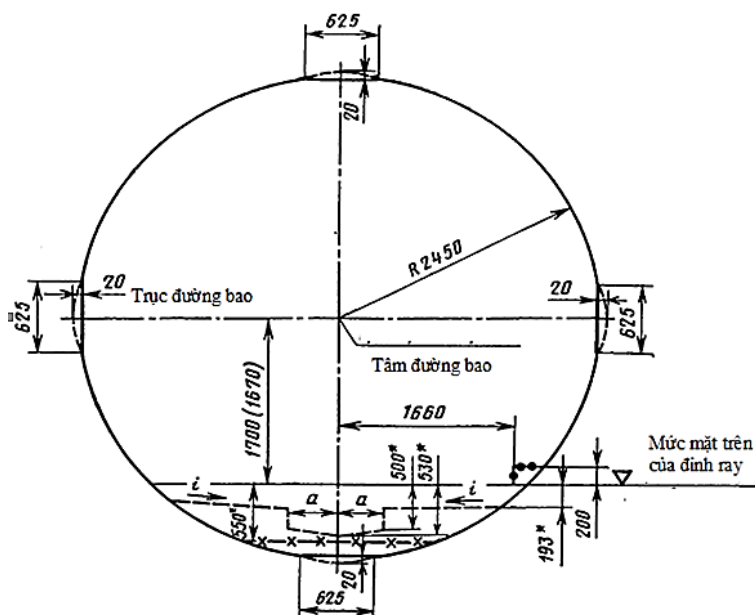
Hình dạng khuôn trong của đường hầm và của ga hầm metro được thiết kế phù hợp với khổ đường bao gần đúng của đường hầm. Ở nước ta, kích thước đường bao gần đúng có hai loại là đường hầm mặt cắt ngang hình tròn hoặc hình chữ nhật. Đường bao gần đúng cho đường hầm một đường xe phải bao gồm các phần diện tích sau:

- Phần diện tích cho tàu chuyển động;
- Phần diện tích cho các thiết bị chuyển động theo tàu;
- Phần diện tích an toàn, kỹ thuật;
- Phần diện tích bố trí các trang thiết bị vệ sinh, hệ thống điều khiển tự động, hệ thống thông tin liên lạc, hệ chiếu sáng, các loại cáp, đường ống dẫn, ngoài ra

còn phải bố trí lối cho người phục vụ trong thời gian tàu chạy.

* Đối với các hầm dạng tròn thì khổ tĩnh không là một vòng tròn **Hình 1.1** bị cắt theo đầu của các đường kính thẳng đứng và nằm ngang. Phần phía dưới bên phải theo chiều chạy tàu có phần lối vào phía trong vòng tròn để làm đường phục vụ. Đường bao gần đúng này dùng cho cả đoạn đường tàu cong với bán kính 200 m trở lên.

* Trong đường bao gần đúng của hầm tiết diện hình chữ nhật được đưa vào một đường phục vụ bố trí ở bên phải hầm theo hướng đoàn tàu chuyển động. Vì thế tường phải đẩy xa khỏi trục đường và cách trục đường một khoảng 2200 mm. Nếu tường thay bằng cột thì khoảng cách từ trục đường đến mép thẳng đứng của đường bao gần đúng không bị hạn chế bởi việc bố trí các cột lấy bằng 1900 mm. Ngoài những đường này trên bản vẽ đường bao gần đúng còn chỉ ra một đường thẳng đứng nửa cách tim đường 2450 mm giành cho đường trên cầu và đối với tường chắn cho đoạn đường chạy trên mặt đất.



Hình 1.1. Kích thước đường bao hầm metro hình tròn [12]

Trên **Hình 1.2** giới thiệu đường bao gần đúng hầm metro mặt cắt ngang chữ nhật dành cho những đoạn tuyến thẳng. Đối với các đoạn đường cong, thì các kích thước ngang của đường bao này phải được tăng lên.

hầm nhiều tuyến thì có từ ba đến sáu đường.

Số lượng đường trong hầm nối giữa các ga phụ thuộc vào mật độ hành khách của tuyến, độ sâu đặt hầm, loại tiền sảnh và phương pháp xây dựng hầm.

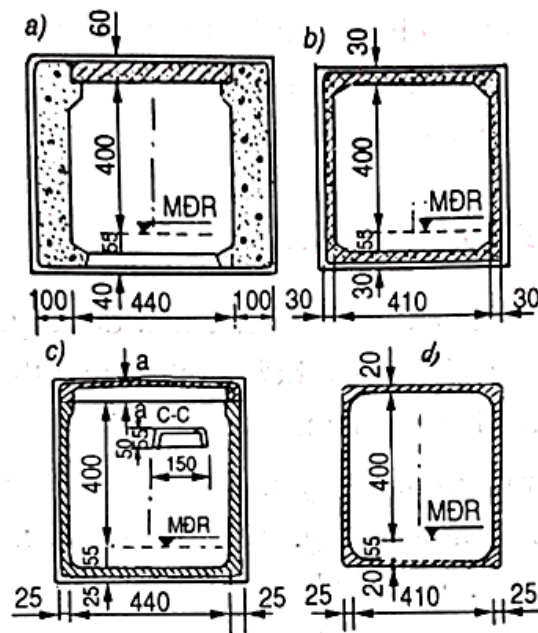
Khi hầm được đặt ở độ sâu lớn thì phải áp dụng phương pháp đào ngầm, thì đa số các hầm nối giữa các ga được lựa chọn là tuyến đơn, mặt cắt ngang của hầm thường có dạng hình tròn.

Khi hầm đặt ở độ sâu nhỏ, thi công bằng phương pháp hở, thì các hầm thường chọn là hầm tuyến đôi, mặt cắt ngang của đường hầm được lựa chọn là hình chữ nhật. Tuy nhiên trong thực tế cũng có một số hầm tuyến đôi xây dựng bằng phương pháp ngầm ở các độ sâu khác nhau.

Hầm nối giữa các ga nhiều tuyến chỉ gặp ở các thành phố lớn với những tuyến rất phát triển và mật độ hành khách quá cao. Những hầm nhiều tuyến đã có hầu hết là những hầm đặt nông và thi công bằng phương pháp hở.

Hầm đặt nông trong điều kiện địa chất công trình thuận lợi là điều kiện cơ bản nhất để xem xét thiết kế các hầm nhiều tuyến. Trường hợp không có điều kiện trên thì hầm nhiều tuyến được chia cắt ra làm nhiều hầm tuyến đơn hoặc tuyến đôi.

Theo kết cấu của vỏ chống, hầm nối giữa các ga được chia thành hầm một nhịp, hầm hai nhịp và hầm nhiều nhịp; hầm một vòm, hầm hai vòm. Ba nhóm đầu là phân loại đối với hầm có trần phẳng, còn hai nhóm sau là cho hầm có dạng vòm (**Hình 1.4**).



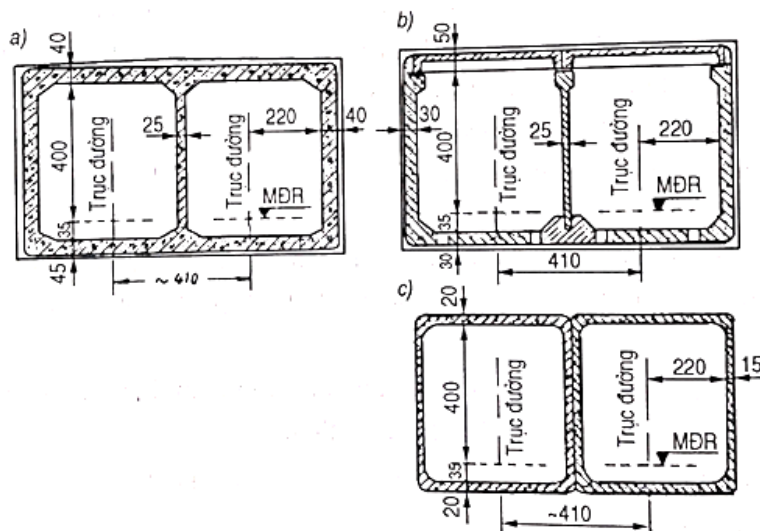
Hình 1.4. Mẫu kết cấu vỏ đường hầm metro ở độ sâu nhỏ với tiết diện hình thang [12]

Các kết cấu bao che và kết cấu chịu lực bên trong các công trình ngầm cũng như vật liệu hoàn thiện kiến trúc các công trình phải đáp ứng yêu cầu về độ bền, độ bền lâu, an toàn cháy, ổn định dưới các tác động khác nhau của môi trường bên ngoài, đặc tính đơn giản, hiệu quả kinh tế cao, có khả năng cơ giới hóa cao khi thi công.

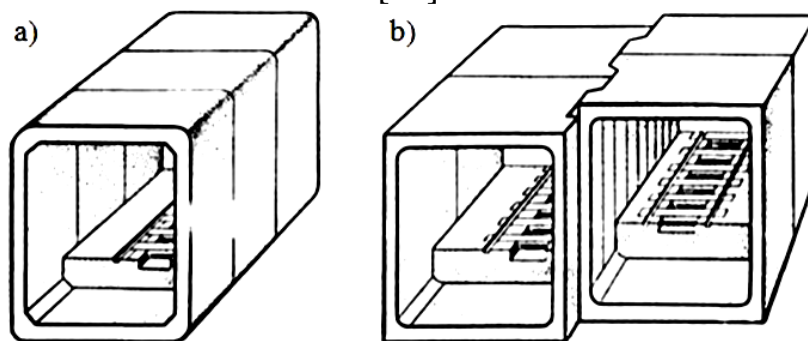
Các kết cấu, vật liệu xây dựng được sử dụng và các phương pháp thi công phải đảm bảo tuổi thọ quy định của vỏ công trình ngầm.

Vỏ hầm phải kín và được làm từ các cấu kiện *bê tông cốt thép lắp ghép* hoặc các *cấu kiện gang*, hoặc bê tông hoặc bê tông cốt thép toàn khối.

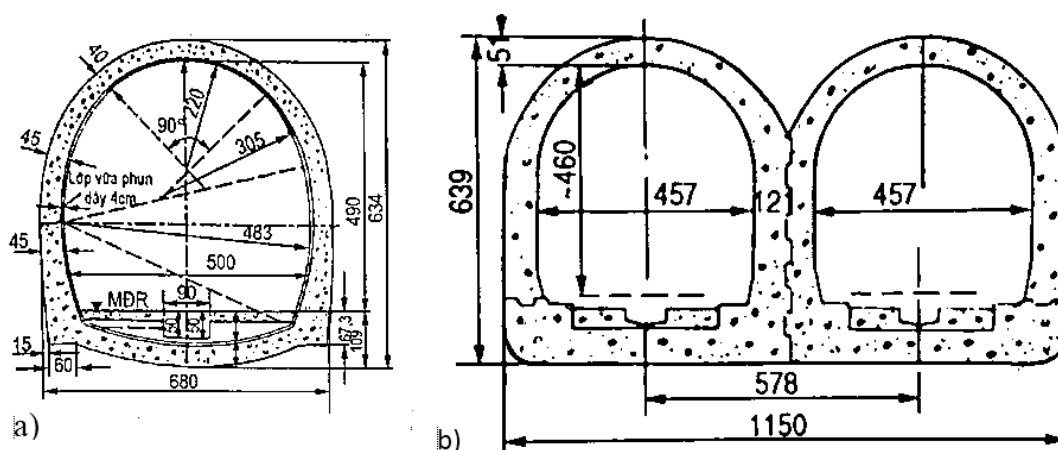
Trường hợp hầm nằm ở độ sâu lớn, trong điều kiện địa chất phức tạp khi đó có thể sử dụng các kết cấu chống giữ từ các tấm tubing gang, tubing bằng bê tông cốt thép đúc sẵn. Thông thường người ta sử dụng tubing bằng bê tông cốt thép đúc sẵn, do bê tông cốt thép đúc sẵn có khả năng mang tải lớn hơn tubing gang. Trong điều kiện địa chất thông thường vỏ chống đường hầm thường sử dụng là bê tông cốt thép liền khối, mức tối thiểu của bê tông phải từ 200,300. Các kết cấu hầm metro điển hình với hầm đôi hình chữ nhật được thể hiện trên **Hình 1.5**, **Hình 1.6**. Kết cấu hầm hình vòm với tuyến đơn và tuyến đôi được thể hiện trên **Hình 1.7.b**.



Hình 1.5. Kết cấu hầm tàu điện ngầm hình chữ nhật có hầm đôi đặt gần nhau [12]

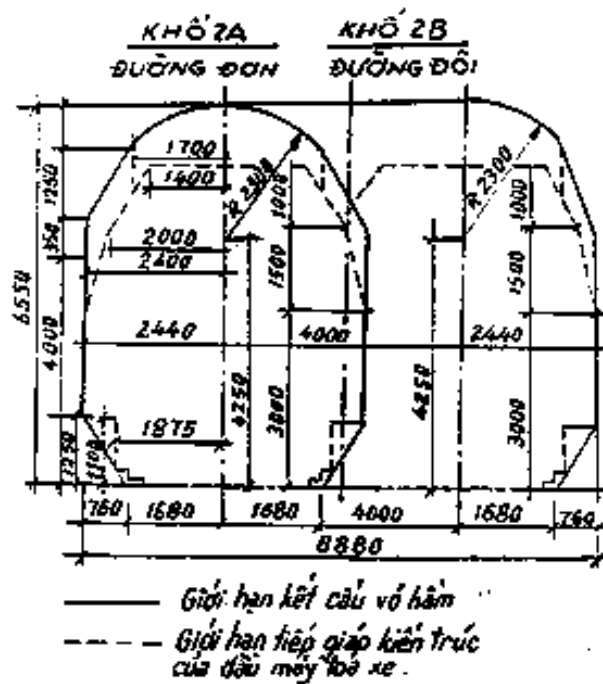


Hình 1.6. Kết cấu hầm tàu điện ngầm hình chữ nhật [12]
Hầm đơn; b) Hầm đôi đặt gần nhau
Kết cấu vỏ hầm nối giữa các ga được thể hiện trên các hình 1.6; hình 1.7



Hình 1.7. Kết cấu vỏ đường hầm tàu điện ngầm hình vòm ở độ sâu lớn [12]
a) Kết cấu vỏ hầm một vòm của hầm metro tuyến đơn;
b) Kết cấu vỏ hầm hai vòm của hầm metro tuyến đôi.

Hình 1.8 giới thiệu kích thước tiết diện điển hình của hầm metro tuyến đôi theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4527:1988 cho đầu tàu điện.



Hình 1.8. Kích thước đường hầm tàu điện ngầm khổ đôi theo TCVN [59]

Một số tiêu chuẩn quy phạm liên quan đến việc thiết kế hầm metro đang được sử dụng tại một số dự án hầm ở Việt Nam:

- EN1990:2002 + A1: 2005/AC:2010: *Cơ sở thiết kế kết cấu EN 1991-1 Các tác động lên kết cấu*;
- EN 1997-1 *Thiết kế địa kỹ thuật*;
- QCVN 08 - 2009 Bộ Xây Dựng - *Công trình ngầm đô thị - Gara*;
- QCVN 08 - 2009 Bộ Xây Dựng - *Công trình ngầm đô thị - Ga tàu điện ngầm*;
- *Standard Specifications for Tunneling 2016: Cut and Cover Tunnels Standard Specifications for tunneling 2016: Shield tunnel*;
- TCVN 9386 - 2012: *Thiết kế công trình chịu động đất*;
- TCVN 4527:1988: *Hầm đường sắt và hầm đường ô tô-Tiêu chuẩn thiết kế*;
- ITA-Group2 (2000);
- *Recommendation of AFTES N°GT38R1A1: Design, dimensioning and execution of precast steel fibre reinforced concrete arch segments*;

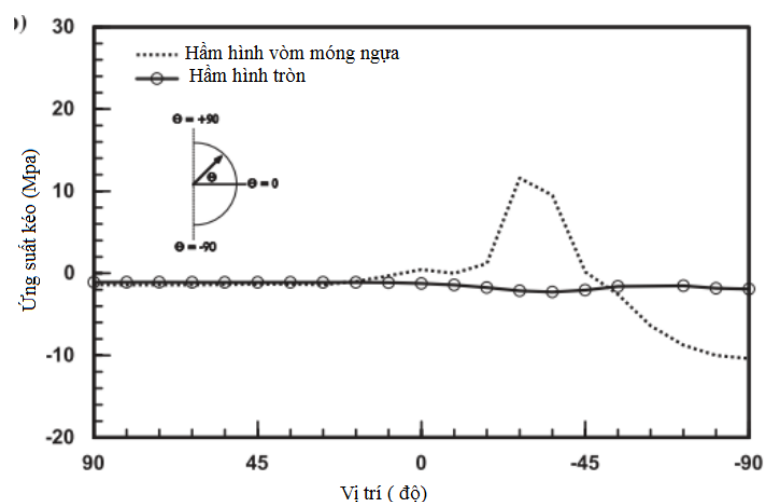
1.5. Phân tích ảnh hưởng của hình dạng, kích thước hợp lý của tiết diện ngang hầm metro tới ứng xử vỏ hầm không tròn

Các kết quả thí nghiệm cũng như kinh nghiệm thực tiễn đã chỉ ra rằng: độ ổn định và trạng thái ứng suất xung quanh công trình ngầm phụ thuộc *hình dáng, tiết diện công trình ngầm, điều kiện địa chất xung quanh đường hầm, phương pháp thi công và độ sâu bố trí đường hầm, điều kiện nước ngầm ...* Hệ số tập trung ứng suất trên chu tuyến công trình ngầm phụ thuộc vào độ cong của đường biên đường

hầm.

