



# NGHIÊN CỨU ỔN ĐỊNH ĐƯỜNG HẦM METRO TIẾT DIỆN HÌNH CHỮ NHẬT CONG TẠI DỰ ÁN HẦM METRO THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH BẰNG PHƯƠNG PHÁP SỐ

Đặng Văn Kiên, Võ Trọng Hùng, Đỗ Ngọc Anh

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: dangvankien@hmg.edu.vn

## TÓM TẮT

Do đường hầm metro nằm gần mặt đất, nên tiết diện ngang đường hầm có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả công tác thiết kế, thi công, sử dụng vận hành hầm tàu điện ngầm, đặc biệt là những tác động đến độ ổn định, cảnh quan môi trường của các công trình bề mặt. Hiện nay, hầm metro tiết diện hình tròn được sử dụng phổ biến trong hệ thống hầm giao thông đô thị và hệ thống hầm metro khi đào hầm bằng máy (TBM) được sử dụng cho khai đào đường hầm. Tuy nhiên loại hình trên có hệ số sử dụng mặt cắt ngang đường hầm nhỏ dẫn tiết diện đào lớn hơn nhiều so với tiết diện sử dụng làm giảm hiệu quả dự án. Cùng với sự phát triển của vật liệu kết cấu chống giữ hầm, các loại tiết diện hầm không tròn là phổ biến hơn và cho phép cải thiện hiệu quả sử dụng tiết diện ngang hầm. Tiết diện hình chữ nhật cong (Sub-rectangular) đang được chú ý nghiên cứu và đưa vào thử nghiệm nhiều trong thời gian gần đây do đáp ứng được cùng lúc hai tiêu chí là khả năng mang tải của vỏ chống và hệ số sử dụng hữu ích mặt cắt ngang lớn, tuy nhiên việc tính toán kết cấu vỏ hầm loại này bằng phương pháp giải tích rất phức tạp và cho đến nay chưa có lời giải cho vỏ hầm hình dạng trên.

Bài báo trình bày ảnh hưởng của hình dạng đường hầm đến nội lực trong vỏ chống bằng phương pháp số qua phần mềm Plaxis<sup>2D</sup>. Nghiên cứu được thực hiện qua việc khảo sát một số thông số như đặc tính khối đất, độ sâu và chiều dày vỏ hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong lên nội lực trong kết cấu vỏ hầm tại tuyến metro số 6 của dự án hầm tàu điện ngầm metro Thành phố Hồ Chí Minh.

**Từ khóa:** hầm metro, phương pháp số, ổn định đường hầm, hầm tiết diện chữ nhật cong

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, xây dựng và phát triển không gian ngầm, trong đó có đường hầm metro, tại các đô thị đang là nhu cầu tất yếu và cấp bách của nhiều quốc gia trên thế giới nhằm giải quyết căn bản các vấn đề liên quan đến phát triển hạ tầng cơ sở, giao thông đô thị phục vụ cho phát triển kinh tế, xã hội, và đảm bảo an ninh quốc phòng. Tại Việt Nam, với sự gia tăng nhanh chóng của số lượng các phương tiện giao thông dẫn đến mật độ giao thông tại các đô thị lớn của Việt Nam tăng cao, đặc biệt là tại thủ đô Hà Nội và Tp. Hồ Chí Minh. Tại hai thành phố này đã và đang triển khai hàng loạt các dự án đường hầm metro với hy vọng khi đưa vào khai thác sẽ giải quyết căn bản vấn đề ùn tắc giao thông đô thị.

Khi tiến hành thiết kế vỏ chống đường hầm thi công bằng phương pháp khiên đào, quá trình thiết kế được tiến hành theo các trình như một chu kỳ liên tục sau ITA-Group2 (2000) [6] (Hình H.1): Qua đó cho thấy việc tính toán các giá trị nội lực của lớp vỏ hầm đóng một vai trò quan trọng trong thiết kế đường hầm. Việc tính toán vỏ hầm metro cũng tương tự như tính toán một kết cấu công trình ngầm nói chung: hầm giao thông, hầm thủy điện, các đường lò trong mỏ có thể tiến hành theo một số phương pháp đã và đang được sử dụng phổ biến hiện nay gồm phương pháp giải tích, phương pháp mô hình số, phương pháp đo đạc quan trắc kết hợp với mô hình số... Mỗi phương pháp đều có những ưu nhược điểm và điều kiện áp dụng khác nhau. Phương pháp giải tích cho kết quả đúng gần như



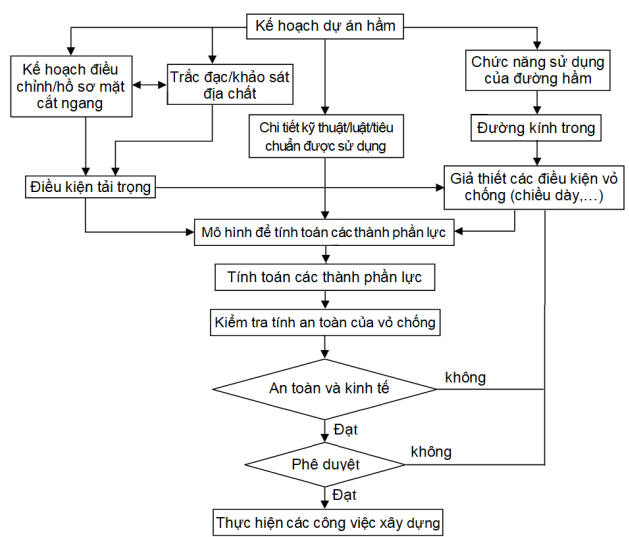
tuyệt đối với điều kiện đất đá được giả định là đàn hồi hoặc dẻo lý tưởng, tải trọng tĩnh, xong chỉ áp dụng cho các đường hầm, đường lò có hình dạng đơn giản và có phương trình đường biên rõ ràng như hình tròn, elip, hình chữ nhật... với các hình dạng phức tạp, chịu tải trọng phức tạp tải trọng tĩnh hầu như không thực hiện được. Phương pháp đo đạc quan trắc đòi hỏi có những thiết bị hiện đại đo chuyển vị, đo ứng suất nằm sâu trong khối đá ... nên cũng có những khó khăn lớn nhất là đối với điều kiện nước ta và ngành mỏ. Ngày nay với sự phát triển của khoa học kỹ thuật và công nghệ máy tính thì các công việc tính toán kết cấu có thể sử dụng phương pháp số thông qua các phần mềm phân tích, tính toán chuyên dụng. Hiện nay có rất nhiều các phần mềm sử dụng để phân tích tính toán kết cấu hầm metro, và các kết cấu vỏ hầm giao thông thủy điện, đường lò trong mỏ... khác nhau. tuy nhiên các phần mềm trên thường được lập trình dựa vào các phương pháp số cơ bản như Hình H.2:

- Phương pháp phần tử hữu hạn;
- Phương pháp sai phân hữu hạn;
- Phương pháp độ hội tụ giới hạn;
- Phương pháp phần tử biên;...

Mỗi phương pháp trên đều có phạm vi và điều dựa trên một giả thiết tính toán kết cấu chống khác nhau. Hiện nay trong lĩnh vực tính toán ổn định và thiết kế kết cấu hầm metro, một số phần mềm tính toán được lập trình trên cơ sở các phương pháp trên đã và đang được sử dụng rộng rãi, có thể kể đến là: chương trình Phase 2, Plaxis, Examine, Ansys, Abaqus, UDEC, Flac, PFC, rocsupport,...

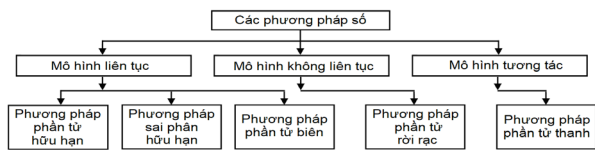
Ngoài ra khi tiến hành tính toán phân tích thì người ta thường giả thiết môi trường đất đá dưới 2 dạng khác nhau, hay thường nhắc tới 2 dạng phân tích cơ bản: phương pháp phân tích tính toán khi coi môi trường đất đá là liên tục và phân tích tính toán khi coi môi trường đất đá là rời rạc và có quan tâm đến đặc điểm cấu trúc (đặc tính phân cách, nứt nẻ trong khối đá - chương trình Unwedge) trong khối đá.

Trong thực tế tính toán bằng các phần mềm thì người ta thường phải tiến hành các bước tính toán phân tích theo các vòng lặp khác nhau để tìm ra được kết cấu chống có tính tối ưu nhất.



**H.1. Sơ đồ thiết kế vỏ hầm đường hầm thi công bằng khiên đào**

Với phương pháp số được coi là phương pháp gần đúng, quá trình phân tích tính toán được lặp lại nhiều lần theo tiêu chí lựa chọn được các thông số kết cấu chống hợp lý hơn. Do vậy độ chính xác của các phương pháp số sẽ gần chạm đến tính độ chính xác tuyệt đối của phương pháp giải tích và có độ tin cậy cao khi lưới chia đủ mịn, các kết quả mô hình số được so sánh với kết quả thực nghiệm để điều chỉnh.



**H. 2. Các phương pháp số trong thiết kế vỏ hầm**

Trong phần trên, bài báo giới thiệu các phương pháp tính toán thường được sử dụng trong thiết kế công trình ngầm nói chung và hầm metro nói riêng. Nhìn chung cho đến nay do những khó khăn về mặt toán học, các lời giải giải tích mới chỉ giải quyết được một số bài toán với một số hình dạng mặt cắt đường hầm đặc biệt như hình tròn, hình elíp... Hầu hết các bài toán phân tích và thiết kế hầm thực tế với hình dạng mặt cắt ngang không phải hình tròn được thực hiện bằng phương pháp số, trong đó phương pháp phần tử hữu hạn là phương pháp được sử dụng phổ biến nhất hiện nay. Trên cơ sở hàm tiết diện chữ nhật cong có tiết diện kết hợp của hình chữ nhật và hình tròn (với ba bán kính khác nhau) đến nay chưa có lời giải cho phương pháp giải tích, do vậy tác giả lựa chọn phương pháp số

để tiến hành nghiên cứu độ ổn định của đường hầm tiết diện dạng trên trong điều kiện cụ thể tại dự án metro Thành phố Hồ Chí Minh ở phần tiếp theo.