Theo một số kết quả nghiên cứu, kết cấu đường hầm có thể được chia thành hai loại chính (British Tunneling Society, 2001): 1. Kết cấu chịu nén, ví dụ: đường hầm hình chữ nhật, và 2. cấu trúc chịu nén, ví dụ: các đường hầm hình tròn. Trong thực tế, một đường hầm tròn thường được sử dụng để tránh tạo ra sự tập trung ứng suất và ứng suất kéo trong vỏ hầm. Tuy nhiên, đường hầm hình tròn thông thường không phù hợp trong một số trường hợp vì cần một lượng lớn đất đào và nhiều không gian không được sử dụng. Để khắc phục những vấn đề này, các mặt cắt không hình tròn, ví dụ: Thay vào đó, hình móng ngựa hoặc hình chữ nhật cong được xem xét. Hình dạng đường hầm có ảnh hưởng đáng kể đến ứng xử của vỏ hầm. Để khảo sát các đặc tính cơ học của các loại hình dạng đường hầm khác nhau, một số nghiên cứu đã được thực hiện. Nhiều tác giả đã chỉ ra rằng tải trọng động có thể gây ra mômen uốn đáng kể trong đường hầm không hình tròn, dẫn đến tăng ứng suất kéo và giảm khả năng làm việc của kết cấu (Peck, 1969; O'Rourke, 1984).

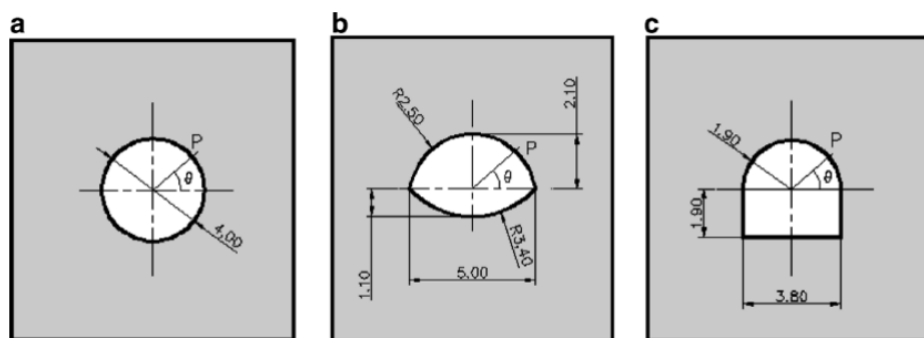
Tác giả (Shin et al., 2005) kết luận rằng hình dạng đường hầm là một yếu tố quan trọng chi phối ứng xử của vỏ hầm. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng mặc dù áp lực chủ động tác dụng không đổi trong trường hợp mặt cắt hình móng ngựa, nó gây ra sự tập trung ứng suất do sự gia tăng mômen uốn ở các góc. Để định lượng ảnh hưởng của hình dạng đường hầm, các tác giả đã thực hiện phân tích ứng xử vỏ hầm của một đường hầm tròn tương đương với cùng diện tích mặt cắt ngang của đường hầm hình móng ngựa và kết quả được so sánh với kết quả của đường hầm hình móng ngựa. Điều kiện địa chất, độ sâu của đường hầm và tất cả các phương pháp lập mô hình đều giống như các phương pháp được sử dụng cho đường hầm hình móng ngựa. **Hình 1.21** thể hiện sự phân bố của ứng suất chính lớn nhất, giả sử lực dọc là dương, xung quanh vỏ hầm cho cả đường hầm hình tròn và hình móng ngựa. Có thể thấy rằng đối với đường hầm hình tròn, ứng suất chính lớn nhất là nén ở mọi nơi, trong khi ở phần dưới của thành hầm của đường hầm hình móng ngựa, ứng suất kéo xuất hiện. Ngoài ra, sự tập trung ứng suất xảy ra ở các góc của đường hầm hình móng ngựa.



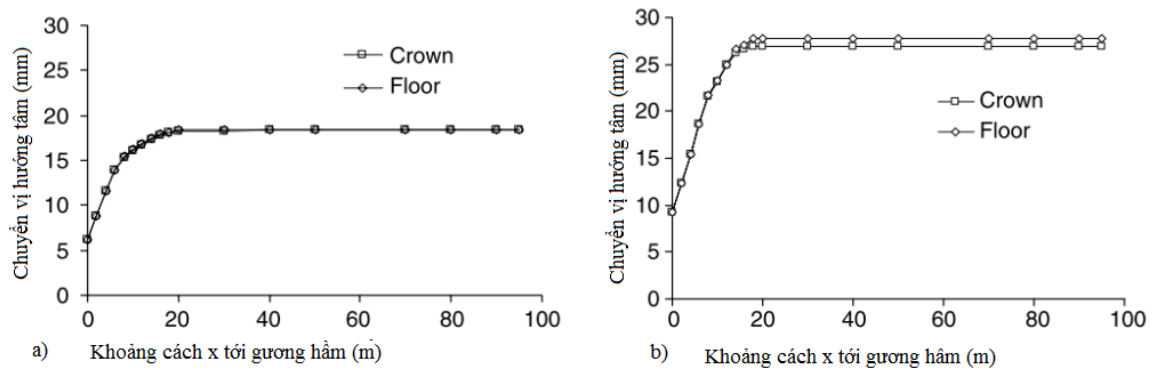
Hình 1.21. Ảnh hưởng của hình dạng đường hàm lên ứng suất trong vỏ chống

(González-Nicieza et al, 2008) [51] đề xuất một sửa đổi của phương pháp hội tụ-giới hạn (CCM) để khảo sát ảnh hưởng của hình dạng đường hàm đến các chuyển vị hướng tâm của đường hàm. Một phương trình gần đúng đã được thiết lập cho phép xác định sự hội tụ như một hàm của hình dạng của mặt cắt ngang đường hàm và của điểm được khảo sát trên chu vi mặt cắt ngang hàm. Ba hình dạng mặt cắt ngang điển hình của đường hàm được nghiên cứu gồm: hình tròn (Kiểu I), hình vòm (Kiểu II), hình chữ U (Kiểu III), được xem xét và phân tích ba chiều bằng FLAC^{3D}. Kích thước của từng loại đường hàm được thể hiện trong **Hình 1.22** cùng với góc của các góc.

Các đường cong dịch chuyển hướng tâm thu được dưới dạng hàm của khoảng cách đến mặt x, tại các điểm phân bố đều dọc theo mặt cắt ngang. **Hình 1.22** thể hiện chuyển vị hướng tâm được tính toán, như một hàm của khoảng cách x đến gương, được đăng ký trong sàn và trên đỉnh đối với đường hàm hình tròn (Loại I) và đường hàm xe đẩy (Loại II).

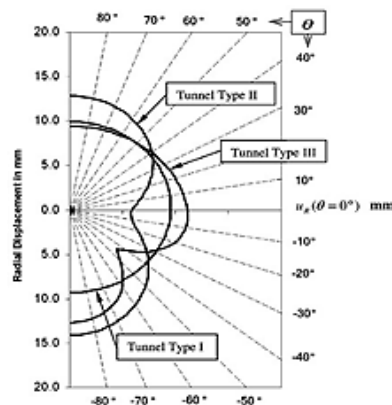


Hình 1.22. Hình dạng và kích thước mặt cắt ngang đường hầm: (a) Đường hầm loại 1; (b) đường hầm Loại 2; (c) đường hầm Loại 3



Hình 1.23. Chuyển vị hướng tâm vs. khoảng cách x từ gương hầm: (a) Đường hầm loại I; (b) Đường hầm loại II (González -Nicieza và cộng sự, 2008) [51]

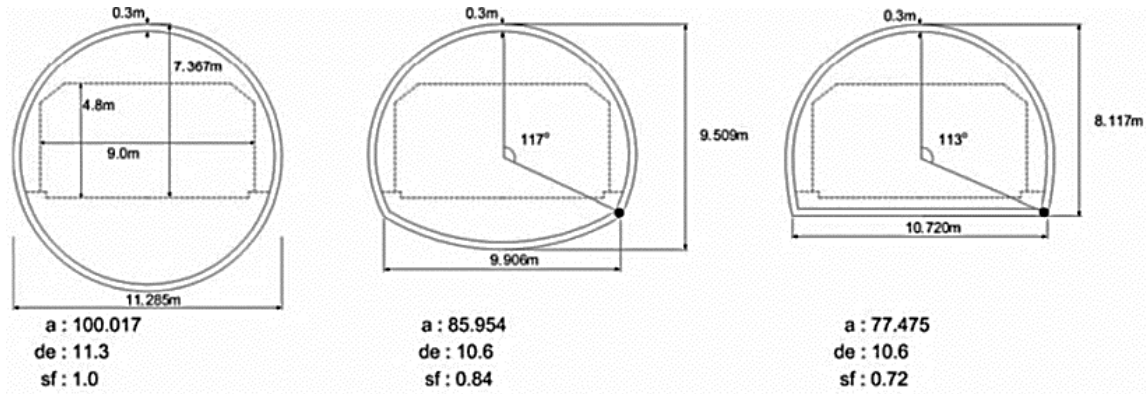
Trong **Hình 1.24**, các chuyển vị đặt được trong mô hình ba chiều được so sánh với nhau cho ba loại đường hầm. Kết quả chỉ ra rằng chuyển vị hướng tâm phần nóc hoặc trong tường bên là khác nhau đáng kể cho các loại hầm tiết diện không tròn, điều kiện quyết định đến việc đưa ra các đánh giá về độ ổn định của đường hầm. Ngoài ra, kết quả cũng chỉ ra sự dịch chuyển hướng tâm của các đường hầm không tròn lớn hơn nhiều so với các đường hầm hình tròn. Kết quả của González-Nicieza et al. (2008) đưa ra các hàm chuyển vị cho các đường hầm với hình dạng thông thường cho phép xác định giá trị của độ dịch chuyển hướng tâm trong điều kiện cụ thể.



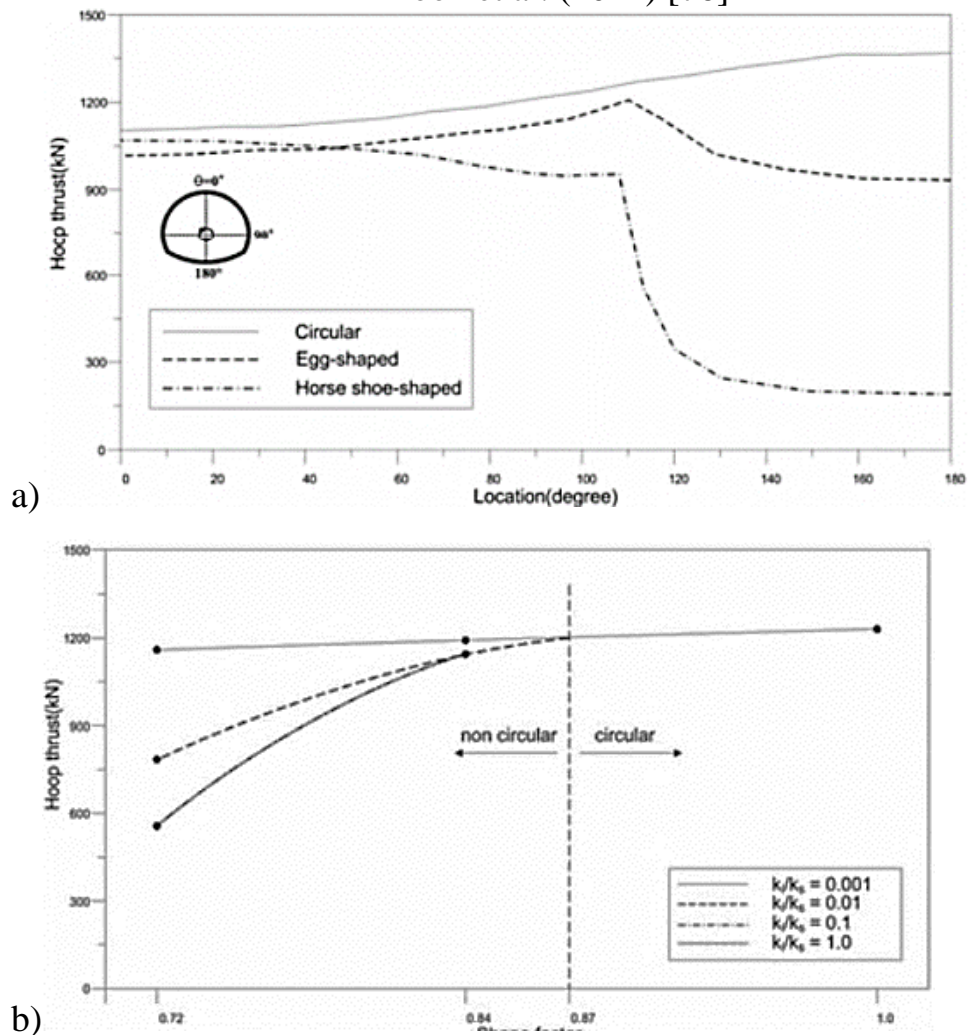
Hình 1.24. Chuyển vị hướng tâm $u_R(\theta)$ cho ba loại đường hầm ở độ sâu 250m (González-Nicieza và cộng sự, 2008) [51]

Tác giả Yoon et al. (2014) [76] khảo sát ảnh hưởng của mặt cắt ngang đường hầm đến ứng xử của lớp vỏ hầm sử dụng một phân tích kép. Nghiên cứu khảo sát cho ba mặt cắt ngang điển hình của đường hầm gồm hình tròn, hình trứng

có vòm ngược và hình móng ngựa đáy phẳng như trong **Hình 1.25**. Kích thước mặt cắt ngang của hầm trong nghiên cứu có chiều rộng 9 m, cao 4,8 m. Để so sánh ảnh hưởng của hình dạng, hệ số hình dạng (s_f) được định nghĩa là tỷ lệ giữa chiều cao và chiều rộng đường hầm.

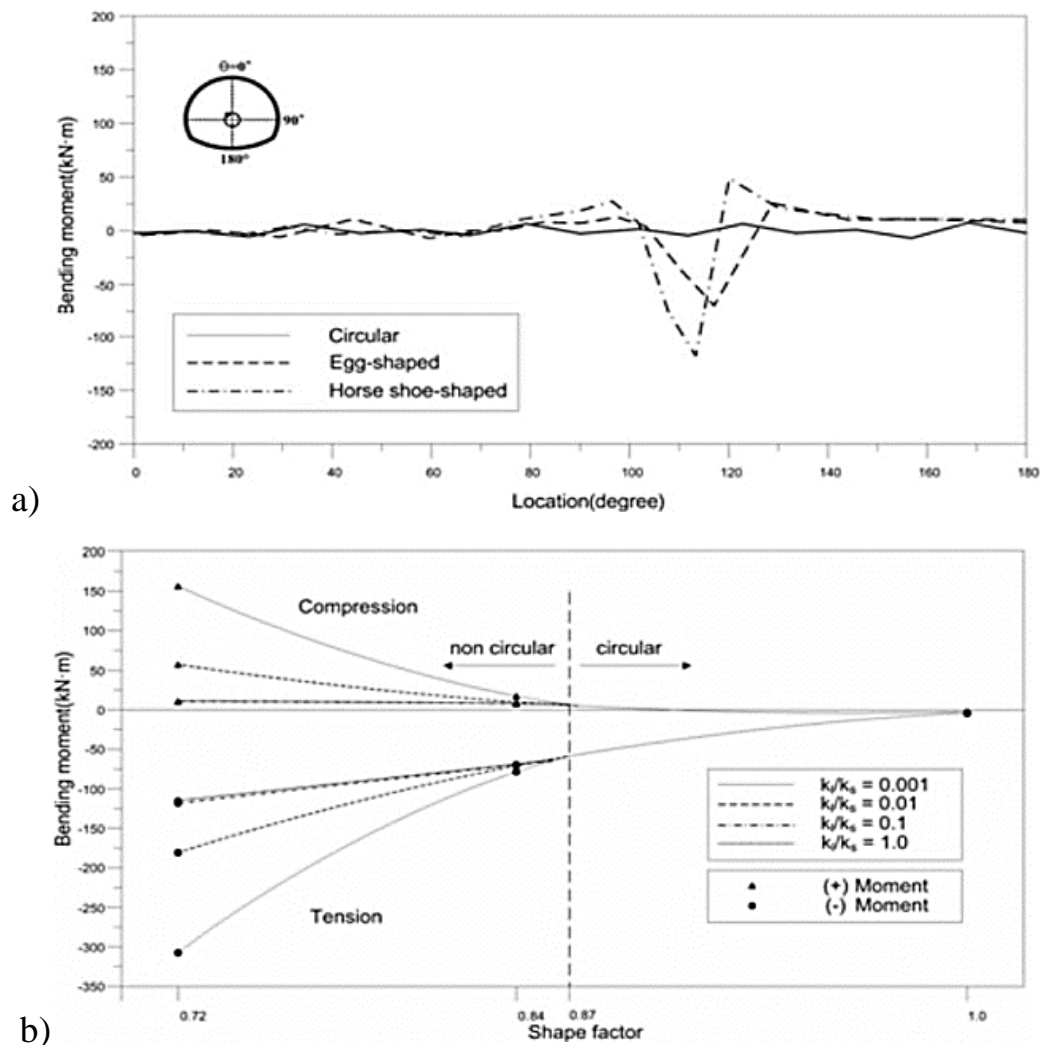


Hình 1.25. Ảnh hưởng của mặt cắt ngang đường hầm đến ứng xử của lớp vỏ hầm Yoon et al. (2014) [76]



Hình 1.26. Lực dọc đối với từng hình dạng đường hầm: (a) Lực dọc trong vỏ hầm ($k_l/k_s = 0,1$), (b) Lực dọc lớn nhất: k_l và k_s lần lượt là độ thấm của vỏ hầm và đất, (Yoon et al., 2014) [76]

Sự phân bố mômen uốn của vỏ hầm cho mỗi mặt cắt ngang được thể hiện trong **Hình 1.26.a**. Trong trường hợp của hình tròn, mômen uốn nhỏ và không đổi trong toàn bộ lớp vỏ hầm. Với đường hầm có tiết diện ngang hình trứng và mặt cắt ngang hình móng ngựa cho thấy những thay đổi lớn trong mô men uốn từ âm (-) sang dương (+) theo giá trị các góc. Giá trị cực đại của mômen uốn lớn nhất tăng theo áp lực nước lỗ rỗng do sự suy giảm thủy lực, đặc biệt là trong các trường hợp các đường hầm không tròn. Hầu như không có ảnh hưởng của độ từ thẩm tương đối (k_l/k_s) lên mômen uốn khi hệ số hình dạng (s_f) lớn hơn 0,87.