## 2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

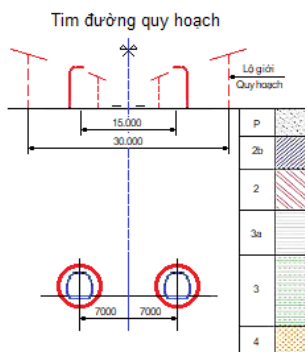
### 2.1. Nghiên cứu ổn định đường hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong bằng phương pháp số

Nhóm nghiên cứu lựa chọn phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis<sup>2D</sup> để tính toán vỏ hầm metro tiết diện chữ nhật cong. Plaxis<sup>2D</sup> là một phần mềm có bản quyền chuyên dùng cho việc tính biến dạng và ổn định của nền đất trong các dự án xây dựng. Với đầu vào bằng các hình ảnh đơn giản cho phép tạo ra các mẫu cấu kiện hỗn hợp giới hạn một cách nhanh chóng. Việc tính toán được tự động hóa toàn bộ và được dựa trên việc mã hóa cao.

### 2.2. Mô tả đoạn hầm nối ga tuyến số 6 thuộc dự án hầm metro Thành phố 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,...

Đất nền khu vực xây dựng tuyến Metro số 6 (Km 0+900) có các đặc trưng được miêu tả trong Bảng 1 và Hình H.3. Hình 3 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  $D=6$  m, dày  $d=0,6$  m, đáy hầm đặt tại độ sâu 10,0 m Thông số lớp đất hầm metro đi qua được thể hiện trên Bảng 1. Thông số vật liệu vỏ hầm lắp ghép được thể hiện trên Bảng 2.



H.3. Mặt cắt ngang tuyến Metro số 6 (Km 0+900) [6]

Bảng 1. Thông số đầu vào cho các lớp đất [4]

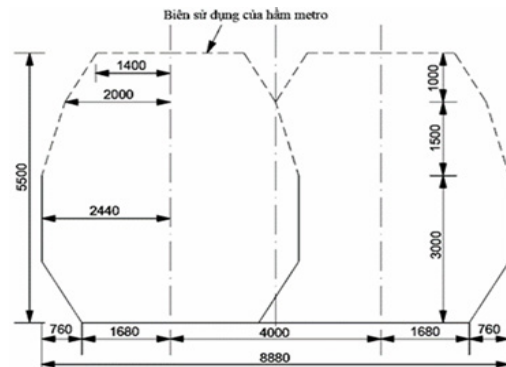
Bảng 2. Thông số đầu vào cho vật liệu vỏ hầm bằng bê tông lắp ghép [4]

Tên các thông số	Kí hiệu	Đặt nền	Đơn vị
Mô hình vật liệu	Model	M-C	-
Mat. behaviour	Type	Drained	-
Dung trọng khô	$V_{unsat}$	20,8	kN/m <sup>3</sup>
Dung trọng ẩm	$V_{sat}$	21	kN/m <sup>3</sup>
Hệ số thấm ngang	$k_x$	0,5	m/ngày
Hệ số thấm đứng	$k_y$	0,5	m/ngày
Mô đun đàn hồi	$E_{ref}$	30000	kN/m <sup>2</sup>
Lực dính kết	$c'$	1,1	kN/m <sup>2</sup>
Góc ma sát trong	$\Phi'$	28	°
Góc giãn nở	$\psi$	4	°
Hệ số Poisson	$\nu$	0,3	-
Độ sâu đường hầm	H	10	m

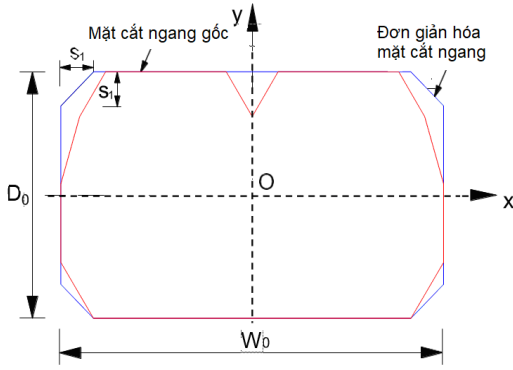
Các thông số	Kí hiệu	Giá trị	Đơn vị
Mô đun đàn hồi	$E_l$	35000	MPa
Hệ số Poisson	$\nu_l$	0,14	-
Chiều dày vỏ	$t_l$	0,6	m
Dung trọng	$\gamma$	14,4	KN/m/m
Độ cứng	EA	$2,4 \times 10^7$	kN/m
Độ cứng khi uốn	EL	$7,2 \times 10^5$	kNm <sup>2</sup> /m

### 2.3. Xác định mặt cắt ngang tương đương của đường hầm chữ nhật cong

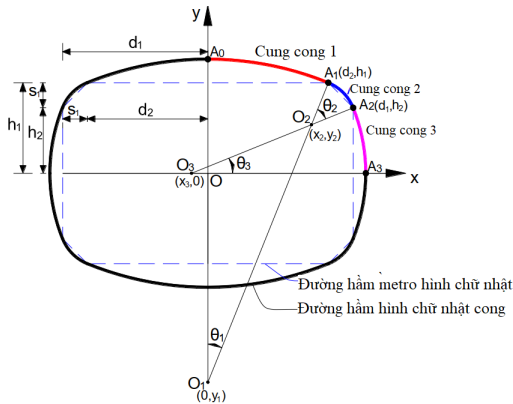
Dựa trên TCVN, kích thước khổ hầm metro làn đôi cho tuyến hầm metro số 6 (Km 0+900) như Hình H.4. Sơ đồ đơn giản hóa kích thước mặt cắt ngang Hình H.5, các thông số cơ bản của tiết diện metro tiết diện chữ nhật cong như Hình H.6, sơ đồ xác định kích thước mặt cắt ngang đường hầm như Hình H.7, sơ đồ tải trọng như Hình H.8.



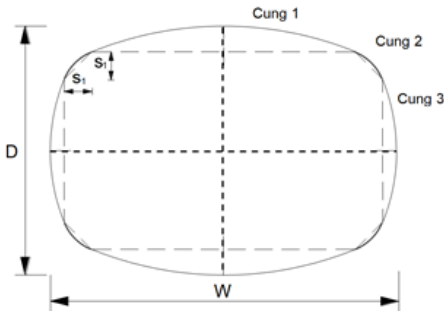
H. 4. Tiết diện sử dụng hầm metro tiết diện làn đôi theo TCVN



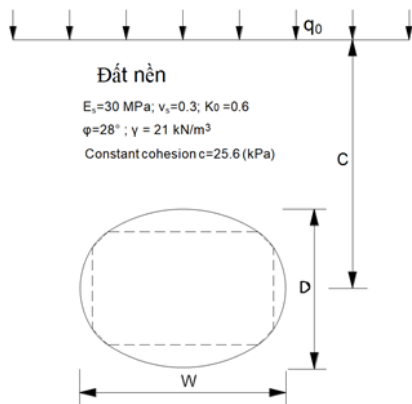
H.5. Sơ đồ đơn giản hóa kích thước mặt cắt ngang [8]



H.6. Các thông số cơ bản của tiết diện metro tiết diện chữ nhật cong [8]



H.7. Sơ đồ xác định kích thước mặt cắt ngang đường hầm [8]

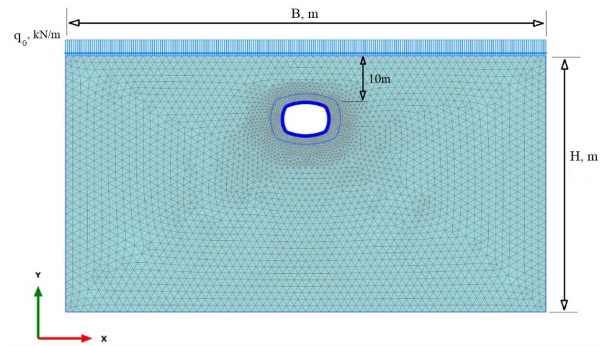


H.8. Sơ đồ tải trọng lên vỏ hầm [8], [9]

## 2.4. Xây dựng mô hình bằng phần mềm Plaxis<sup>2D</sup>

Nghiên cứu tiến hành với mô hình biến dạng phẳng bằng phương pháp số dựa trên phần mềm Plaxis<sup>2D</sup>. Ứng xử của kết cấu vỏ hầm lắp ghép được giả định là đàn hồi tuyến tính và khối đất xung quanh được giả thiết tuân theo mô hình Mohr-Coulomb (Do và cộng sự, 2013; Wang và cộng sự, 2014).

Môi trường đất được phân tách thành các phần tử bằng các lưới chia. Các phần tử tám được sử dụng để mô phỏng cấu trúc vỏ chống hầm. Mô hình số (Hình H.9) rộng 100 m theo hướng x, cao 55 m theo hướng y và bao gồm khoảng 7.400 phần tử và 59.000 nút. Kích thước vỏ chống đường hầm thể hiện trên Hình H.10. Phần dưới của mô hình được cố định theo hướng dọc và các cạnh dọc được cố định theo chiều ngang.