Hình 1.27. Mômen uốn vỏ hầm cho từng hình dạng đường hầm: (a) Mômen uốn trong vỏ chống ($k_l/k_s = 0,1$), (b) Mô men lớn nhất tại các góc (Yoon và cộng sự, 2014) [76]

So với đường hầm tiết diện tròn được sử dụng truyền thống thì đường hầm có mặt cắt ngang không tròn như hình chữ nhật cong có một số ưu điểm như: 1) không gian ngầm có thể được sử dụng hiệu quả hơn bằng cách thiết kế vỏ hầm phù hợp hơn với mục đích của đường hầm; 2) Mức độ tác tiêu cực đến môi trường

bề mặt và xung quanh khu vực thi công hầm có thể được giảm bớt, và; 3) Khối lượng đào đất đá và thải đất đá có thể được giảm bớt. Ngoài ra, một số đường hầm tiết diện không tròn như đường hầm chữ nhật cong là một kiểu tiết diện mới trong đào hầm. Nó kết hợp những ưu điểm của đường hầm hình tròn và hình chữ nhật, và sẽ được sử dụng rộng rãi trong tương lai (Liu et al., 2018) [30]. Tuy nhiên, cho đến nay rất ít nghiên cứu về đường hầm có mặt cắt ngang không tròn đặc biệt là hình chữ nhật cong vẫn chưa được chú ý. Ngoài ra, qua các kết quả tổng hợp trên cũng cho thấy việc lựa chọn hình dạng công trình ngầm hợp lý cũng là giải pháp tăng độ ổn định của công trình ngầm. Trong đá bền vững có điều kiện ổn định, nếu chọn hình dạng tiết diện ngang công trình ngầm hợp lý có thể không phải chống. Thực tế việc lựa chọn hình dạng công trình ngầm thường dựa trên những kinh nghiệm như sau:

- * Khi chỉ chịu áp lực nóc là chủ yếu, hợp lý nhất ta chọn tiết diện công trình ngầm có dạng hình vòm, tường (cột) thẳng đứng (**Hình 1.36.a**).

- * Khi cả áp lực nóc và hông đường hầm đều lớn, nên chọn hình dạng vòm tường cong (**Hình 1.36.b**).

- * Khi có áp lực từ mọi phía và cường độ gần như nhau nên chọn dạng hình tròn và hình móng ngựa với đáy ngược (**Hình 1.36.c.d**).

- * Trường hợp áp lực tác dụng mọi phía không đồng đều nhưng đối xứng ở nóc và nền có áp lực lớn hơn hai bên hông nên chọn dạng elíp có trục dài theo hướng có áp lực lớn hơn (**Hình 1.356e**).

Nếu xét về mặt chịu lực thì công trình ngầm có tiết diện ngang hình chữ nhật là dễ bị biến dạng nhất, tiết diện ngang hình tròn là ổn định nhất.

Việc lựa chọn hình dạng tiết diện ngang hợp lý của công trình ngầm còn phải thoả mãn theo điều kiện bền:

- Ở nóc và nền công trình ngầm bằng, nghiêng:

$$m.k_k.\lambda.\gamma.h < R_k$$

- Ở hai bên hông công trình ngầm:

$$m.k_n.\gamma.h < R_k$$

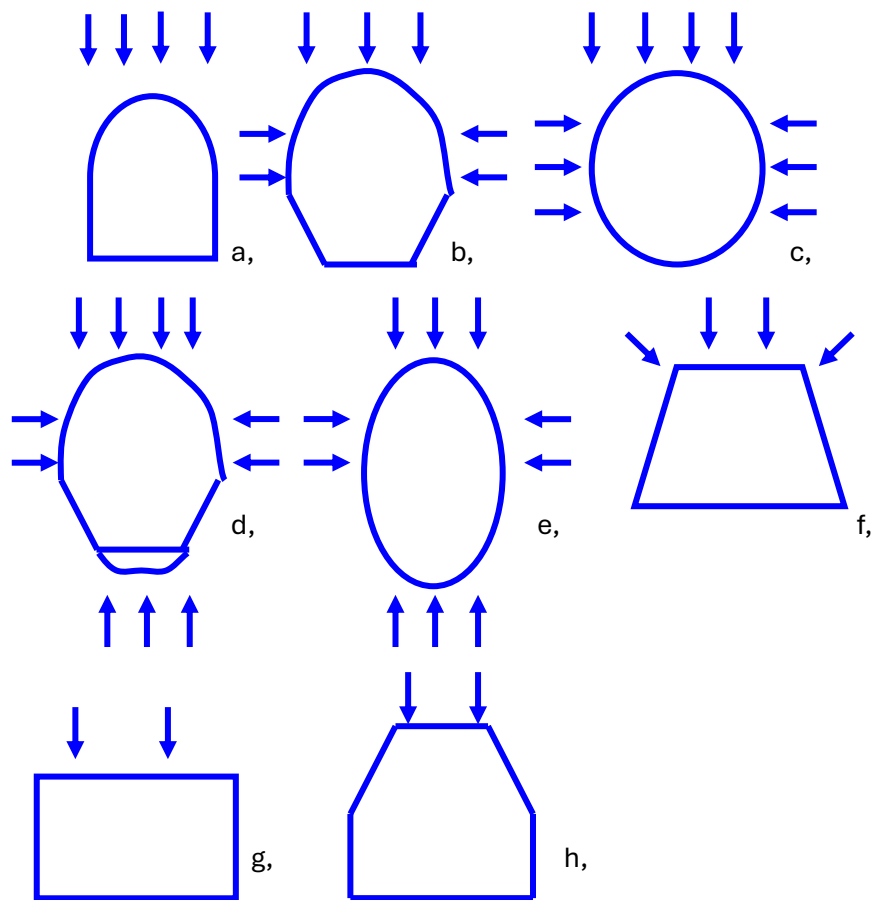
Ở đây: m - hệ số dự trữ bền (theo TCVN);

k_k, k_n - hệ số tập trung ứng suất kéo và nén;

λ - hệ số đẩy ngang;

h - độ sâu bố trí công trình ngầm;

R_k, R_n - giới hạn bền kéo và nén của đất đá (kN/m^2).



Hình 1.36. Lựa chọn hình dạng tiết diện ngang các công trình ngầm dựa trên đặc tính tải trọng tác dụng lên vỏ hầm

Ngoài ra, *ứng suất kéo* tại nóc và tường đường hầm được phát triển bởi Hoek và Brown có thể cho phép tính toán dự báo nhanh giá trị ứng suất kéo trong vỏ chống và so sánh với giá trị cho phép:

Ứng suất kéo trên nóc hầm: $\sigma_{tr} = (A \cdot k - 1) \sigma_z$

Ứng suất kéo trên tường hầm: $\sigma_{tw} = (B - k) \sigma_z$











A và B - hệ số ảnh hưởng của hình dạng tại vòm và tường cho các hình dạng khác nhau (**Hình 1.37**);

K_0 - hệ số áp lực ngang;

σ_z - ứng suất theo phương thẳng đứng;

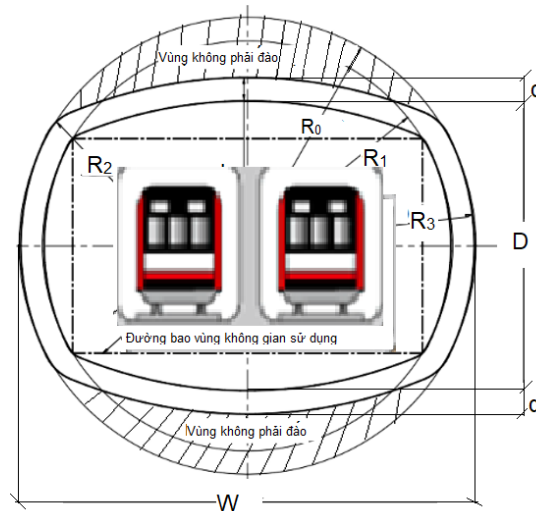
Thông thường, $k = 2-3$ cho đường hầm tiết diện hình móng ngựa khi tính ứng suất kéo. Đối với mặt cắt ngang hình móng ngựa, ứng suất kéo nóc hầm sẽ thay đổi giữa $\sigma_{tr} = (5,5 - 8,6) \cdot \sigma_z$;

Ứng suất kéo trên tường hầm có thể thay đổi: $\sigma_{tw} = \sigma_z (2,3 - k)$;

	Tunnel form									
										
A	5,0	4,0	3,9	3,2	3,1	3,0	2,0	1,9	1,8	1,8
B	2,0	1,5	1,8	2,3	2,7	3,0	5,0	1,9	3,9	3,9

Hình 1.37. Lựa chọn giá trị A, B theo tiết diện đường hầm

Tóm tắt từ các phân tích ở trên có thấy vấn đề được đặt ra trong đề tài là với hình chữ nhật cong giảm được tiết diện đào như **Hình 1.38** chưa có lời giải của giải tích nên việc đưa ra phương pháp tính kết cấu vỏ hầm lắp ghép cho loại hầm tiết diện này là hết sức cần thiết.



Hình 1.38. So sánh tiết diện hình tròn và hình chữ nhật cong

1.6. Nhận xét

Trong **chương 1**, đề tài đã phân tích tổng quan về các loại hình tiết diện ngang đường hầm metro, tình hình nghiên cứu, phương pháp tính toán thiết kế vỏ hầm lắp ghép của đường hầm metro với tiết diện khác nhau tại Việt Nam và trên thế giới. Nội dung Chương 1 cũng phân tích ảnh hưởng của hình dạng, kích thước đường hầm tới ứng xử của vỏ hầm lắp ghép thông qua một số kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của hình dạng tiết diện ngang các công trình ngầm đơn hoặc khi đào

2. Nghiên cứu đánh giá trạng thái ứng suất đường hầm metro tiết diện chữ nhật cong

2.1. Các đặc điểm về điều kiện địa chất, địa chất thủy văn khu vực đặt đường hầm metro tuyến số 03 dự án metro Hà Nội

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: Nhổn- 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 Nhổn - 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.

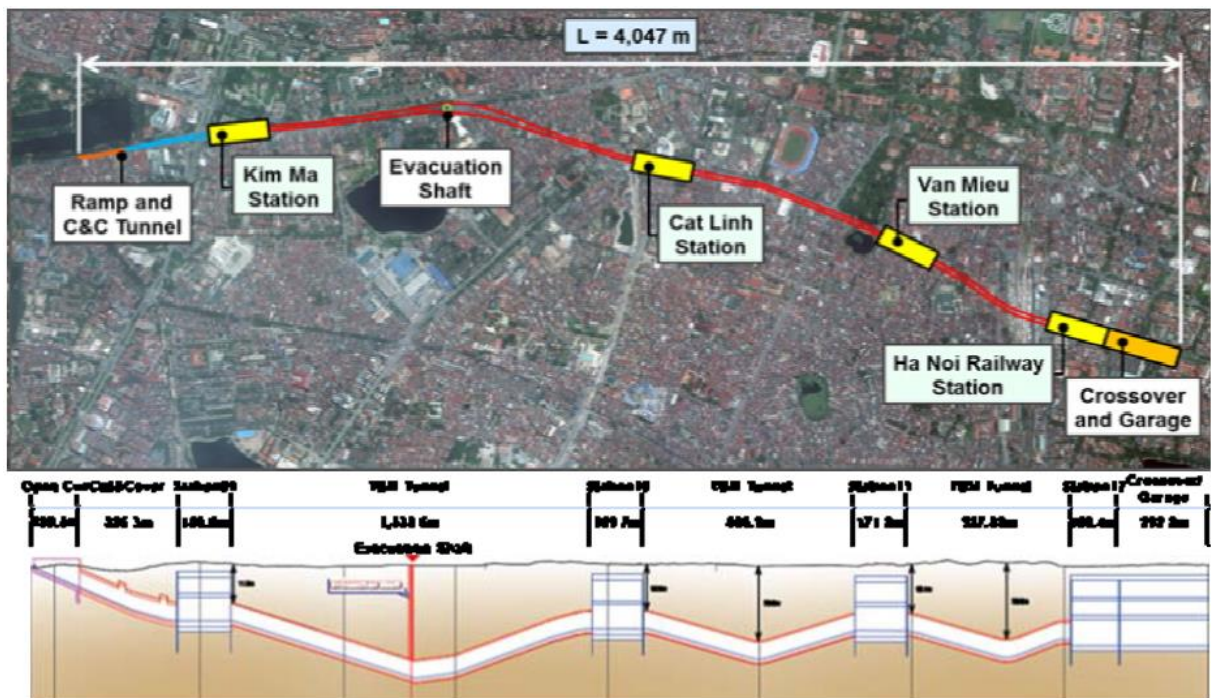
Tuyến số 8: Cổ Nhuế -Vành Đai 3 - Lĩnh Nam - Bát Tràng - Dương Xá. Chiều dài khoảng 28 Km. Có 9 tuyến đường được quy hoạch và phát triển trong quy hoạch nói trên như **Bảng 4.1 [66-72]**.

Các đoạn đường hầm trong tuyến tàu điện Nhổn - Cát Linh - Ga Hà Nội được thi công bằng phương pháp sử dụng máy đào TBM (tuyến số 3) như **Hình 4.1**. 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 chống đỡ 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 4.2** [66-71].



Hình 4.1. Sơ đồ các nhà ga trên cao và tuyến số metro 03, dự án đường sắt metro Hà Nội (Urbanist Hanoi, 2018) [66-72]

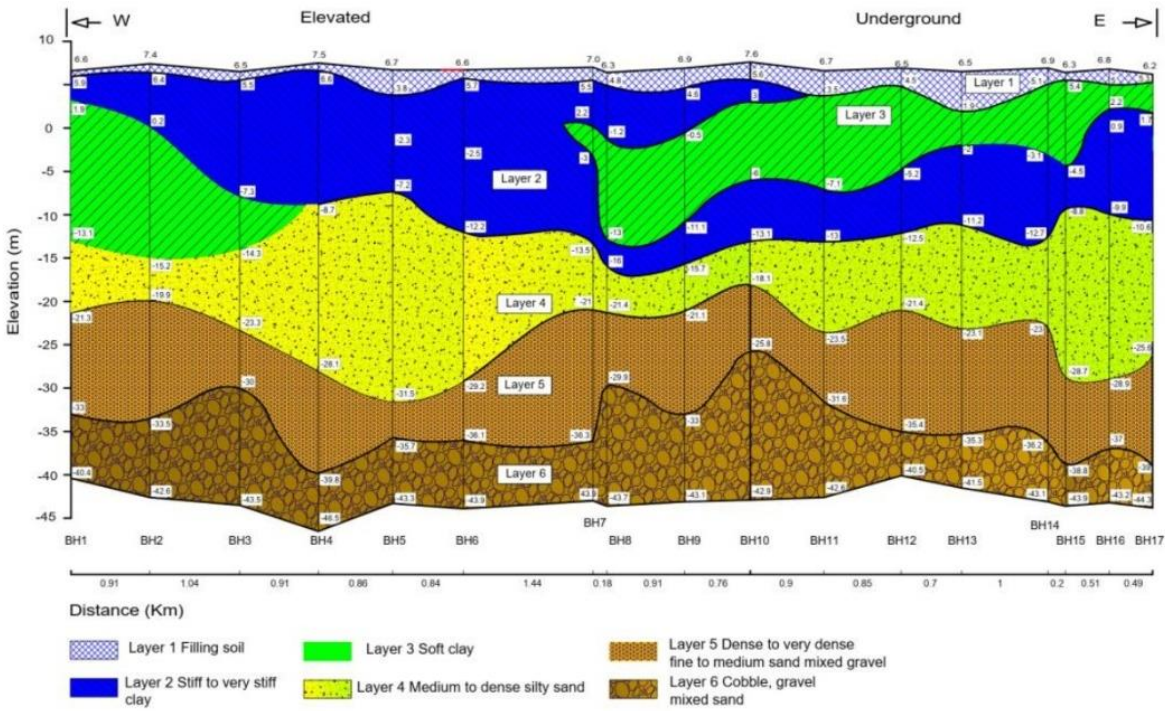


Hình 4.2. Mặt bằng, trắc dọc tuyến hầm metro số 03 dự án metro Hà Nội [66-72]

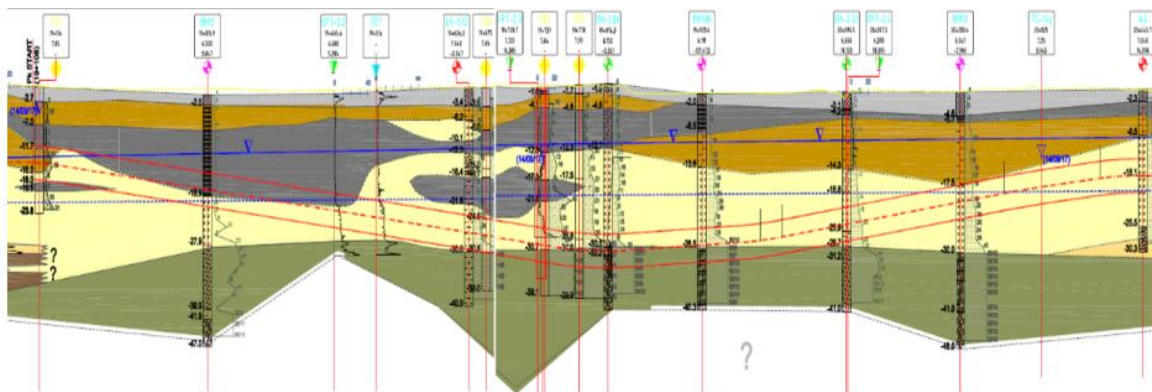
Khu vực đặt đường hầm metro tuyến số 3 dự án metro Hà Nội thuộc khu vực trung tâm Hà Nội nằm trên lưu vực của sông Hồng, qua các tài liệu khảo sát cũng như các mẫu khoan thí nghiệm, có thể kết luận khu vực từ mặt đất đến độ sâu khoảng 50 m là đất và được chia ra làm 6 lớp đặc trưng. Dưới độ sâu 50 m 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 $H=15$ m trong một loại đất đá, chiều dày vỏ chống 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) [66] được thể hiện trên **Hình 4.3** và theo (Young-Jin Shin et al., 2019) [72] được thể hiện trên **Hình 4.4 – Hình 4.6**.

Bảng 4.1. Đặc tính địa chất cơ bản của khu vực đặt tuyến metro số 03, Hà Nội [66]

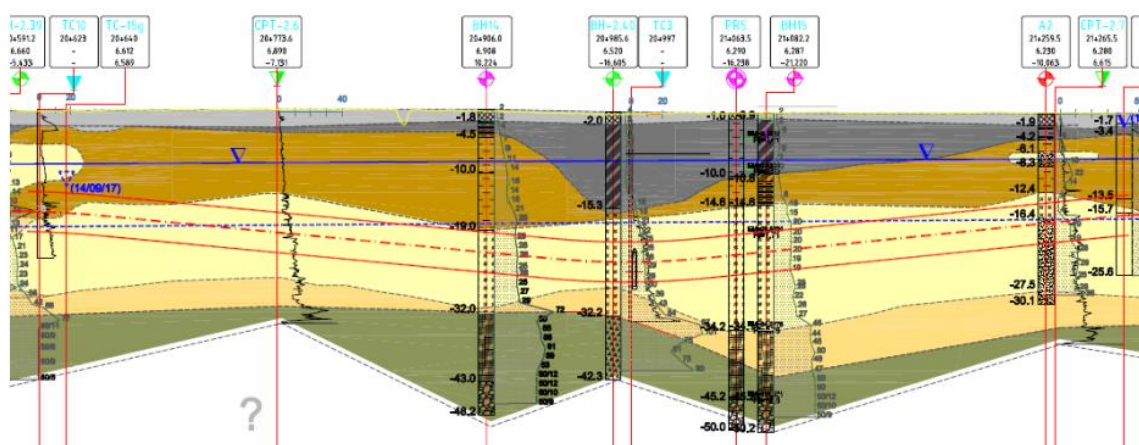
Số thứ tự lớp đất	Mô đun đàn hồi của các lớp đất, E, MPa	Hệ số Poát xông, μ	Chiều dày của các lớp đất (h), m	Chiều sâu của các lớp đất, m	Dung trọng của các lớp đất, ρ , g/cm ³	Mức nước ngầm trung bình, m
1	9,25	0,41	4,6	4,6	1,75	3,0
2	7,68	0,38	1,1	5,7	1,76	
3	15,3	0,35	11,8	17,5	1,81	
4	35,02	0,33	12,5	30	1,78	
5	40,9	0,32	11,0	41	1,83	
6	45,0	0,3	7,0	48	1,86	



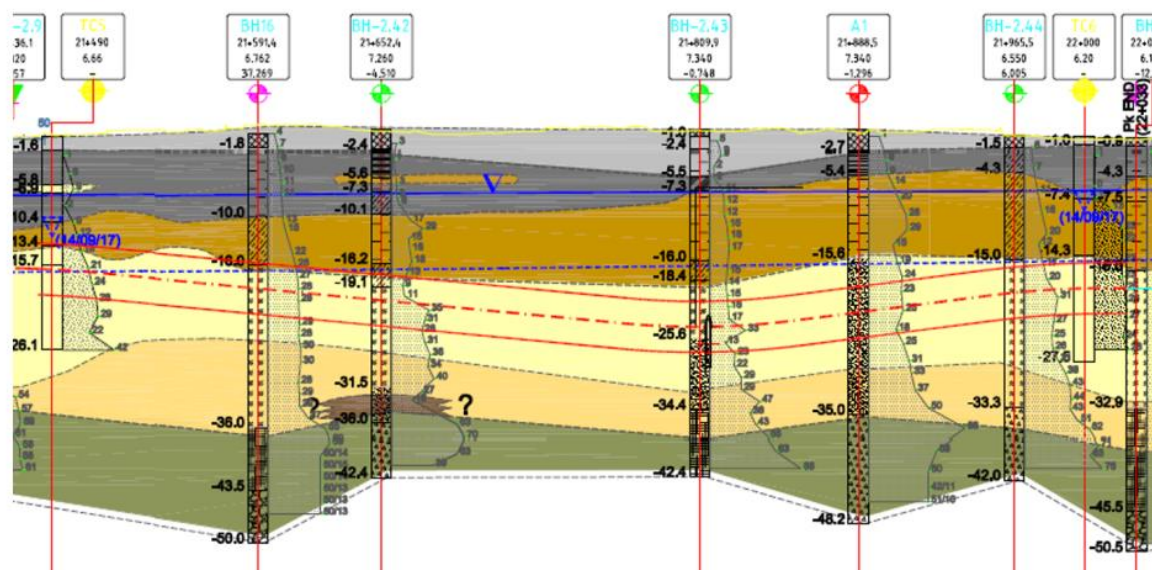
Hình 4.3. Trắc dọc địa chất tuyến metro số 03 (Theo Giao et al., 2018) [66]



Hình 4.4. Trắc dọc địa chất tuyến metro giữa ga St 09 và St 10 (Young-Jin Shin et al., 2019) [72]



Hình 4.5. Trắc dọc địa chất tuyến metro giữa ga St 10 và St 11 (Young-Jin Shin et al., 2019) [72]

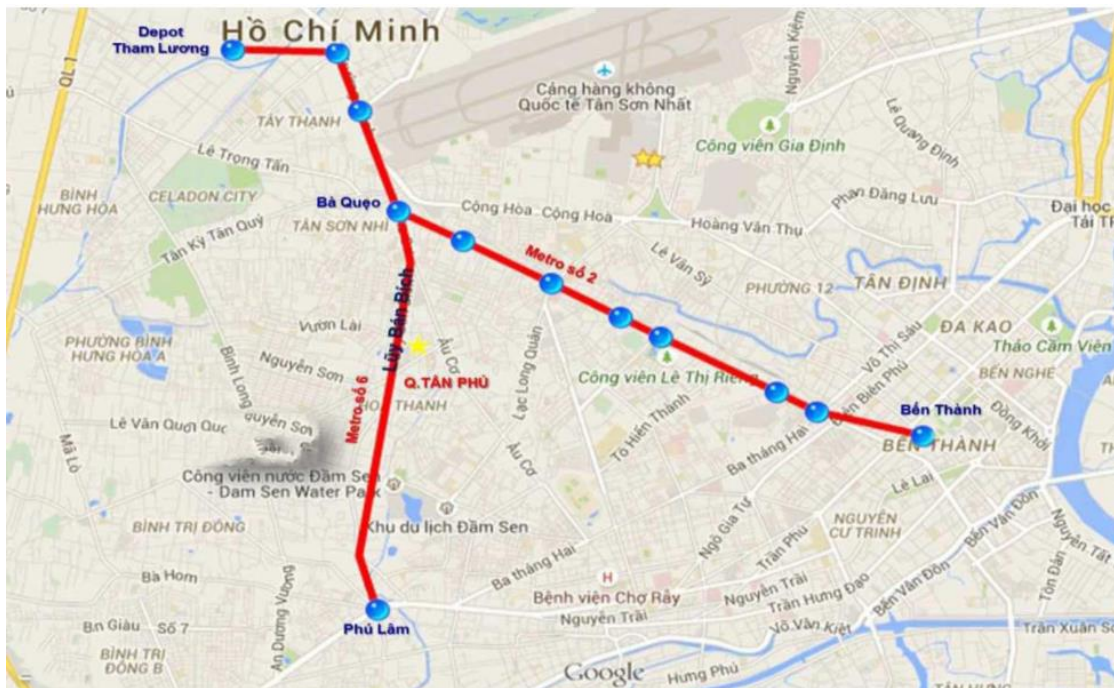


Hình 4.6. Trắc dọc địa chất tuyến metro giữa ga St 11 và St 12 (Young-Jin Shin et al., 2019) [72]

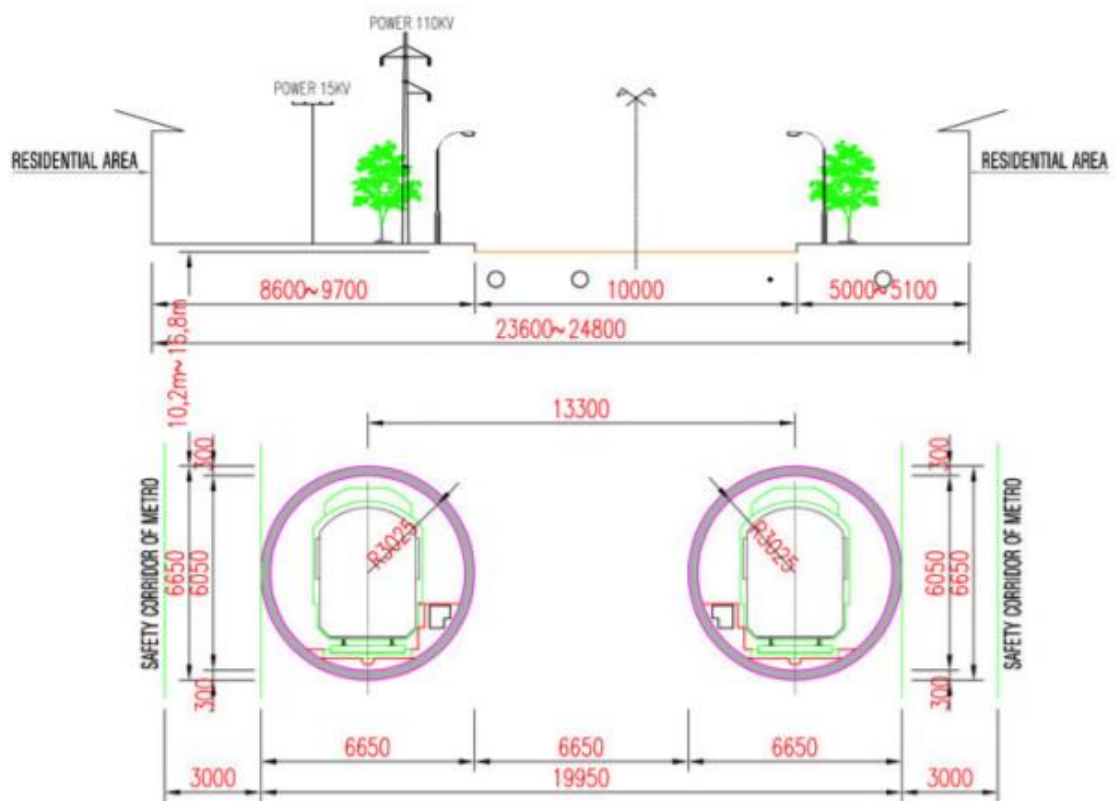
4.2. Mô tả đoạn hầm metro tuyến số 6 thuộc dự án hầm metro Hồ Chí Minh

Hiện tại dọc theo tuyến metro số 6 có các công trình kiến trúc thấp tầng, hạ tầng kỹ thuật đã được xây dựng trước đây. Một số công trình được xây dựng trên nền móng nông gia cố cừ tràm và một vài công trình cao tầng được xây dựng trên nền móng sâu như móng cọc, cọc nhồi, .v.v...

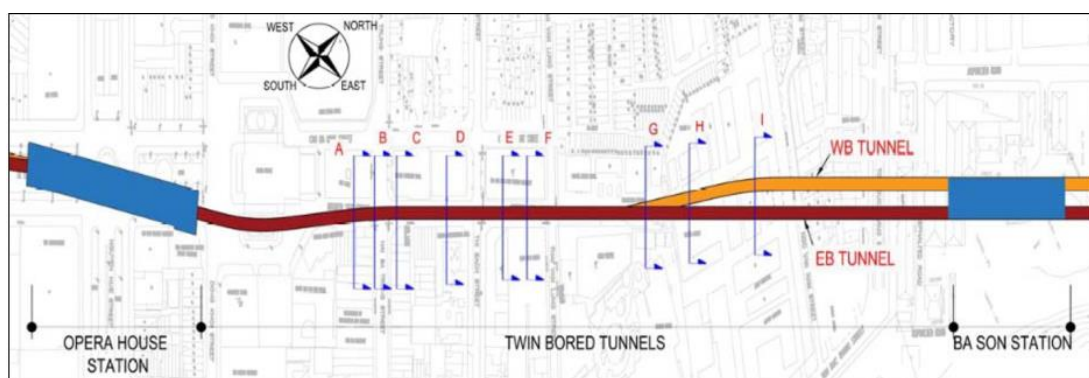
Đất nền khu vực xây dựng tuyến Metro số 6 (KM 0+900) có các đặc trưng được miêu tả trong **Bảng 4.2**, mặt bằng tuyến metro được thể hiện trên **Hình 4.7** - **Hình 4.8** thể hiện mặt cắt ngang tuyến Metro số 6 (Km 0+900) và các lớp đất nền. Cấu tạo mặt cắt ngang hầm: hầm tròn có đường kính hầm $D = 6\text{ m}$, dày $d = 0,6\text{ m}$, đỉnh hầm cách mặt đất $10,2\text{ m}$ [1]. Các thông số vỏ hầm lắp ghép cho dự án thể hiện trên **Bảng 4.3** [65].