H.9. Kích thước hình học của mô hình trong Plaxis2D

Mô hình mô phỏng các giai đoạn sau của đào hầm metro trong tính toán vỏ hầm gồm các giai đoạn sau:

- > Giai đoạn 0 - Thiết lập mô hình: thiết lập mô hình và gán các điều kiện biên và trạng thái ứng suất ban đầu;

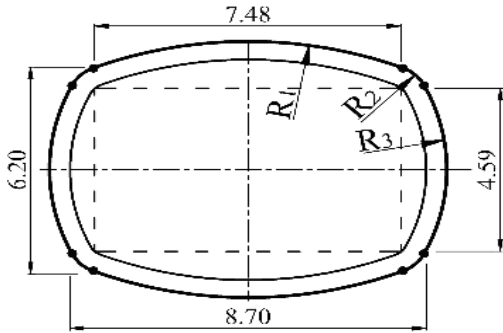
- > Giai đoạn 1 - Giai đoạn đào: Vùng bên trong biên đường hầm bị vô hiệu hóa. Cần phải chú ý rằng việc đất sau khi đào và trước khi lắp đặt lớp vỏ không được xem xét. Tất cả các tải trọng bên ngoài gây ra bởi lớp đất đá và tải trọng bề mặt được tác dụng lên lớp vỏ hầm và xem xét trạng thái nguy hiểm nhất trong vỏ hầm;

- > Giai đoạn 2 - Lắp đặt vỏ chống đường hầm, lớp vỏ đường hầm được lắp đặt.

Các thông số hình học của đường hầm được thể hiện trên Bảng 3 và Hình H.10.

**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

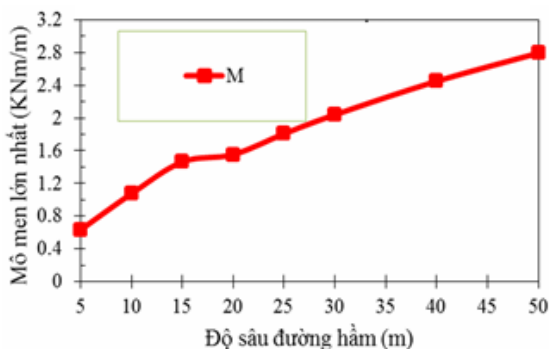


**H.10. Kích thước các đường hầm**

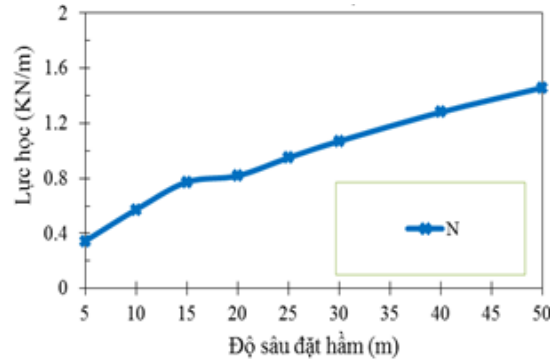
### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Khảo sát khi thay đổi độ sâu đặt đường hầm (H)

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 độ sâu đặt hầm từ 5 đến 50 m, 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 (xem Hình H.11). 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  $H=15\div 20$  m ( $M_{max}$ ) gần như đi ngang, trong khi giá trị ( $N_{max}$ ) tăng như tại đỉnh (xem Hình H.12). Giá trị chuyển vị hướng kính lớn nhất ( $u_{max}$ ) tại đỉnh tăng trong khi tại sườn hầm giảm (xem Hình H. 13).



a)

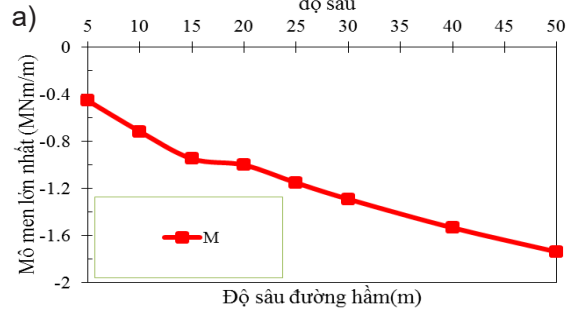


b)

#### H.11. Sự thay đổi của mô men và lực dọc lớn nhất tại đỉnh hầm theo độ sâu

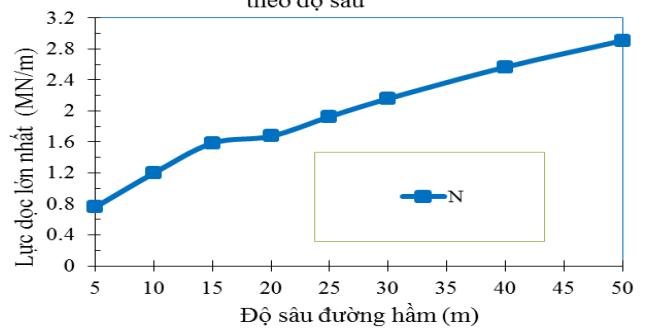
a - Quan hệ giữa momen chống uốn lớn nhất tại đỉnh hầm metro theo độ sâu; b - Quan hệ giữa lực dọc lớn nhất tại đỉnh hầm metro theo độ sâu

a) Mô men lớn nhất trong vỏ chống tại sườn hầm theo độ sâu



b)

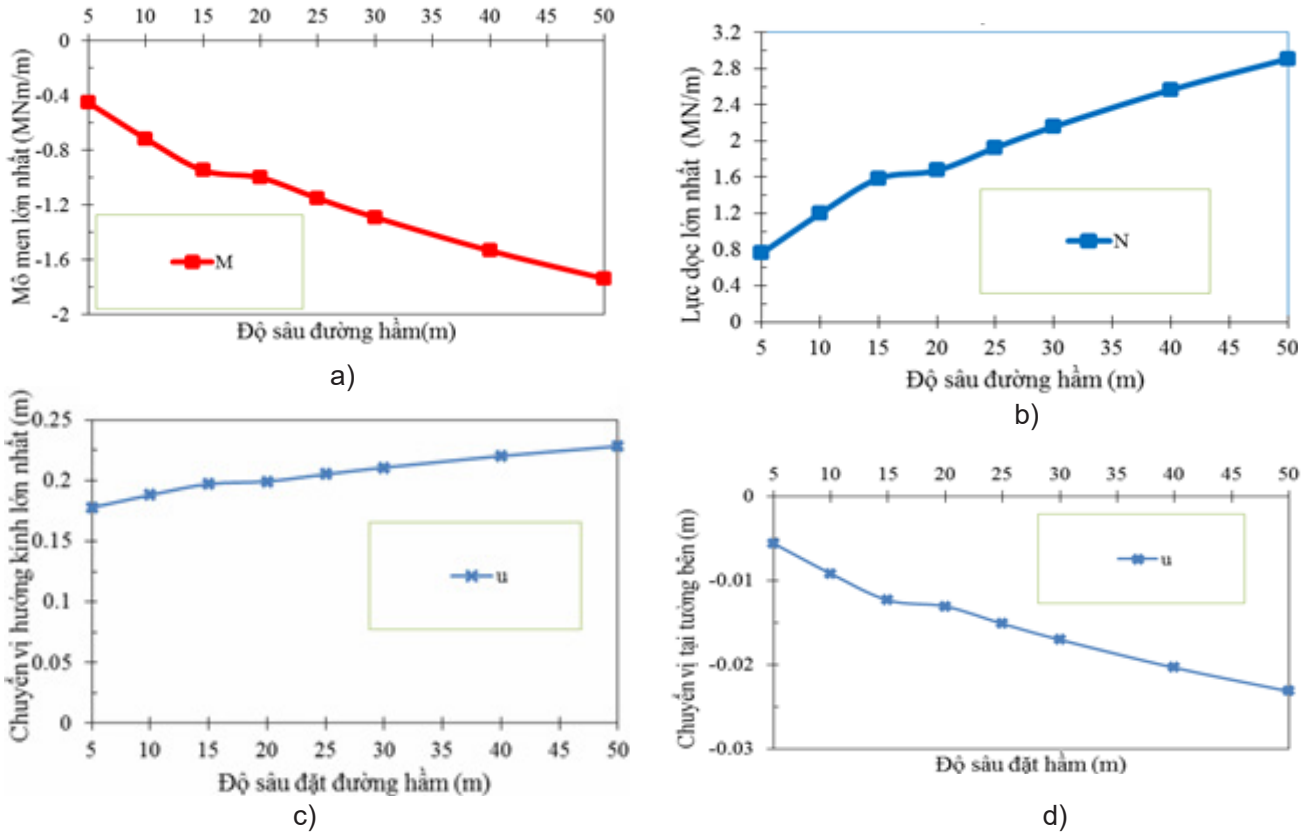
a) Lực dọc lớn nhất trong vỏ chống tại sườn hầm theo độ sâu



#### H.12. Sự thay đổi của mô men và lực dọc lớn nhất tại sườn hầm theo độ sâu:

a - Momen lớn nhất trong vỏ chống tại sườn hầm theo độ sâu; b - Lực dọc lớn nhất trong vỏ chống tại sườn hầm theo độ sâu:



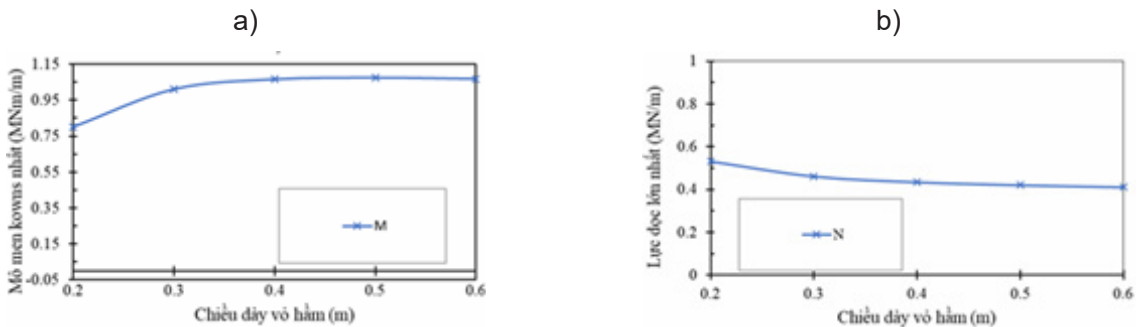


**H.13. Quan hệ giữa chuyển vị tại nóc và sườn đường hầm theo độ sâu bố trí đường hầm**

a - Momen lớn nhất trong vỏ chống tại sườn đường hầm theo độ sâu; b - Lực dọc lớn nhất trong vỏ chống tại sườn đường hầm theo độ sâu; c - Quan hệ giữa chuyển vị hướng kính lớn nhất và độ sâu đường hầm tại vị trí đỉnh hầm; d - Quan hệ giữa chuyển vị hướng kính lớn nhất và độ sâu đường hầm tại sườn hầm.