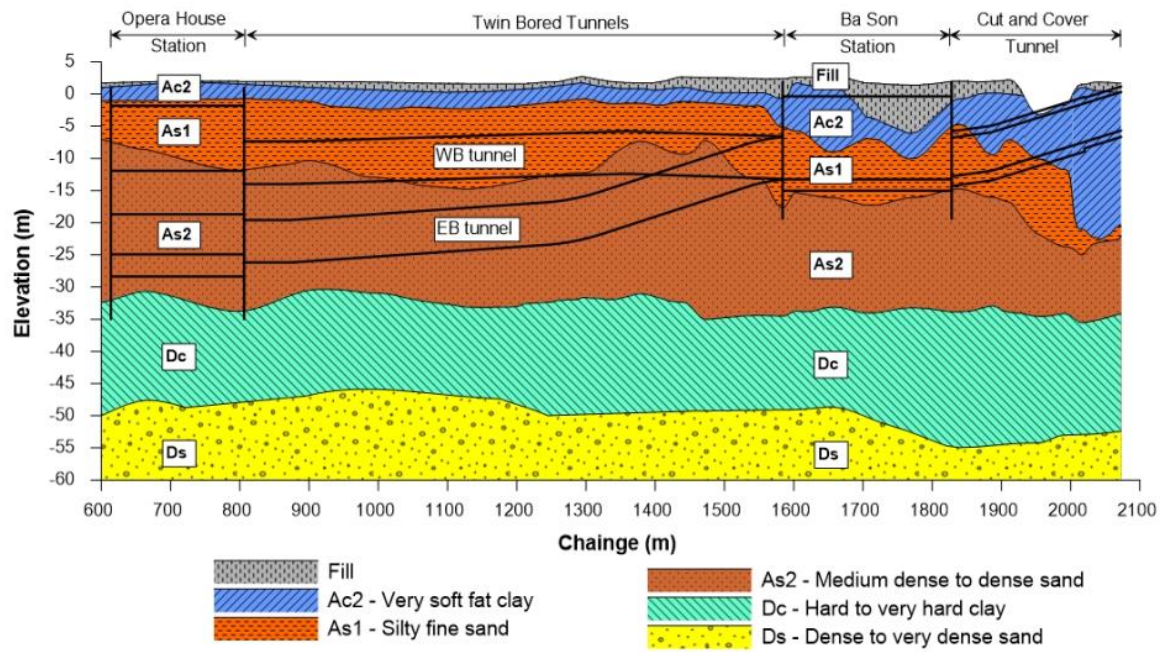
Hình 4.7. Mặt bằng tuyến metro số 6 [65]



Hình 4.8. Mặt cắt ngang tuyến Metro số 6 (Km 0+900) [65]



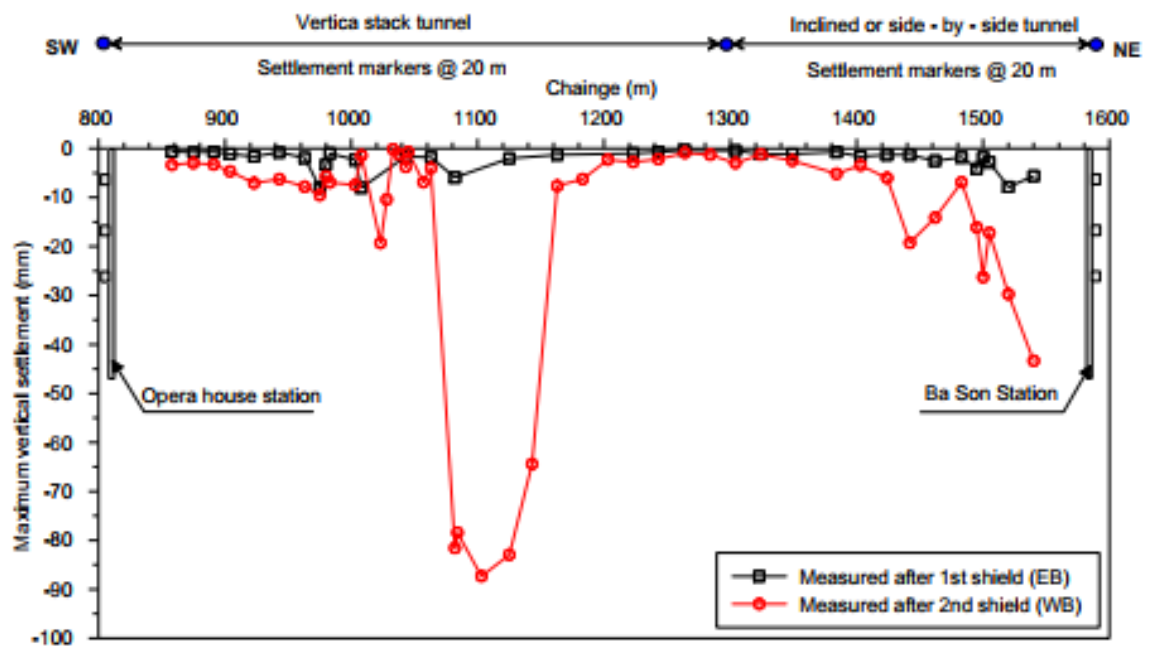
Hình 4.9. Mặt bằng tuyến metro số 01 [65]



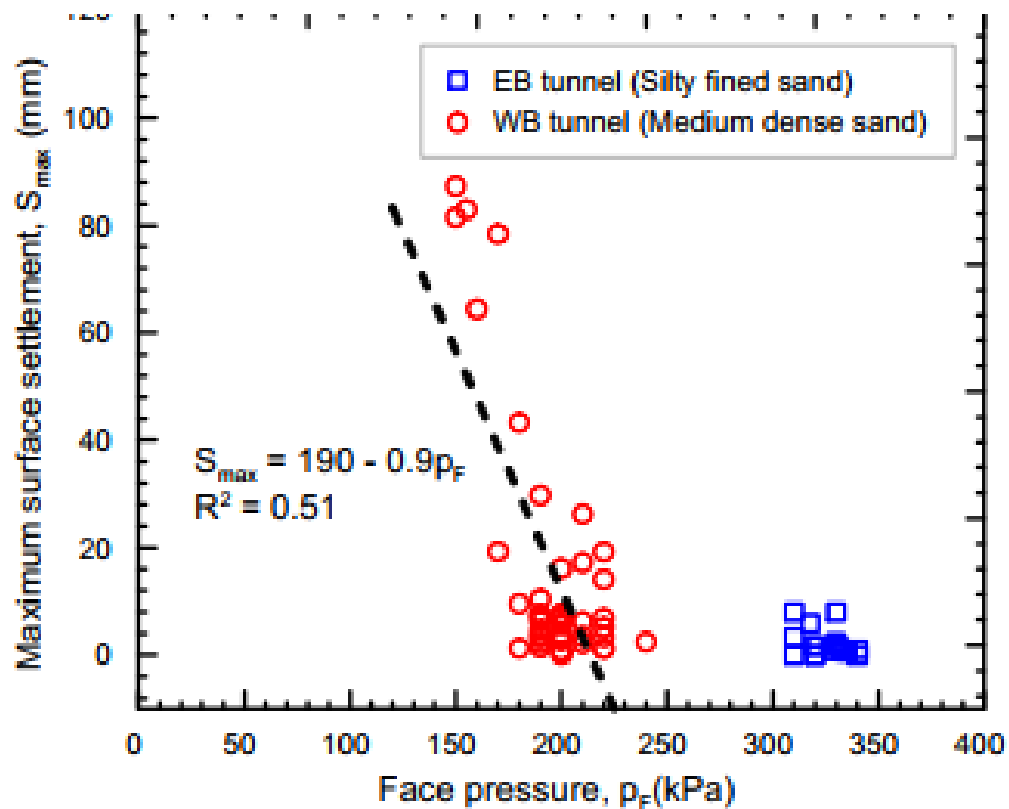
Hình 4.10. Trắc dọc địa chất tuyến metro số 01 [65]

Bảng 4.2. Đặc tính địa chất cơ bản của khu vực đặt tuyến metro số 01

Layer name	Fill	Ac2	As1	As2	Dc	Ds
γ_{unsat} , kN/m ³	21.0	16.0	19.0	20.0	21.0	21.0
γ_{sat} , kN/m ³	21.0	17.0	21.0	21.0	21.0	21.0
c' , kPa	10.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0
ϕ' , °	27.0	23.0	30.0	33.0	29.0	35.0
ψ , °	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	5.0
E^{ref} , MPa	10.0	3.0	12.5	37.5	85.0	90.0
ν'	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
M type	UN	UN	DR	DR	UD	DR



Hình 4.11. Kết quả đo lún bề mặt dọc tuyến metro số 01 với điểm đo cách nhau 20m



Hình 4.12. Mối quan hệ lún lớn nhất bề mặt và áp lực gương hầm [65]

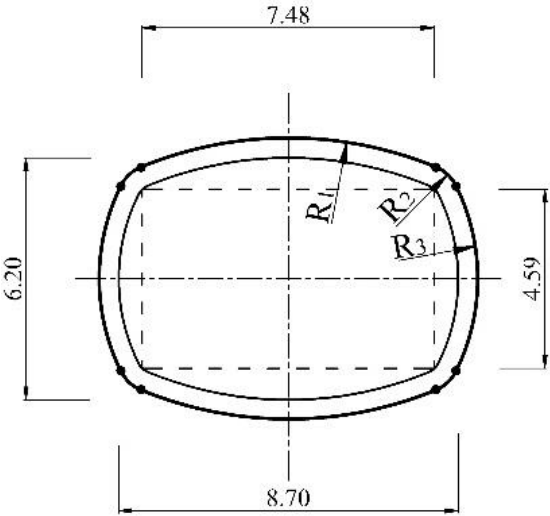
4.3. Xác định mặt cắt ngang tương đương, áp lực và tải trọng lên đường hầm hình chữ nhật cong

4.3.1. Xác định mặt cắt ngang tương đương

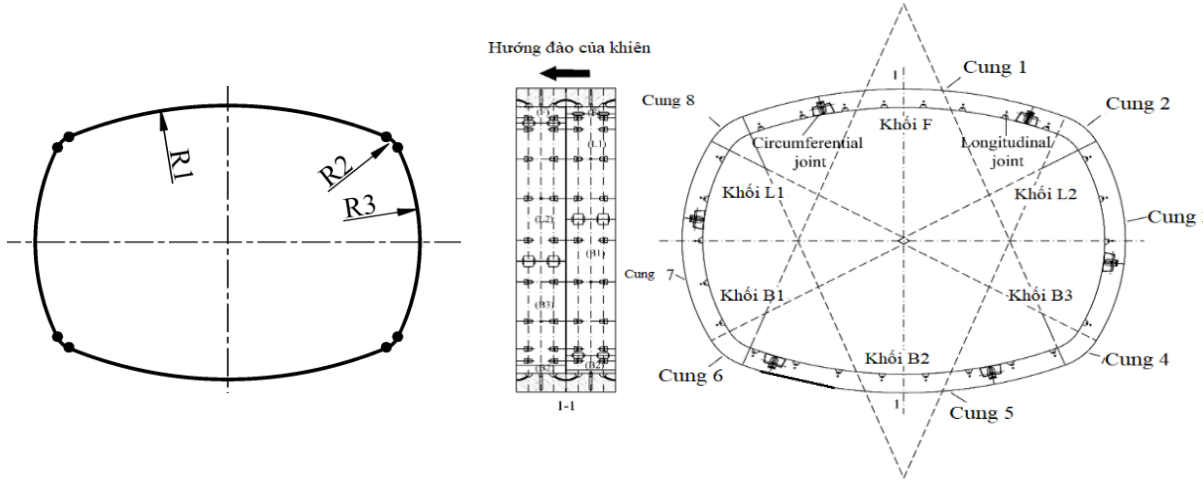
Trên cơ sở tính toán ở phần trên ta có kích thước mặt cắt ngang đường hầm như **Bảng 4.3** và **Hình 4.13-Hình 4.14**. Trên cơ sở đó ta có sơ đồ áp lực lên kết cấu vỏ hầm như **Hình 4.15**.

Bảng 4.3. Các thông số hình học của đường hầm

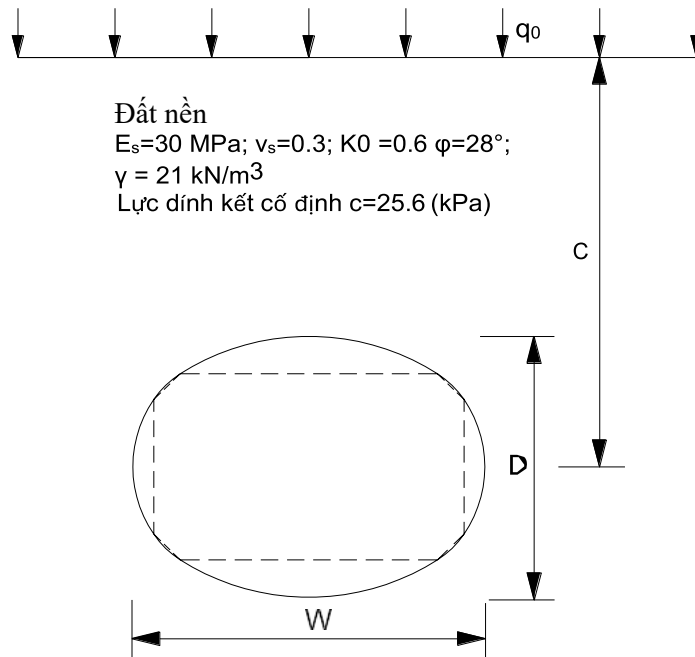
Chiều rộng (B) (m)	Chiều cao đường hầm (H_t) (m)	Hệ số; B/H_t	R_1 (m)	R_2 (m)	R_3 (m)	Diện tích (m^2)
9,70	7,20	1,347	9,95	1,00	5,35	59,786



Hình 4.13. Kích thước các đường hầm



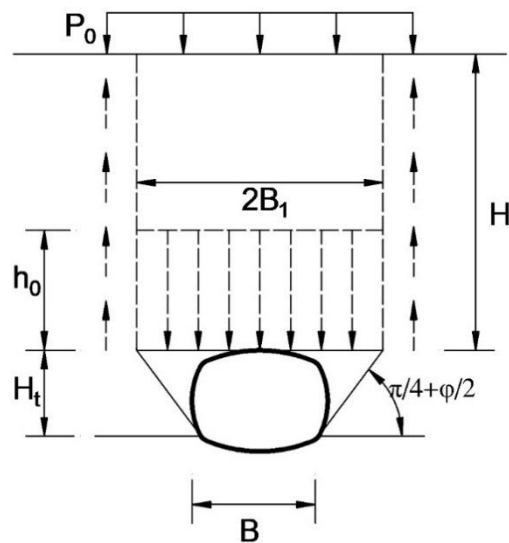
Hình 4.14. Các thông số cơ bản của tiết diện ngang đường hầm



Hình 4.15. Sơ đồ xác định kích thước mặt cắt ngang đường hầm

4.3.2. Áp lực và sơ đồ tải trọng

Do đường hầm nằm gần mặt đất nên sử dụng giả thuyết của Terzaghi để tính toán áp lực lên kết cấu chống. Sơ đồ áp lực như **Hình 4.16**.



Hình 4.16. Sơ đồ tính toán áp lực đất đá tác dụng lên đường hầm theo giả thuyết của Terzaghi trên cơ sở (Takano, 2000) [63].

Từ sơ đồ áp lực, ta tính được giá trị chiều cao và chiều rộng vùng phá hủy theo công thức sau:

$$h_0 = \frac{B_1(1 - (c/B_1\gamma))}{K_0 \tan \phi} \left(1 - e^{-K_0 \tan \phi (H/B_1)}\right) + \frac{P_0}{\gamma} \left(e^{-K_0 \tan \phi (H/B_1)}\right) \quad (3.6)$$

$$B_1 = B + H_t \cot \left(\frac{(\pi/4) + (\phi/2)}{2} \right), \quad (3.7)$$

Trong đó:

c, ϕ, γ - ở đây là lực dính kết, góc ma sát trong và trọng lượng thể tích của đất đá;

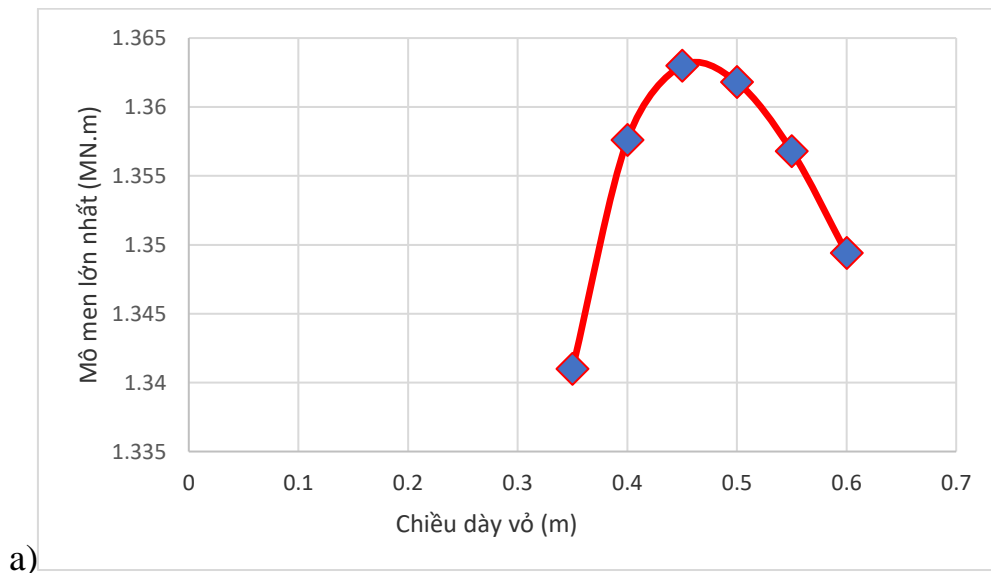
K_0 – là hệ số áp lực nền và H - chiều cao phía trên đường hầm tính từ nóc hầm;

B and H_t - tương ứng là chiều rộng và chiều cao của hình chữ nhật cong;

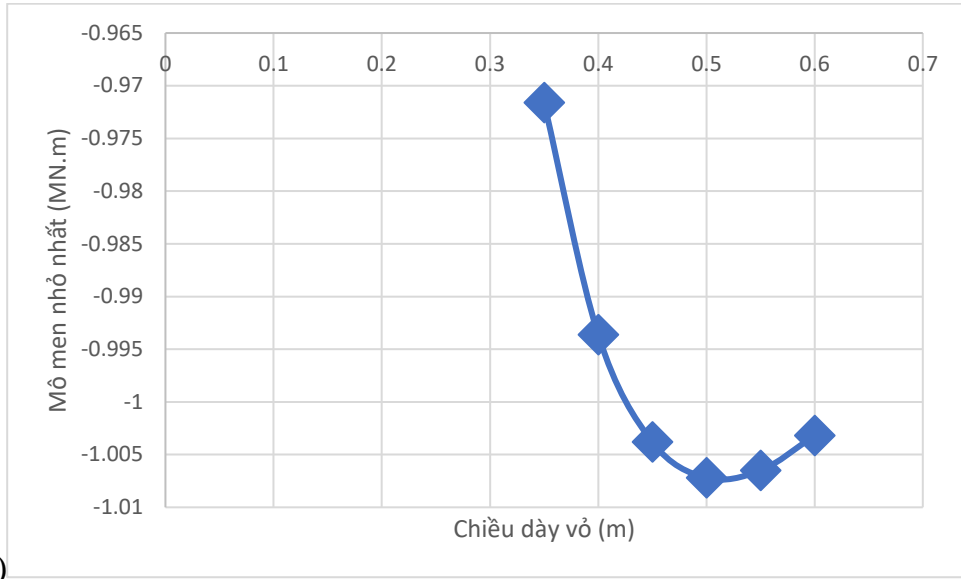
P_0 – là áp lực đất đá phủ của bề mặt.

Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày vỏ hầm

Theo kết quả thu được từ phương pháp HRM sau khi thay đổi chiều vỏ hầm với chiều dày 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 12.



a)

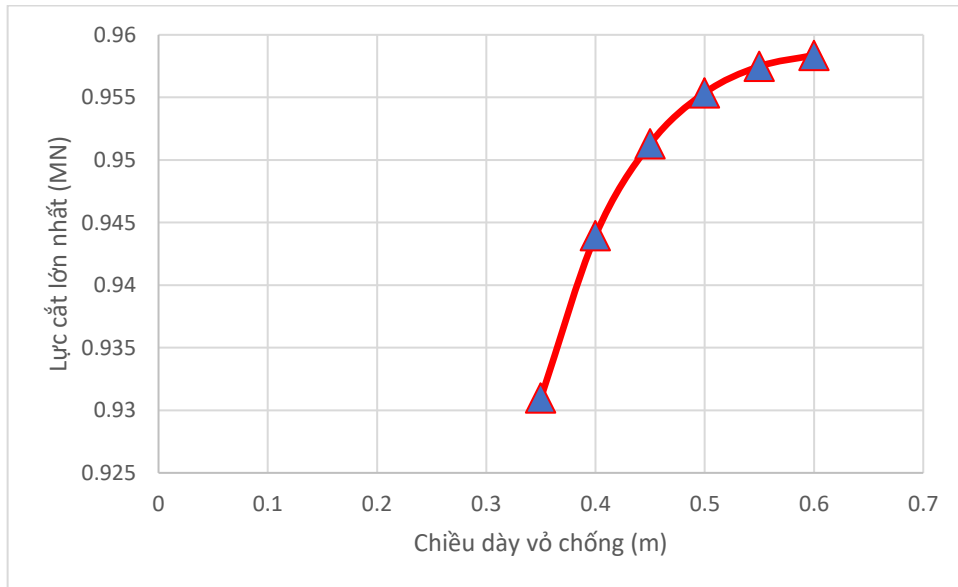


b)

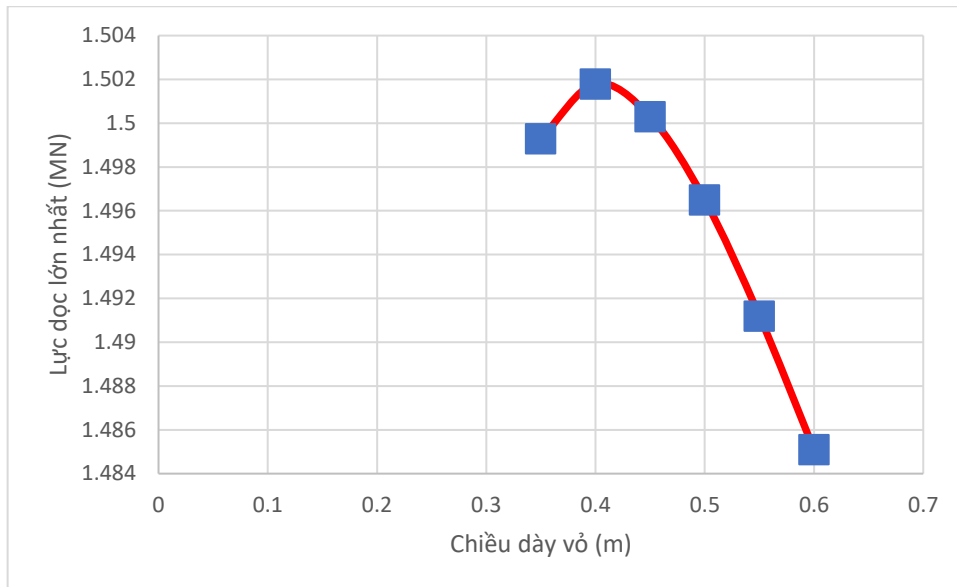
a) Mô men lớn nhất b) Mô men nhỏ nhất

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

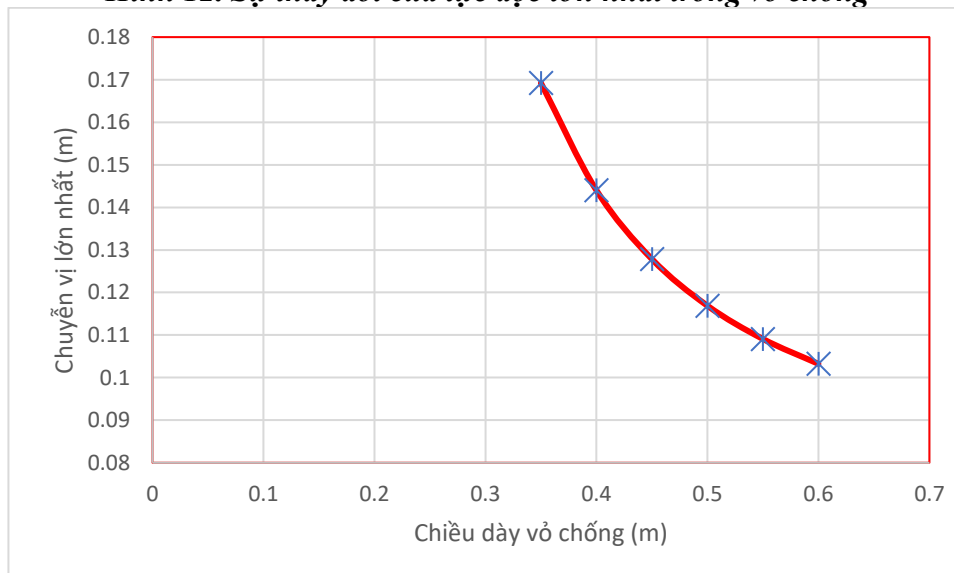
a)



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

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 tuyến số 6 dự án metro TP. Hồ Chí Minh. Kết quả nghiên cứu cho phép rút ra các kết luận sau:

- Việc sử dụng hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong cho phép giảm diện tích đào đồng thời vẫn đảm bảo khả năng chịu lực;

- Các phương pháp tính hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong chưa được chú ý nghiên cứu nhiều tại Việt Nam và các nước trên thế giới đòi hỏi phải có những nghiên cứu cụ thể hơn;

- Với điều kiện địa chất của một số thành phố lớn tại Việt Nam như Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh với mật độ các tòa nhà và dân cư đông đúc, việc sử dụng kết cấu metro tiết diện chữ nhật cong có nhiều thuận lợi và phù hợp để triển khai áp dụng. Cần có những nghiên cứu nhiều hơn nhằm đưa ra các phương pháp tính toán mới, hoàn thiện phương pháp tính toán đang có để đưa ra những quy

trình tính toán hợp lý, ban hành các bộ tiêu chuẩn, quy chuẩn cấp quốc gia để góp phần làm phong phú hơn các loại hình.

- Theo kết quả trên với tiết diện hình chữ nhật cong đào trong lớp đất cát của tuyến số 06, metro Sài Gòn tại độ sâu 15-20 m, giá trị mô men và lực dọc lớn, chuyển vị hướng tâm nhất ít biến đổi. Trong đó, giá trị mô men và lực dọc lớn nhất tại đỉnh hầm tăng theo độ sâu, trong khi tại sườn hầm mô men lớn nhất tăng còn lực dọc lớn nhất giảm theo độ sâu.

- Bài báo mới tập trung khảo sát nội lực trong vỏ chống hầm theo độ sâu trong môi trường đất đá đồng nhất, cần tiến hành khảo sát theo đặc tính và chiều dày vỏ hầm cũng như đặc tính đất đá xung quanh hầm để có được những đánh giá tổng thể hơn.

Nghiên cứu ảnh hưởng của độ sâu đặt hầm

Nhóm đề tài tiến hành khảo sát ảnh hưởng của độ sâu đường hầm đến nội lực trong vỏ chống đường hầm metro tiết diện chữ nhật cong tại tuyến số 6 thuộc dự án hầm metro Hồ Chí Minh bằng phương pháp HRM đã hoàn thiện ở chương 3. Các thông số đầu vào của khối đất qua các dữ liệu địa chất trong phần 4.1 thu thập được tại dự án hầm metro Hồ Chí Minh được thể hiện trên **Bảng 4.4**, thông số vỏ hầm lắp ghép được thể hiện trên **Bảng 4.5**.

Theo kết quả thu được từ mô hình sau khi thay đổi chiều sâu đặt hầm (H), mô men và lực dọc lớn nhất tại đỉnh hầm đều tăng khi tăng từ 5 đến 15m, tại độ sâu 15-20 m biểu đồ đi ngang nên trong khoảng này giá trị (M_{max}) và (N_{max}) hầu như không tăng, sau khoảng trên khi độ sâu tăng thì giá trị (M_{max}) và (N_{max}) tiếp tục tăng như đoạn đầu (**Hình 4.17**). Sự thay đổi của giá trị (M_{max}) bên sườn hầm ngược lại với trên đỉnh hầm, giá trị (M_{max}) giảm khi độ sâu đặt hầm H tăng, nhưng trong khoảng H=15-20 m (M_{max}) gần như đi ngang, trong khi giá trị (N_{max}) tăng như tại đỉnh (**Hình 4.18**).

Bảng 4.4. Thông số đầu vào cho các lớp đất [65]

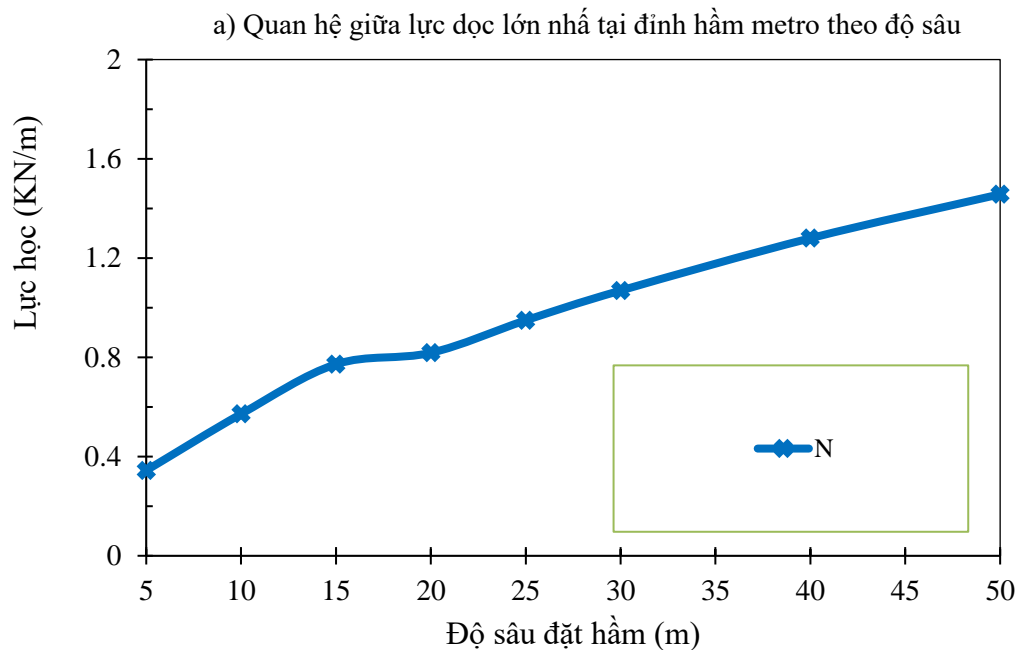
<i>Tên các thông số</i>	Kí hiệu	Đất nền	Đơn vị
Mô hình vật liệu	<i>Model</i>	M-C	-
Dung trọng khô	γ_{unsat}	20,8	kN/m ³
Dung trọng ẩm	γ_{sat}	21,0	kN/m ³
Hệ số thấm ngang	k_x	0,5	m/day
Hệ số thấm đứng	k_y	0,5	m/day

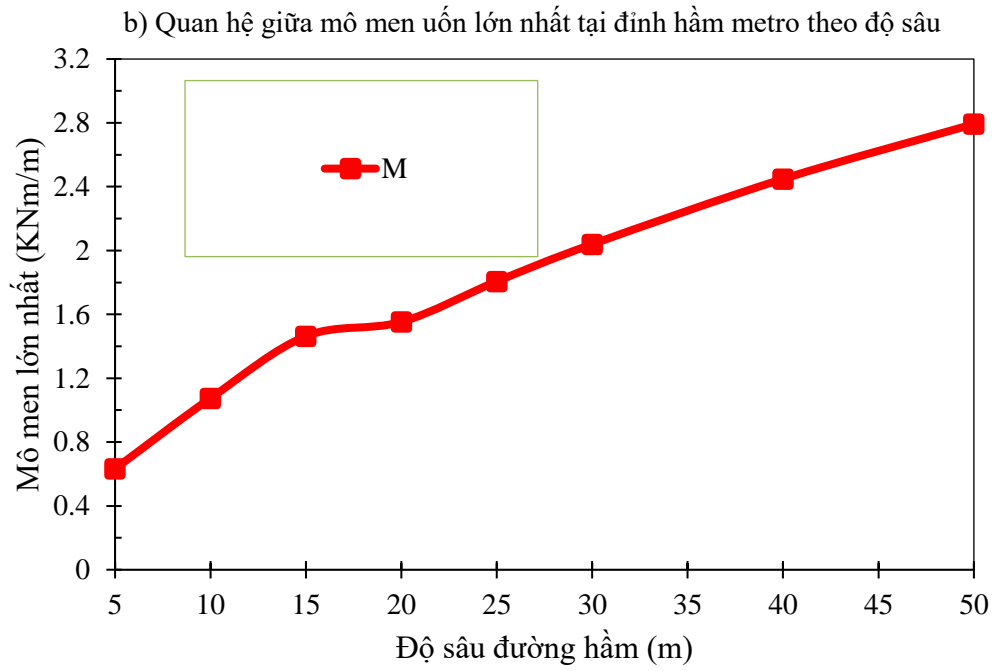
Mô đun đàn hồi	E_{ref}	30000	kN/m ²
Lực dính kết	c'	1,1	kN/m ²
Góc ma sát trong	ϕ'	28	°
Góc giãn nở	ψ	4,0	°
Hệ số Poát xông	ν	0,3	-
Độ sâu đường hầm	H	10,0	m

Bảng 4.5. Thông số đầu vào cho vật liệu vỏ hầm bằng bê tông lắp ghép

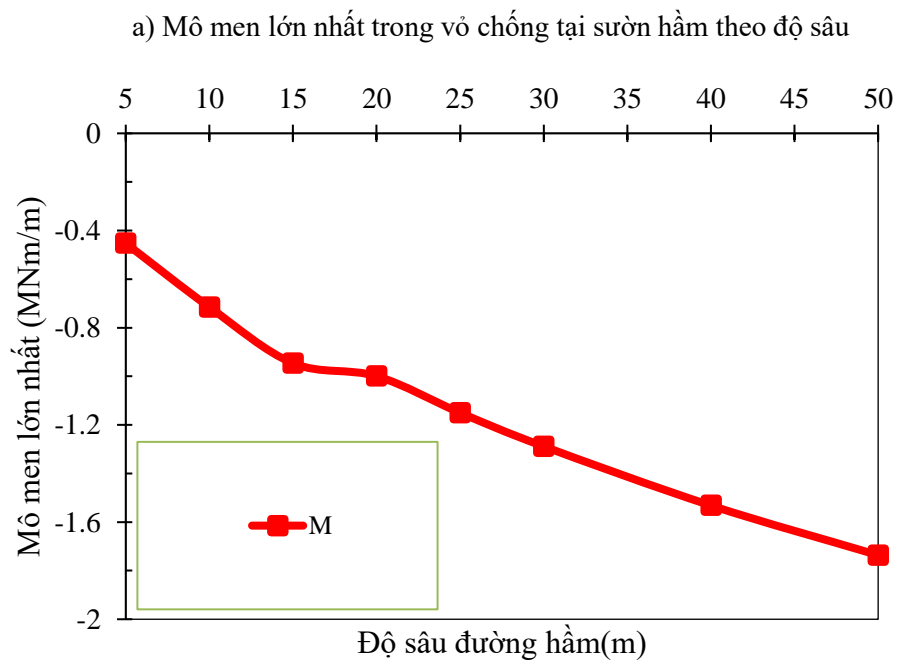
<i>Các thông số</i>	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mô đun đàn hồi	E_l	35000	MPa
Hệ số Poát xông	ν_l	0,14	-
Chiều dày vỏ	t_l	0,6	m
Dung trọng	γ	14,4	kN/m ³
Độ cứng	E_A	$2,4 \times 10^7$	kN/m
Độ cứng khi uốn	E_L	$7,2 \times 10^5$	kNm ² /m

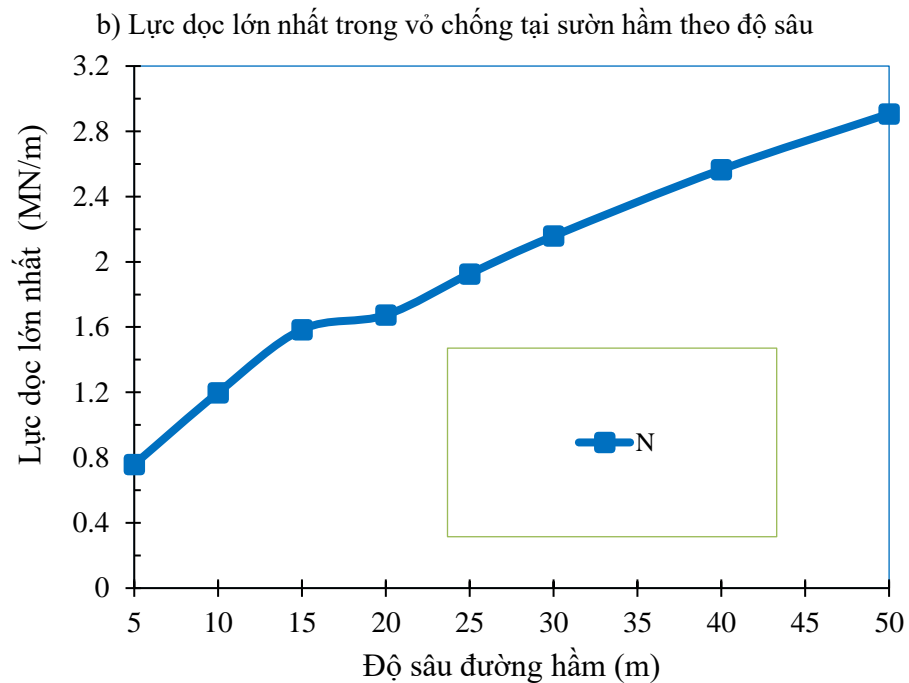
Giá trị chuyển vị hướng tâm lớn nhất (u_{\max}) tại đỉnh tăng trong khi tại sườn hầm giảm (**Hình 4.19**).