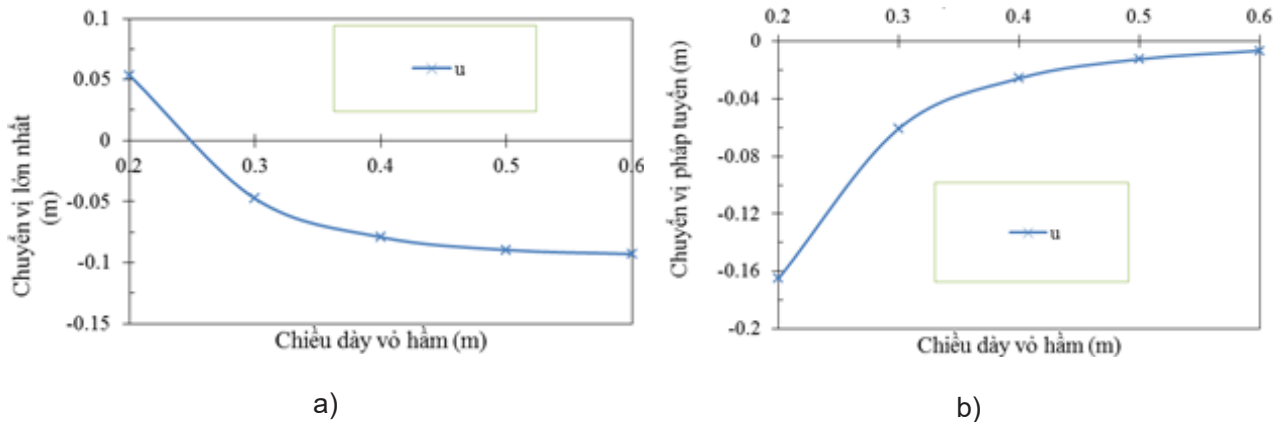
**3.2. Khảo sát khi thay đổi chiều dày vỏ hầm**

Nội lực phát sinh trong kết cấu chống khi thay đổi chiều dày vỏ hầm được thể hiện trên các Hình H.14, Hình H.15 và Hình H.16. Theo kết quả thu được từ mô hình sau khi thay đổi chiều dày vỏ hầm, mô men tại đỉnh hầm đều tăng khi chiều dày tăng từ 0,2÷0,4 m và không tăng nhiều khi chiều dày lớn hơn 0,4m. Ngược lại, giá trị lực dọc lớn nhất giảm theo chiều với chiều tăng của mô men lớn nhất và không giảm nhiều khi chiều dày lớn hơn 0,4 m (Hình 14). Quan sát trên Hình 15, sự thay đổi của mô men và lực dọc lớn nhất tại sườn hầm theo chiều dày vỏ hầm hoàn toàn ngược lại với sự thay đổi của ( $M_{max}$ ) và ( $N_{max}$ ) tại đỉnh hầm, tức là giá trị ( $M_{max}$ ) giảm và ( $N_{max}$ ) tăng và hầu như không tăng khi chiều dày đạt đến 0,4m. Giá trị chuyển vị hướng kính lớn nhất ( $u_{max}$ ) tại đỉnh giảm trong khi giá trị này tại sườn hầm tăng khi tăng chiều dày vỏ hầm (xem Hình H.16).



**H.14. Sự thay đổi của mô men và lực dọc lớn nhất tại đỉnh hầm theo chiều dày vỏ hầm**

a - Sự thay đổi mô men lớn nhất tại đỉnh hầm theo chiều dày vỏ hầm; b - Sự thay đổi của lực dọc lớn nhất tại đỉnh hầm theo chiều dày vỏ hầm.



H.15. Quan hệ giữa chuyển vị tại nóc và sườn đường hầm theo chiều dày vỏ hầm

a - Quan hệ giữa chuyển vị tại đỉnh hầm theo chiều dày vỏ hầm; b - Quan hệ giữa chuyển vị tại sườn hầm theo chiều dày vỏ hầm

#### 4. KẾT LUẬN

Những kết quả nghiên cứu trên đây cho phép rút ra một số kết luận sau đây:

> Việc sử dụng các kết quả nghiên cứu, tiến hành nghiên cứu tính toán cho kết cấu vỏ chống lấp ghép của các đường hầm metro tiết diện ngang hình chữ nhật cong tại các dự án cụ thể nhằm mục đích tính toán các trường hợp riêng từng bước hoàn thiện phương pháp và tối ưu hóa các thông số mặt cắt ngang tiết diện hầm trong các điều kiện địa chất điển hình là một phần công việc trong luận văn thực hiện cho tuyến số 06, dự án hầm metro TP Hồ Chí Minh;