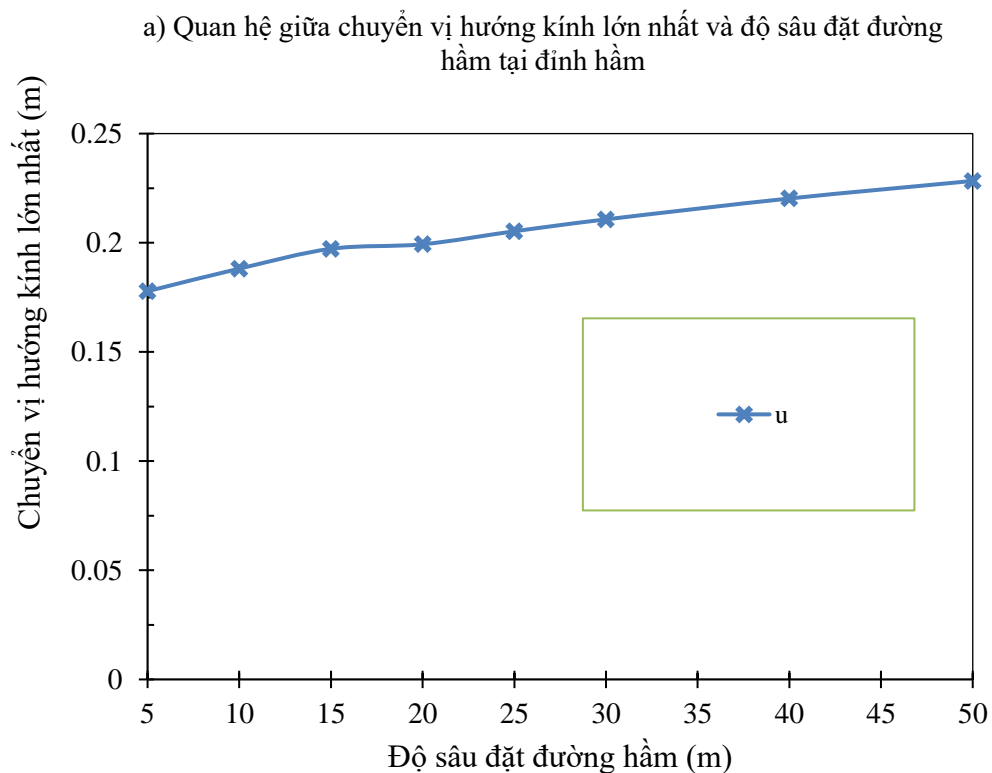


Hình 4.17. Sự thay đổi của mô men và lực dọc lớn nhất tại đỉnh hầm theo độ sâu

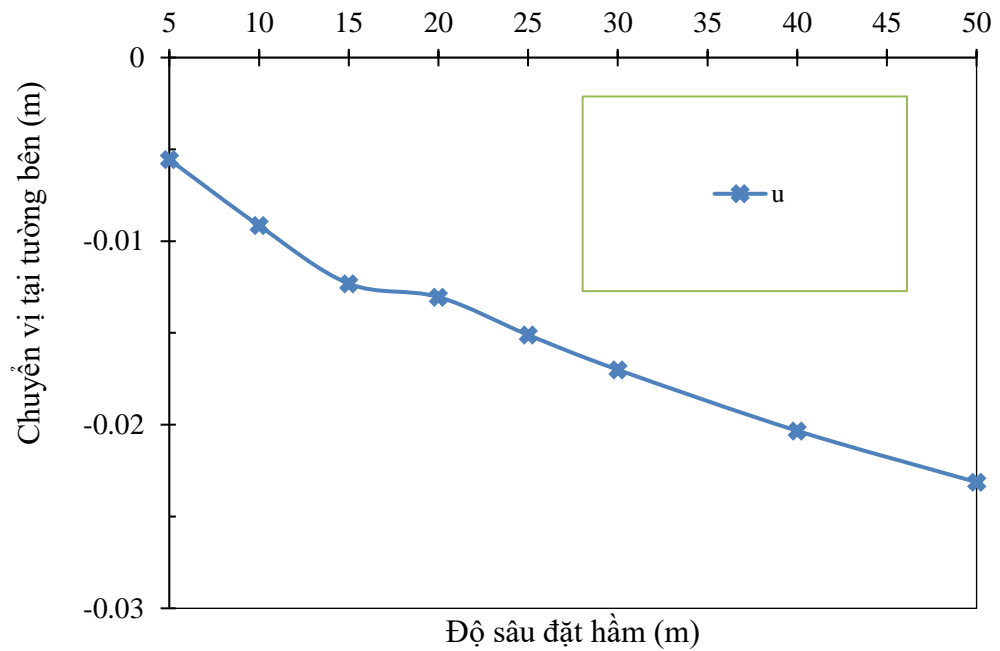




Hình 4.18. Sự thay đổi của mô men và lực dọc lớn nhất tại sườn hầm theo độ sâu



b) Quan hệ giữa chuyển vị lớn nhất và độ sâu đặt đường hầm tại sườn hầm



Hình 4.19. Quan hệ giữa chuyển vị tại nóc và sườn đường hầm theo độ sâu bố trí đường hầm

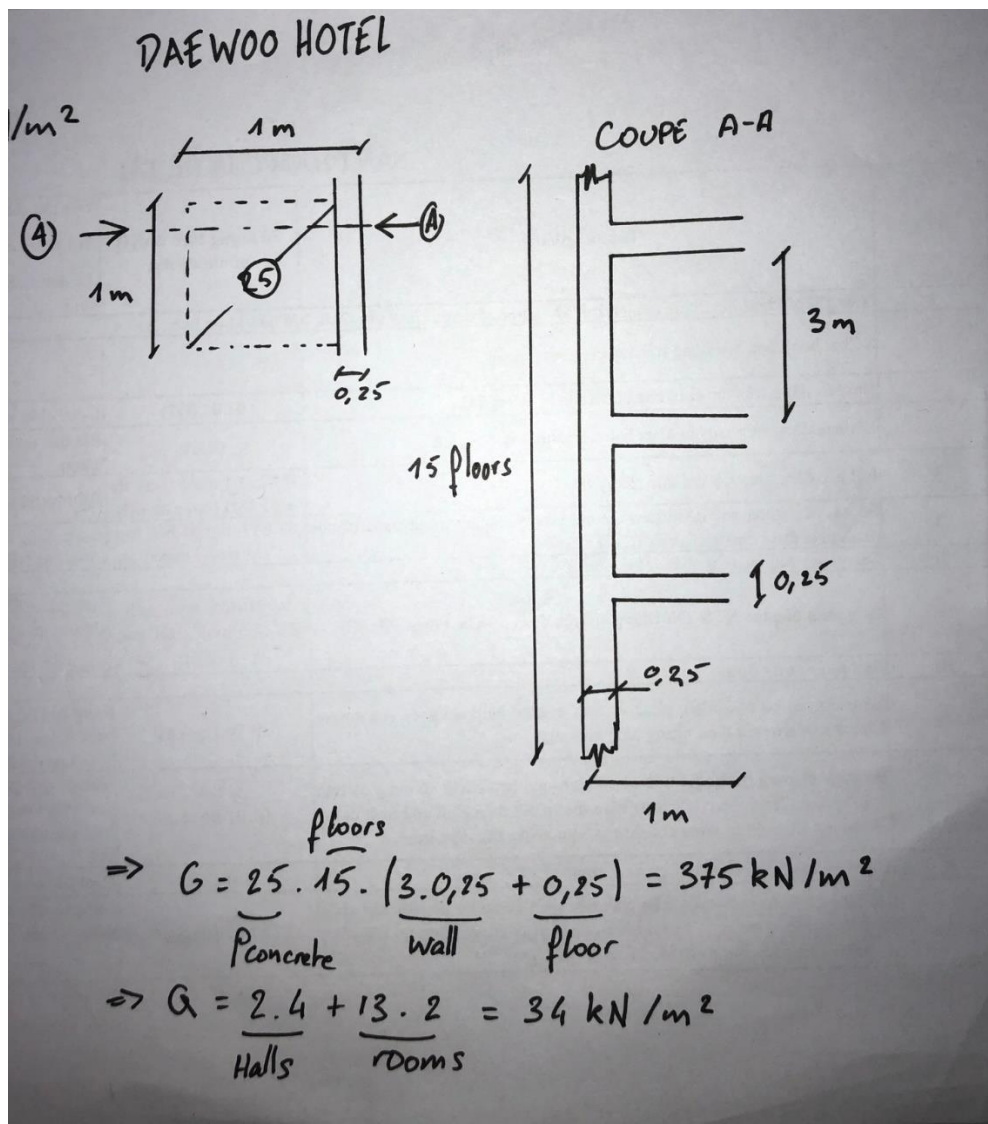
3. Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của công trình bề mặt đến độ ổn định của vỏ chống hầm metro tiết diện chữ nhật cong

3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của khách sạn DAEWOO đến kết cấu vỏ chống hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong





Hình . Sơ đồ nghiên cứu ảnh hưởng của khách sạn DAEWOO đến kết cấu vỏ chống hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong

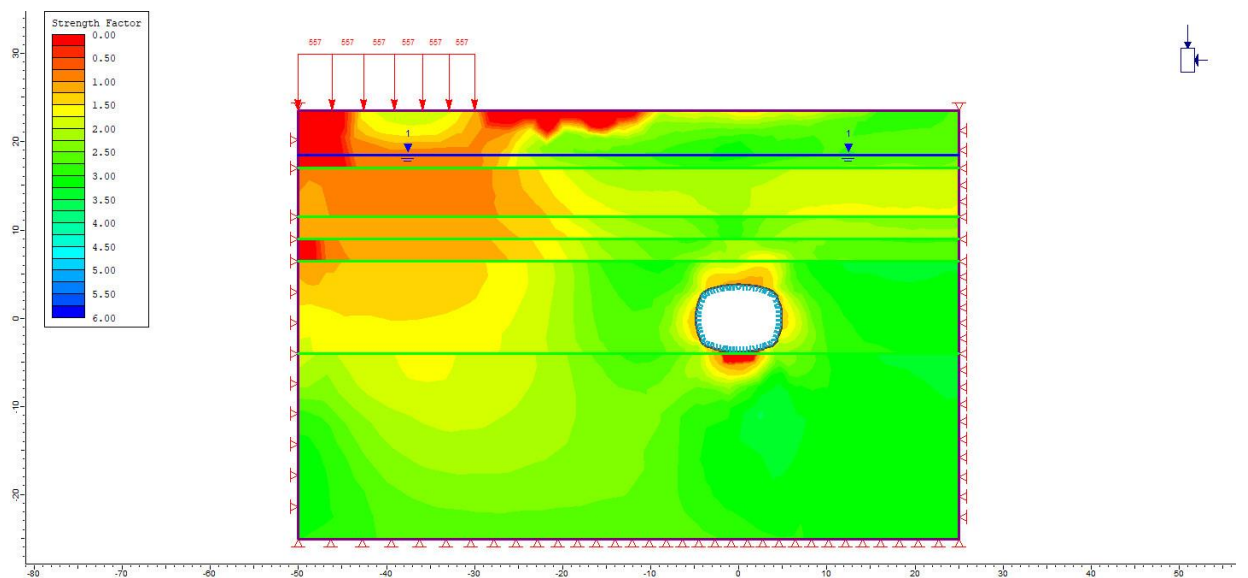
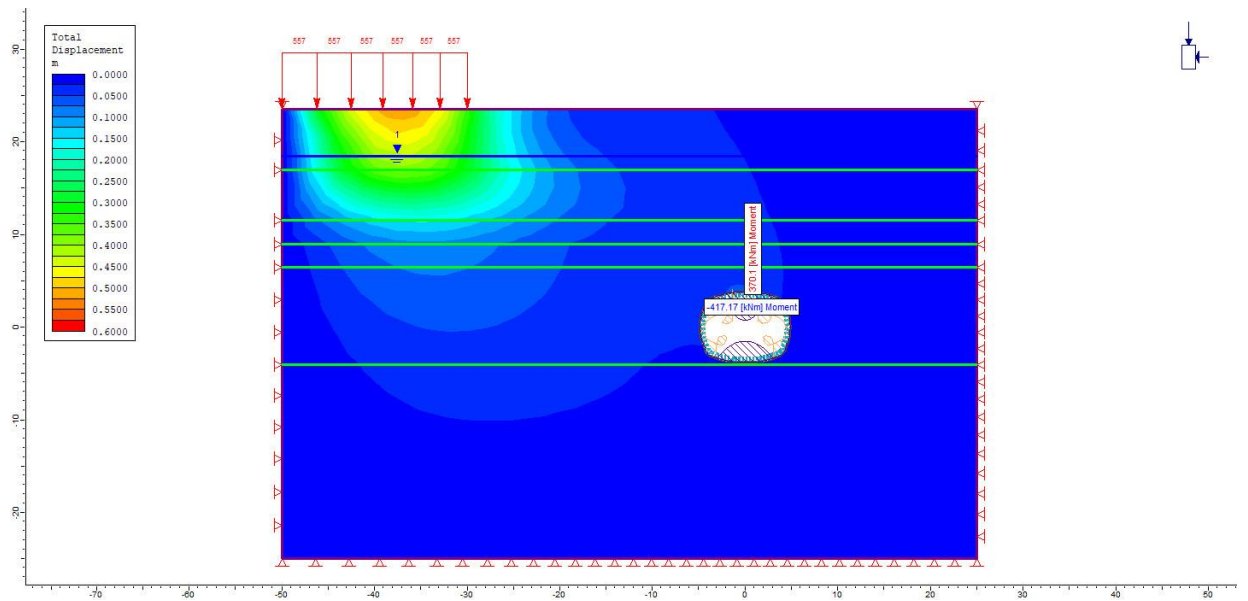


Mô hình tính toán tham chiếu ảnh hưởng theo Euro-code

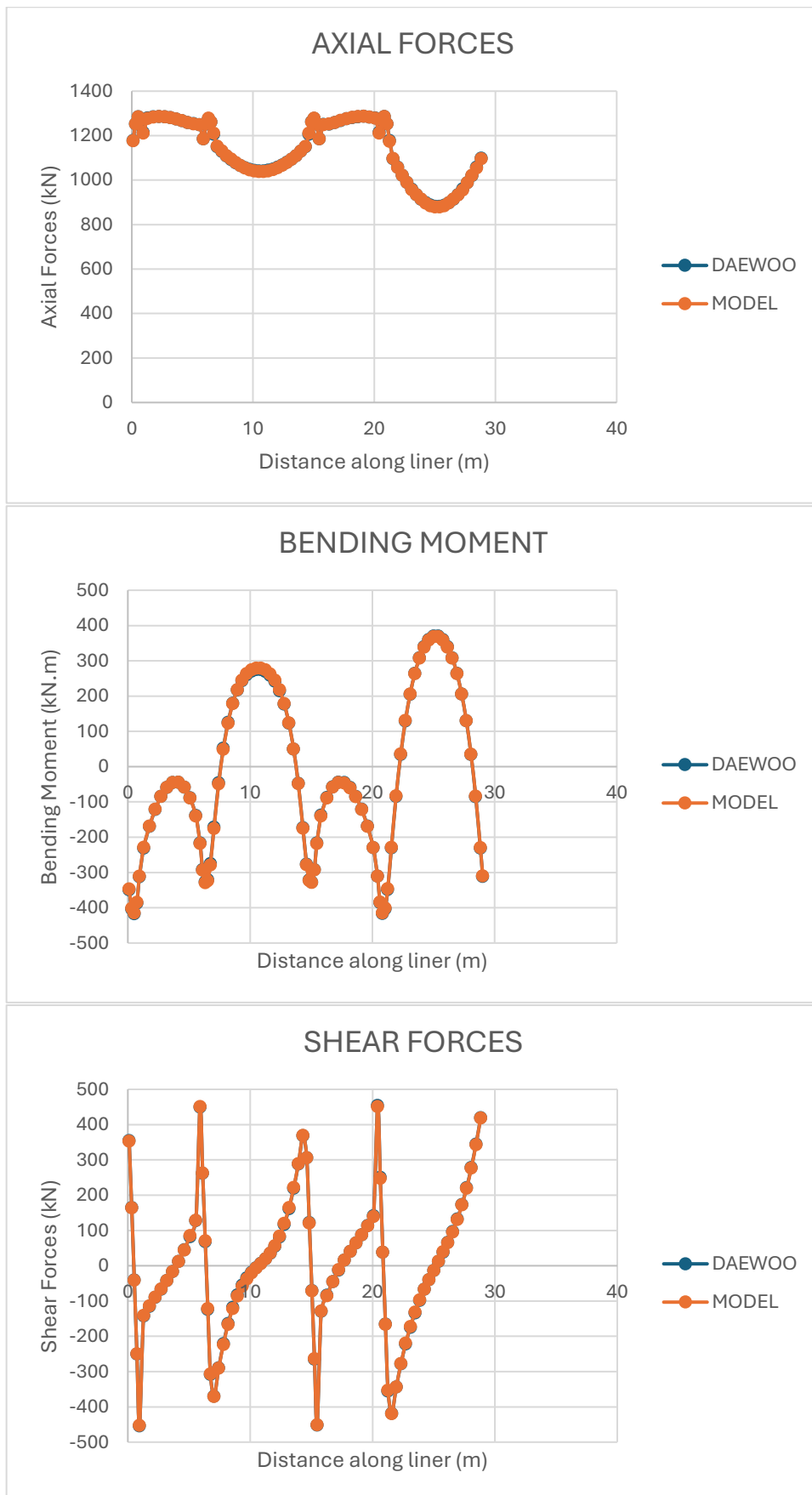
ELU

$$P_u = 1,35G + 1,5Q$$

$$= 557 \text{ kN/m}^2$$



Hình Kết quả mô hình ảnh hưởng của khách sạn DAEWOO đến kết cấu vỏ chống hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong



Hình .Biểu đồ nội lực trong vỏ chống

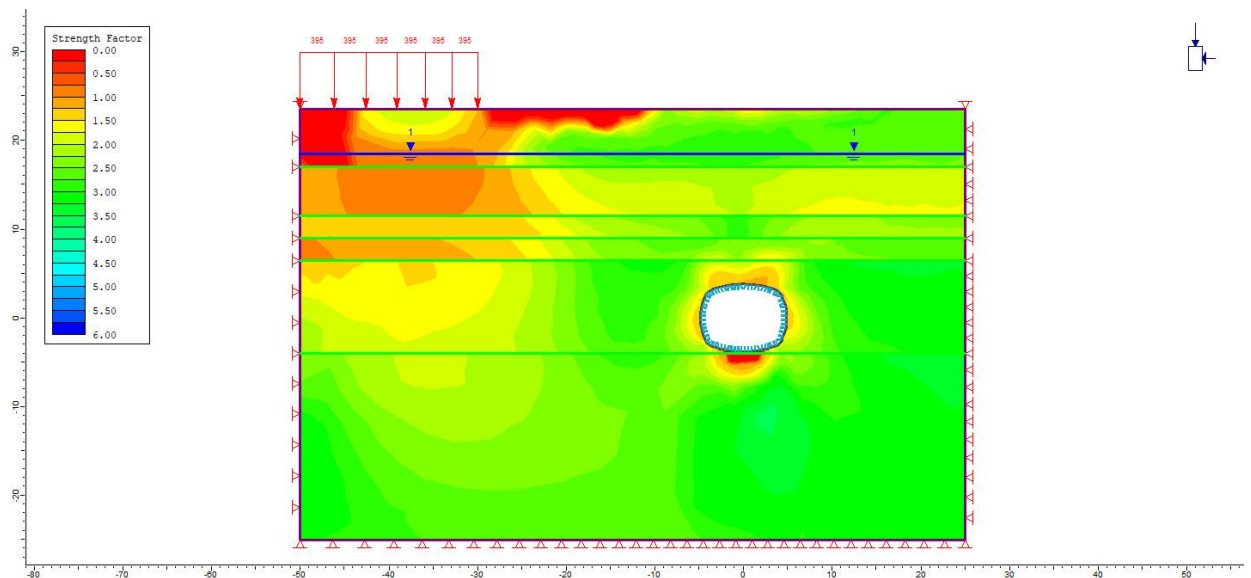
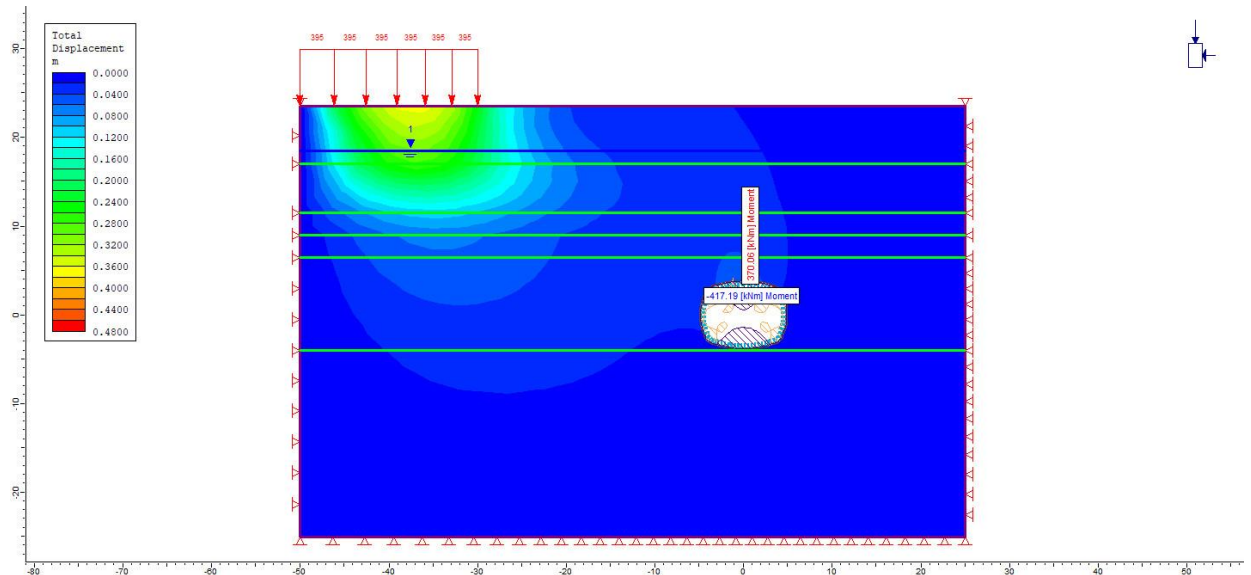
Kết quả thu được khá giống nhau giữa mô hình Daewoo Hotel ELU và mô hình tham chiếu, mô men cực đại là 417kN.m ở mô hình Daewoo và 414kN.m ở mô hình tham chiếu.

Do đó, ảnh hưởng của khách sạn Daewoo đến hoạt động của đường hầm tàu điện ngầm không đáng kể và có thể bị bỏ qua. Điều này có thể giải thích là do đất Hà Nội rất sét, có tác dụng hấp thụ một phần áp lực của khách sạn trong khoảng cách giữa đường hầm và khách sạn.

ELS quasi-permanent

$$P_{qp} = G + 0,6Q^2$$

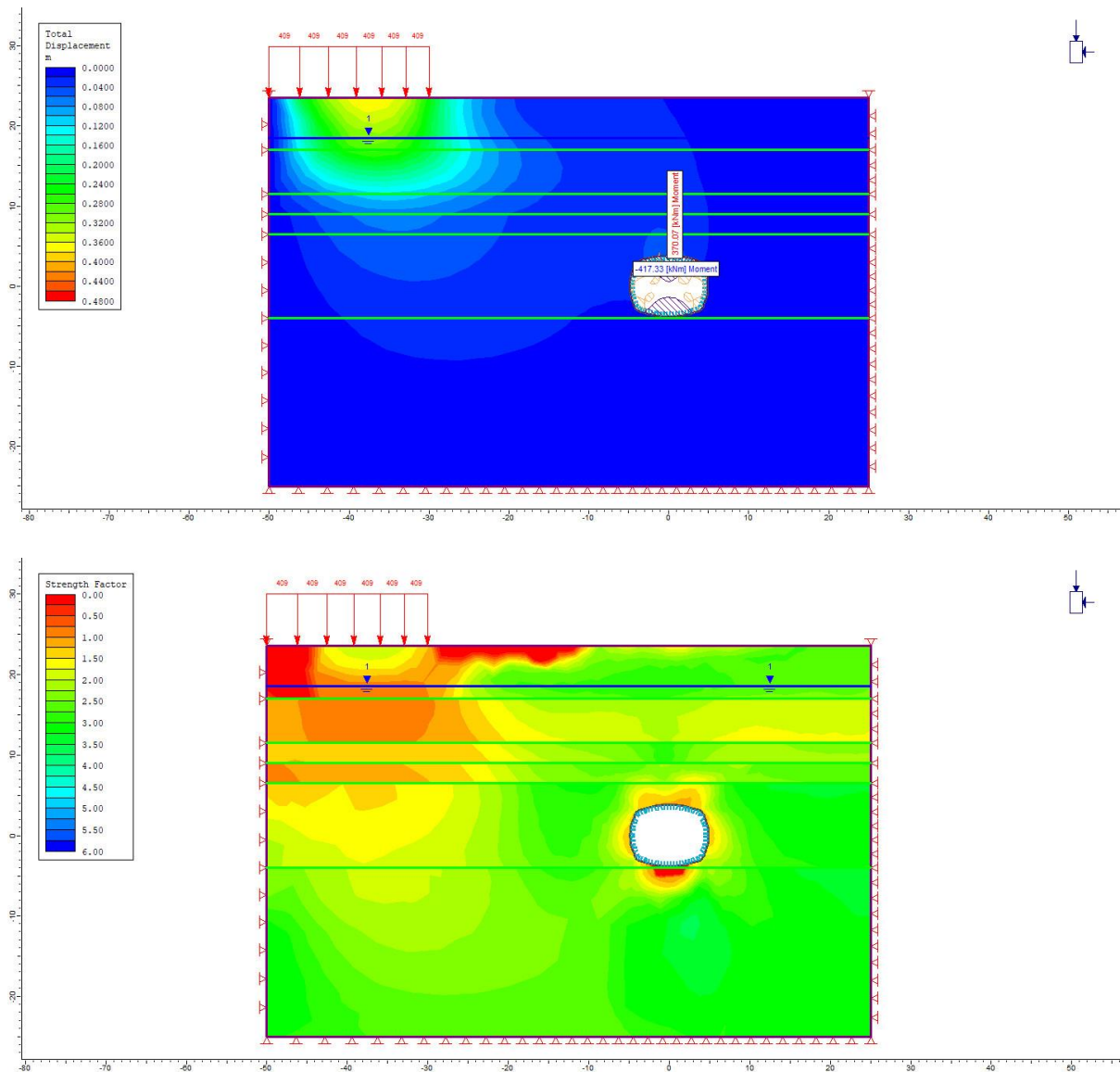
$$= 395 \text{ kN/m}^2$$



ELS caractéristique

$$P_c = G + Q^2$$

$$= 409 \text{ kN/m}^2$$



Ba trường hợp tải trọng có ảnh hưởng tương tự và tối thiểu đến đường hầm, kết quả cho thấy không có những ảnh hưởng đáng kể

4. Kết luận và kiến nghị

- Việc xây dựng tàu điện ngầm Hà Nội là cần thiết để ngăn chặn tình trạng tắc nghẽn giao thông của thành phố và giảm lượng khí thải carbon dioxide. Bên cạnh lớp đất sét của Hà Nội, lượng nước ngầm lớn và việc xây dựng các tòa nhà cao tầng trên bề mặt, các tính toán ảnh hưởng của các công trình bề mặt đến hệ thống hầm tàu điện ngầm phía dưới là hết sức cần thiết.
- Sự dịch chuyển của đường hầm được xác minh đối với sự thay đổi K trong khoảng từ 0,1 đến 2,5 cũng như sự thay đổi độ sâu của đường nước trong khoảng từ 5 m đến 30 m. Theo mô phỏng độ sâu đường hầm, độ dày

tối ưu của tấm chắn là 40 cm và độ sâu đường hầm tối ưu là 20 m, do đó nó cho phép ổn định tấm chắn trong nền đất cứng.

- Các kết quả nghiên cứu trong trường hợp này cho thấy, các đường hầm gần như không bị ảnh hưởng bởi các công trình bề mặt và sự hiện diện của các công trình như khách sạn Daewoo trong nền đất rất sét của Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Afshani A, Akagi H, Konishi S. (2020). Close construction effect and lining behavior during tunnel excavation with an elliptical cross-section. *Soils and Foundations*; DOI: 10.1016/j.sandf.2019.12.006.

[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.

Carranza-Torres C., Diederichs M. (2009). Mechanical analysis of circular liners with particular reference to composite supports. For example, liners consisting of shotcrete and steel sets. *Tunnelling and Underground Space Technology* 24 (2009) 506-532.

Do, N. A., Dias, D., Oreste, P., & Maigrea, I. D. (2014). The behaviour of the segmental tunnel lining studied by the hyperstatic reaction method. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*. <https://doi.org/10.1080/19648189.2013.872583>

Do, N.A., Dias, D. (2018). Tunnel lining design in multi-layered grounds. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 81, 103–111. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.07.005>

Do, N. A., Dias, D., Zhang, Z., Huang, X., Nguyen, T. T., Pham, V. V., & Nait-Rabah, O. (2020). Study on the behavior of squared and sub-rectangular tunnels using the Hyperstatic Reaction Method. *Transportation Geotechnics*, 22. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100321>

Huang, X., Zhua, Y., Zhanga, Z., Zhuc, Y., Wang, S., & Zhuang, Q. (2018). Mechanical behaviour of segmental lining of a sub-rectangular shield tunnel under self-weight. *Tunnelling and Underground Space Technology* 74, 131-144. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.01.016>

Huebner, K. H., Dewhirst, D. L., Smith, D. E., & Byrom, T. G. (2001). *The finite element method for engineers*. New York: John Wiley and Sons, inc.

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.

Do NA, Dias D, Oreste PP, Djeran-Maigre I. (2015). 2D Numerical Investigation of Segmental Tunnel Lining under Seismic Loading. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*; 72: 66-76. [doi:10.1016/j.soildyn.2015.01.015](https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2015.01.015)

Hashash YMA, Park D and Yao JIC. (2005). Ovaling deformations of circular tunnels under seismic loading, an update on seismic design and analysis of underground structures. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 20: 435-441.

Huang S, Chea Z, Lia Z, Jiang Y, Wang Z. (2020). Influence of tunnel cross-sectional shape on surface pressure change induced by passing metro trains. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 106. doi.org/10.1016/j.tust.2020.103611.

Itasca Consulting Group. (2012). *FLAC Fast Lagrangian Analysis of Continua*, Version 5.0.

User's manual, Available: <http://itascacg.com>.

Kashima Y, Kondo N, Inoue M. (1996). Development and application of the DPLEX shield method: Results of experiments using shield and segment models and application of the method in tunnel construction. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 11(1):45- 50.

Kouretzis G, Sloan SW and Carter JP. (2013). Effect of interface friction on tunnel liner internal forces due to seismic S- and P-wave propagation. *Soil Dynamic and Earthquake Engineering*; 46: 41-51.

Liu X, Ye Y, Liu Z, Huang D. (2018). Mechanical behavior of Quasi-rectangular segmental tunnel linings: First results from full-scale ring tests. *Tunn. Undergr. Space Technol.* 71: 440-454.

Möller SC and Vermeer PA. (2008). On numerical simulation of tunnel installation. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 23: 461-475.

Naggar HE and Hinchberger SD. (2012). Approximate evaluation of stresses in degraded tunnel linings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*; 43: 45-57.

Naggar HE, Hinchberge SD, Hesham M and Naggar EI. (2008). Simplified analysis of seismic in-plane stresses in composite and jointed tunnel linings. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 28: 1063-1077.

Nakamura H, Kubota T, Furukawa M, et al. (2003). Unified construction of running track tunnel and crossover tunnel for subway by rectangular shape double track cross-section shield machine. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 18(2): 253-262.

Nguyen DD, Park D, Shamsheer S, Nguyen VQ, Lee TH. (2019). Seismic vulnerability assessment of rectangular cut-and-cover subway tunnels. *Tunnelling and Underground Space Technology*; 86: 247–261.

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..