> Kết quả nghiên cứu của ảnh hưởng của độ ổn định hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong thông qua mô hình số dựa trên phần mềm Plaxis<sup>2D</sup> cho thấy khi thay đổi độ sâu đặt đường hầm, chiều dày

vỏ hầm, mô đun đàn hồi của khối đất xung quanh đường hầm đến giá trị mô men lớn nhất và lực dọc lớn nhất, giá trị chuyển vị hướng kính tại đỉnh và sườn hầm thay đổi theo các hướng khác nhau. 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 nhất ít biến đổi;

> Kết quả nghiên cứu của bài báo chỉ ra sự ảnh hưởng của của các yếu tố hình học, độ sâu đặt hầm đến sự ổn định của đường hầm metro tiết diện hình chữ nhật cong theo tiêu chí xem xét là giá trị mô men, lực dọc lớn nhất trong kết cấu cũng như giá trị chuyển vị của biên hầm là nhỏ nhất. Tuy nhiên, để có những đánh giá đầy đủ hơn độ ổn định của hầm metro cần xem xét thêm các yếu tố về nước ngầm, sự phân lớp của các lớp đất đá

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Trọng Hùng (1999). Tối ưu hoá thiết kế xây dựng công trình ngầm và hệ thống công trình ngầm. Giáo trình cao học. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Hà Nội.
2. Võ Trọng Hùng (1998). Vỏ chống sử dụng khả năng mang tải của khối đá. Giáo trình cao học. Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Hà Nội. 1998.
3. Võ Trọng Hùng (1998). Vật liệu và kết cấu chống mới trong xây dựng công trình ngầm và mỏ, Giáo trình cao học, Trường Đại học Mỏ-Địa chất. Hà Nội.
4. Đỗ Ngọc Anh (2016). Một số phương pháp tính toán kết cấu chống lấp ghép trong công trình ngầm, Tuyển tập các công trình khoa học kỷ niệm 50 năm thành lập Bộ môn "Xây dựng Công trình ngầm và Mỏ" 1996-2016, tr.7-12, NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ, Hà Nội.
5. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4527:1988: Hầm đường sắt và hầm đường ô tô - Tiêu chuẩn thiết kế.
6. ITA WG2 (2000). Guidelines for the Design of Shield Tunnel Lining. Hội hầm thế giới ITA.
7. Trần Quý Đức, Lê Đình Tân, Thân Văn Văn (2017). Dự đoán lún bề mặt của môi trường đất yếu xung quanh khi thi công metro số 6 TP HCM. Tạp chí Xây dựng Việt Nam, số 2-2017.
8. Dianchun Du, Daniel Dias, Do Ngoc Anh (2019). Lining performance optimization of sub-rectangular tunnels using the Hyperstatic Reaction Method. Journal of Computers and Geotechnics, 117.
9. Nguyen Tai Tien, Do Ngoc Anh, Karasev Maxim Anatolyevich, Dang Van Kien, Daniel Dias (2020). Tunnel Shape Influence on the Tunnel Lining Behavior, Proceeding of ICE - Geotechnical Engineering.



## RESEARCH ON STABILITY OF METRO TUNNEL SUB-RECTANGULAR SHAPE AT HO CHI MINH CITY METRO TUNNEL PROJECT BY NUMERICAL METHOD

Dang Van Kien, Vo Trong Hung, Do Ngoc Anh

### ABSTRACT

Because the metro tunnel is located near the surface ground, the cross-section of the tunnel has a great influence on the efficiency of the design, construction, use and operation of the subway tunnel, especially the impacts on the stability, the environmental landscape of the surface structures. Nowadays, circular metro tunnels are the most popular shapes used in urban underground transportation and metro system when Tunnelling Boring Method (TBM) is used for the tunnel excavation. However, circular tunnels have a small space utilization ratio. It makes to the excavated cross-section much larger than the used cross-section, and reducing the project efficiency. With the development of material and tunnel structure, non-circular tunnels are now common, and their cross-section permits to improve the underground space use efficiency. The sub-rectangular section metro tunnel is being studied and tested a lot in recent times because they satisfy two criteria at the same time: the load carrying capacity of the tunnel lining and the utilization useful factor of large cross-section. However, the calculation of the tunnel lining of this type by analytical method is very complicated and there is no solution for the above shape.

The paper present the influence of the metro tunnel shape on the lining forces is considered by using the numerical simulation by Plaxis2D software. A parametric study was performed in order to highlight the effect of some parameters of the characteristic of depth of metro tunnel, thickness of metro tunnel lining on the structural forces produced in the sub-rectangular metro tunnel lining stability in line 6 of metro tunnel project in Ho Chi Minh City..

**Keywords:** Metro tunnel, numerical method, tunnel stability, circular tunnel

**Ngày nhận bài:** 13/7/2021;

**Ngày gửi phản biện:** 18/7/2021;

**Ngày nhận phản biện:** 30/8/2021;

**Ngày chấp nhận đăng:** 15/9/2021.

**Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo:** Các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam.