

Nghiên cứu giải pháp và phương pháp tính toán kết cấu hầm chui

Nguyễn Thị Quỳnh Như^{1*}, Ninh Khắc Tôn¹

¹ Trường Đại học Giao thông Vận tải

TỪ KHOÁ

Hầm chui
Mái phẳng
Mái vòm
Áp lực
Địa chất
Kết cấu

TÓM TẮT

Hiện nay, tại Việt Nam chưa có tiêu chuẩn hay quy phạm cụ thể cho việc tính toán kết cấu tường trong đất của hầm chui. Công tác này chủ yếu dựa vào chuyên gia nước ngoài hoặc áp dụng các tiêu chuẩn từ Nga, Mỹ, Nhật Bản, ... Tuy nhiên, sự khác biệt về điều kiện địa chất – thủy văn đòi hỏi phải có những nghiên cứu để lựa chọn và điều chỉnh phương pháp tính toán phù hợp với thực tiễn trong nước. Do đó, trong phạm vi nghiên cứu này, một số giải pháp và phương pháp tính toán được xem xét, đánh giá nhằm đề xuất khả năng áp dụng cho điều kiện Việt Nam.

KEYWORDS

Underpass tunnel
Flat slab roof
Arch roof
Earth pressure
Geology
Structure

ABSTRACT

At present, Vietnam has no specific standards or regulations for the calculation of diaphragm wall structures in underpasses. This work is mainly carried out by foreign experts or based on standards from Russia, the United States, Japan, and others. However, differences in geological and hydrogeological conditions require further studies to select and adapt appropriate calculation methods to the local context. Therefore, within the scope of this study, several solutions and calculation methods are reviewed and evaluated to propose their applicability to Vietnam's conditions.

1. Mở đầu

Trong bối cảnh phát triển và hội nhập mạnh mẽ về kinh tế, văn hóa – xã hội, nhu cầu xây dựng các công trình ngầm giao thông tại Việt Nam ngày càng gia tăng. Đặc biệt, tại Thủ đô Hà Nội – nơi mật độ dân cư cao, có nhiều công trình kiến trúc, lịch sử và văn hóa cần được bảo tồn – việc phát triển các công trình hạ tầng ngầm như hầm chui, hầm đi bộ, hầm metro trở nên cấp thiết nhằm giảm thiểu ùn tắc giao thông và nâng cao chất lượng đô thị.

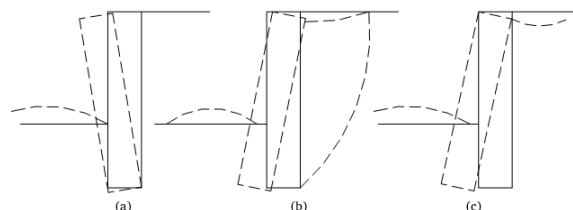
Tuy nhiên, do hạn chế về năng lực thi công, trang thiết bị và nguồn lực tài chính, việc lựa chọn giải pháp kết cấu phù hợp cho hầm chui vẫn còn là một thách thức. Thực tiễn tại Việt Nam cho thấy các hầm chui hiện có, như hầm Kim Liên, hầm Khuất Duy Tiến, hầm Trần Duy Hưng, đều áp dụng kết cấu mái phẳng, trong khi trên thế giới, giải pháp mái vòm cong được sử dụng phổ biến nhờ ưu điểm vượt trội về khả năng chịu lực và giảm biến dạng đất nền.

Cùng với đó, nhiều yếu tố như điều kiện địa chất – thủy văn, công nghệ xây dựng và đặc điểm kết cấu ảnh hưởng trực tiếp đến biến dạng khối đất xung quanh công trình ngầm, đòi hỏi phải có nghiên cứu toàn diện để lựa chọn phương pháp tính toán và giải pháp kết cấu phù hợp với điều kiện Việt Nam. Trong bối cảnh này, nhu cầu nghiên cứu và áp dụng các công nghệ, phương pháp tiên tiến cho các dự án hầm chui – điển hình như phương án xây dựng hầm chui vượt nút giao Pháp Vân theo hướng cao tốc Pháp Vân – nội thành – trở thành vấn đề cấp thiết và có ý nghĩa thực tiễn sâu sắc. Chính vì vậy, nhóm tác giả "**Nghiên cứu giải pháp và phương pháp tính toán kết cấu hầm chui**".

2. Các phương pháp tính toán kết cấu hầm chui đang được áp dụng

2.1. Phương pháp giải tích

a. Tính toán tường chắn xi măng đất



Hình 1. Các kiểu phá hỏng của tường chắn xi măng đất.

Tường chắn thường bị phá hỏng bởi các nguyên nhân sau:

+ Phá hỏng do nghiêng đổ (Hình 1.a): Do thân tường chôn vào trong đất quá nông hoặc chiều dày tường không đủ, khi chất tải trên mặt đất quá nhiều hoặc xe tải nặng chạy trên bờ hố đều có thể làm cho tường bị phá hỏng do nghiêng đổ.

+ Tổng thể nền đất bị phá hỏng (Hình 1.b): Khi độ sâu hố đào tương đối lớn, đất dưới móng lại quá yếu, đặc biệt là khi trên mặt đất lại có chất tải quá lớn (chất đông đất), đất nền cùng với kết cấu chống giữ cùng bị trượt. Tổng thể nền đất bị phá hỏng gây ra nguy hại cực kỳ lớn, thường là đồng thời với việc sụt lún một lượng đất lớn trên mặt đất, đáy kết cấu chắn giữ trôi lên, còn có thể dẫn đến các cọc chịu lực ở bên trong kết cấu chắn giữ cũng bị chuyển vị.

+ Phá hỏng do chân tường bị trượt ra ngoài (Hình 1.c): Khi kết cấu chắn đất chôn sâu không đủ, đất đáy hố quá yếu hoặc do các hiện

*Liên hệ tác giả: quynhu61@utc.edu.vn

Nhận ngày 06/10/2025, sửa xong ngày 28/10/2025, chấp nhận đăng ngày 29/10/2025

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2025.1128>

tượng cát chảy, rửa trôi làm yếu đi, có thể dẫn đến hiện tượng phá hỏng do chân tường bị trượt ra ngoài.

b. Tính toán tường chắn bằng cọc hàng

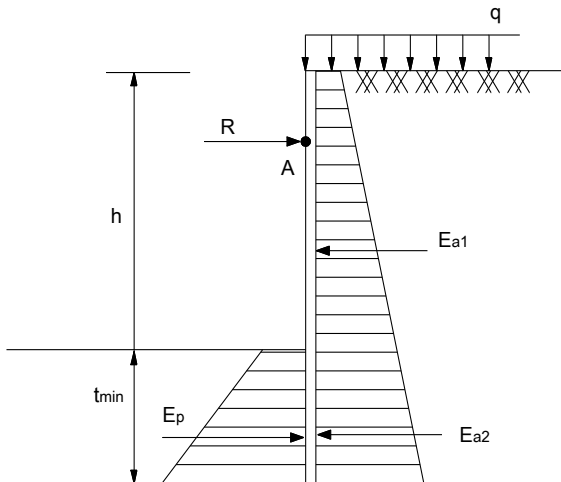
Căn cứ vào độ sâu hố đào và tình hình chịu lực của kết cấu, chắn giữ bằng cọc hàng có thể chia làm mấy loại sau đây:

Kết cấu chắn giữ không có chống (conson): Khi độ sâu đào kết cấu chắn giữ không lớn và có thể lợi dụng được tác dụng conson để chắn giữ được thể đất ở phía sau tường.

Kết cấu chắn giữ có chống đơn: Khi độ sâu đào kết cấu chắn giữ lớn hơn, không thể dùng được kiểu không có chống thì có thể dùng một hàng chống đơn ở trên đỉnh của kết cấu chắn giữ (hoặc là dùng neo kéo).

Kết cấu chắn giữ nhiều tầng chống: khi độ sâu đào kết cấu chắn giữ là khá sâu, có thể đặt nhiều tầng chống, nhằm giảm bớt nội lực của tường chắn

* Tính kết cấu chắn giữ có một tầng chống (Hình 2)



Hình 2. Sơ đồ tính toán cân bằng tĩnh chắn giữ bằng cọc với một tầng chống.

Tại vị trí đặt thanh chống (điểm A) coi đó là liên kết khớp. Lấy mômen đối với điểm A, cho $M_A = 0$, hợp lực theo phương ngang $\sum Z = 0$. Từ đó có thể xác định độ cắm sâu vào trong đất nhỏ nhất t_{min} của cọc và lực chống cần thiết cho mỗi mét dài nằm ngang.

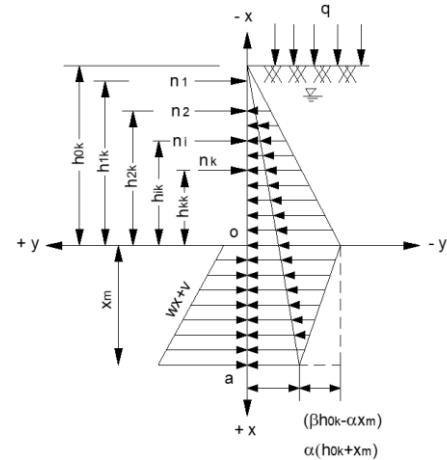
c. Tính toán tường liên tục trong đất (phương pháp Sachipana - Nhật)

Là phương pháp tính toán khi xem lực trực thanh chống, mômen thân tường bất biến, lấy một số hiện tượng thực đo nào đó làm căn cứ:

- Sau khi đặt tầng chống dưới, lực trực của tầng chống trên hầu như không đổi, hoặc chỉ biến đổi chút ít.

- Chuyển dịch của thân tường từ điểm chống dưới trở lên, phần lớn đã xảy ra trước khi lắp đặt tầng chống dưới.

- Mômen uốn của thân tường từ điểm chống dưới trở lên, phần lớn trị số của nó là phần còn dư lại từ trước khi lắp đặt tầng chống dưới.



Hình 3. Sơ đồ tính toán theo phương pháp Sachipana.

Căn cứ vào các hiện tượng thực đo này Sachipana đưa ra phương pháp tính lực trực thanh chống và mô men thân tường không biến đổi theo quá trình đào đất, những giả định cơ bản của nó là:

- Trong đất có tính dính, thân tường xem là đàn hồi vô hạn.
- Áp lực đất thân tường từ mặt đào trở lên phân bố theo hình tam giác, từ mặt đào trở xuống phân bố theo hình chữ nhật (đã triệt tiêu áp lực đất tĩnh ở phía đào đất).
- Áp lực nước bên dưới mặt đào xem là giảm đi tới không, lực chống của đất bên bị động xem là đạt tới áp lực đất bị động.
- Sau khi lắp đặt chống sẽ xem là điểm chống bất động.
- Sau khi lắp đặt tầng chống dưới thì xem trị số lực trực của tầng chống trên duy trì không đổi, còn thân tường từ tầng chống dưới trở lên vẫn duy trì ở vị trí cũ.
- Điểm mômen uốn thân tường bên dưới mặt đào $M = 0$ xem là một khớp, và bỏ qua lực cắt trên thân tường từ khớp ấy trở xuống.

Căn cứ vào điều kiện cân bằng tĩnh $\sum M_A = 0$ và $\sum Y = 0$ tìm ra lực chống và chiều sâu tường.

2.2. Phương pháp phần tử hữu hạn

Phương pháp phần tử hữu hạn là một thuật toán để giải những phương trình vi phân đạo hàm riêng bằng cách rời rạc hoá phương trình theo các phương không gian nghiên cứu. Việc rời rạc hoá được tiến hành bằng cách phủ lên miền xét các miền nhỏ hơn đơn giản có hình dạng tùy ý (phần tử hữu hạn) nhằm chuyển các phương trình của bài toán thành các ma trận liên hệ giữa các số liệu vào tại các điểm định sẵn trong phần tử (các điểm nút), với số liệu ra tại chính các điểm này. Thiết lập những phương trình ma trận tổng thể (các phương trình ma trận đối với khắp miền nghiên cứu) bằng cách cộng từ nút này tới nút khác các phương trình ma trận đối với các miền con nhỏ hơn.

Phương pháp phần tử hữu hạn ban đầu được nghiên cứu áp dụng cho các phần tử đơn giản như phần tử thanh, sau này được phát triển cho nhiều loại phần tử phức tạp hơn như phần tử tấm, phần tử vỏ, phần tử khối... Hơn thế nữa, phương pháp phần tử hữu hạn không chỉ dừng lại để giải các bài toán vật rắn biến dạng mà còn giải các bài toán

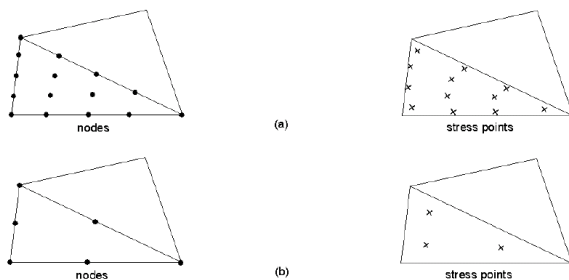
về động lực học, bài toán truyền nhiệt, thủy động lực học, ổn định. Đặc biệt, phương pháp phần tử hữu hạn được áp dụng để tính cho các bài toán liên quan đến địa cơ học như ổn định mái dốc, phân bố ứng suất trong đất, ứng suất dưới đáy móng, áp lực đất lên tường chắn, áp lực đất lên tuynen...

Cùng với sự phát triển của máy tính điện tử, rất nhiều chương trình phần mềm được viết dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn để giúp cho người tính toán có thể tính được các bài toán phức tạp. Một số chương trình điển hình đó là: SAP, STRAN6, W-SLOPE, PLAXIS...

Để tính bài toán địa cơ học theo phương pháp phần tử hữu hạn cần theo trình tự sau:

a. Rời rạc hoá kết cấu

Tường chắn, thanh neo được mô tả bằng phần tử thanh có 2 nút. Nền đất được chia ra hữu hạn các phần tử 6 nút hoặc phần tử 15 nút. Tại các vùng có khả năng xảy ra tập trung ứng suất lớn hoặc chuyển vị thay đổi đột ngột thì các phần tử được chia mịn hơn (các phần tử có kích thước nhỏ). Sau đó đưa các thông số của phần tử đất như dung trọng γ , góc nội ma sát φ , lực dính c , hệ số nén lún, hệ số thấm, chuyển vị ban đầu...



Hình 4. Phần tử đất và điểm ứng suất của phần tử 15 nút (a), 6 nút (b).

b. Lựa chọn mô hình nền tính toán

* Đàn hồi tuyến tính: Các mô hình này tuân theo định luật Hook về đàn hồi tuyến tính đẳng hướng. Mô hình này sử dụng rất hạn chế trong việc mô phỏng các ứng xử của đất. Nó chỉ được dùng chủ yếu để mô phỏng các khối kết cấu cứng trong đất.

* Đàn hồi - dẻo (Mohr - Coulomb): Quan hệ ứng suất biến dạng là đường đàn dẻo tuyệt đối. Đây là mô hình nổi tiếng thường dùng để tính toán gần đúng các ứng xử ở giai đoạn đầu của đất.

c. Lập các ma trận độ cứng trong hệ toạ độ địa phương cho các phần tử

Dựa vào các đặc trưng cơ học của đất thiết lập các ma trận độ cứng đơn vị của phần tử đất $[K]_i$. Trong khuôn khổ luận văn này không đi sâu vào việc thiết lập từng số hạng của ma trận.

d. Lập ma trận độ cứng tổng thể

Để lập ma trận độ cứng tổng thể, trước hết cần chuyển các ma trận độ cứng của các phần tử từ hệ toạ độ địa phương sang hệ toạ độ tổng thể, được xác định như sau:

$$[K']_i = [T]_i^T [K]_i [T]_i \quad (2.1)$$

Trong đó:

$[K]_i$: ma trận độ cứng của phần tử thứ i trong hệ toạ độ địa phương

$[K']_i$: ma trận độ cứng của phần tử thứ i trong hệ toạ độ tổng thể

$[T]_i$: ma trận chuyển đổi của phần tử thứ i

$[T]_i^T$: ma trận chuyển đổi của ma trận chuyển đổi của phần tử thứ i

Sau khi thiết lập được các ma trận của phần tử ở toạ độ tổng thể, tiến hành lập ma trận độ cứng của toàn hệ trong hệ toạ độ tổng thể bằng cách ghép nối các ma trận con với nhau.

$$[K']_g = [[K']_1 [K']_2 \dots [K']_i \dots [K']_n] \quad (2.2)$$

e. Khử dạng suy biến của ma trận độ cứng

Phương trình (2.1) thể hiện sự cân bằng của kết cấu còn được tự do trong không gian nên ma trận $[K']$ bị suy biến. Do đó cần đưa điều kiện biên vào bài toán để khử suy biến bằng cách lần lượt loại bỏ hàng thứ i và cột thứ i tương ứng với thành phần chuyển vị bị ngăn cản (chuyển vị bằng không) của liên kết. Lúc này phương trình (2.1) có dạng:

$$[R^*] = [K^*] \{u^*\} \quad (2.3)$$

Trong đó:

$[K^*]$ là ma trận độ cứng đã kể đến điều kiện bên bằng cách loại bỏ hàng thứ i và cột thứ i tương ứng với thành phần chuyển vị thứ i bằng không

$\{u^*\}$ là vec tơ chuyển vị nút được loại bỏ hàng thứ i tương ứng với thành phần chuyển vị bằng không

f. Giải phương trình

Do đặc điểm của nền đất là phi tuyến vật liệu nên quá trình giải phương trình phải dùng phương pháp lặp. Quá trình giải lặp được tóm tắt như sau:

- Chia tải trọng thành n cấp.
- Lần lượt giải với từng cấp tải trọng tăng dần từ thấp đến cao.
- Nếu trong quá trình giải, ứng suất của phần tử nào vượt quá giới hạn đàn hồi (không tuân theo định luật Hook đối với vật liệu đàn hồi và không tuân theo định luật Culông đối với các phần tử đất) thì độ cứng của phần tử thay đổi (thay đổi ma trận độ cứng của phần tử) phù hợp với ứng suất.

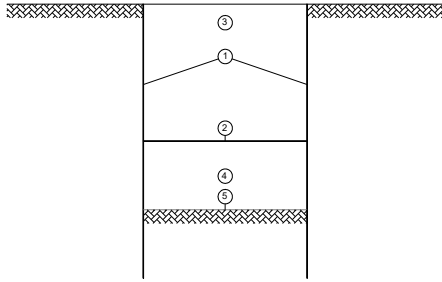
- Tính ứng suất trong các phần tử, biểu diễn chuyển vị, ứng suất bằng hình ảnh trực quan.

3. Giải pháp tính toán kết cấu hầm chui

- Áp dụng công nghệ thi công tường tiên tục trong đất trong thi công công trình ngầm nhằm đảm bảo được tiến độ thi công và thời gian

thi công nhanh nhất, nó có ý nghĩa rất quan trọng công với các công trình ngầm đặt nông trong đô thị do nó đảm bảo được yêu cầu về giao thông đô thị. Trình tự thi công công trình ngầm đặt nông thi công theo công nghệ tường trong đất như sau (hình 5):

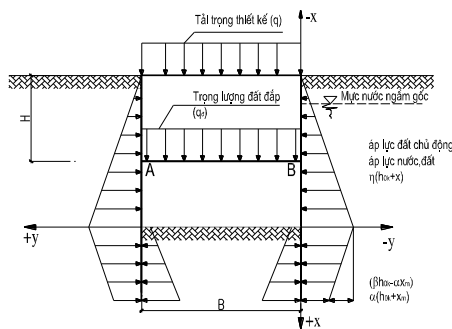
1. Thi công tường liên tục trong đất.
2. Thi công phần mái (nóc) công trình ngầm.
3. Lắp đất hoàn trả mặt bằng (đảm bảo giao thông).
4. Đào đất phần thân hầm.
5. Thi công nền hầm.



Hình 5. Trình tự thi công công trình ngầm đặt nông theo công nghệ tường trong đất.

3.1. Hầm mái phẳng

Xét sơ đồ tính của hệ:



Hình 6. Sơ đồ tính.

Tải trọng tác dụng lên kết cấu bao gồm:

- Tải trọng thiết kế: q
- Áp lực đất thẳng đứng tác dụng lên hầm: $q_d = \gamma \cdot H$ (T/m²)

Với: γ : Trọng lượng thể tích của đất đá (T/m³)

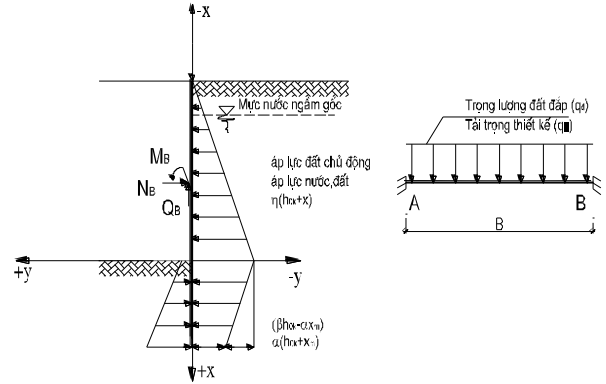
H : Chiều sâu đặt công trình (m)

- Áp lực đất chủ động + áp lực nước trên mặt ngoài
- Áp lực nước bị động trên mặt trong của phần cắm sâu vào trong lòng đất.

Một cách gần đúng có thể dùng phương pháp tách vỏ hầm ra làm các bộ phận riêng rẽ như trong hình 6.

Trong đó:

- Tầm nóc được xem là ngầm hai đầu, tầm tường tính như tường liên tục trong đất theo phương pháp Sachipana.

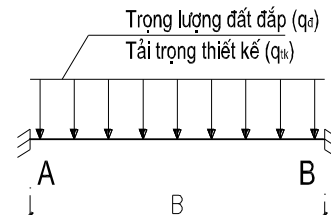


Hình 7. Hệ cơ bản của hầm mái phẳng.

3.2. Tính toán tầm nóc

- Tải trọng tác dụng lên tầm nóc: $q_n = q + q_d$

- Hệ siêu tĩnh ngầm hai đầu, chịu tải trọng thẳng đứng, theo cơ học kết cấu ta tính toán nội lực của tầm nóc.



Hình 8. Sơ đồ tính toán tầm nóc.

3.3. Tính toán tầm tường

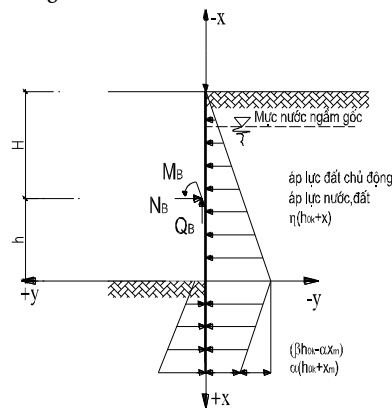
Tầm tường được tính toán tương tự như tính toán tường trong đất theo phương pháp Sachipana trong trường hợp hệ tường không có hệ thanh chống.

- Căn cứ vào điều kiện cân bằng tĩnh ta tính toán được x_m như sau:

$$\sum M_C = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{3}(w - \alpha)x_m^3 - \left(\frac{1}{2}\eta h_{0k} - \frac{1}{3}\beta h_{0k}\right)x_m^2 - \frac{1}{2}\eta h_{0k}^2 + M_A = 0 \quad (2.4)$$

Với $h_{0k} = H + h$ (m)

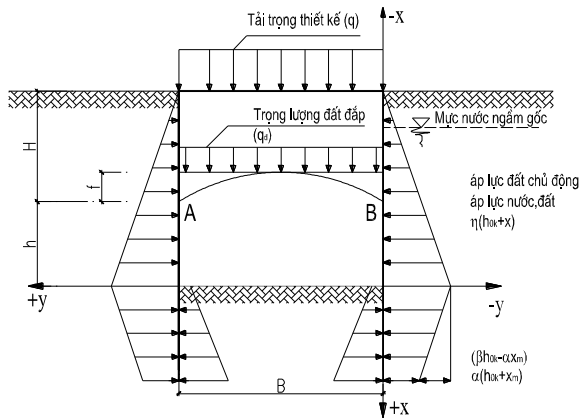
Giải phương trình ta xác định được x_m từ đó xác định được nội lực trong tầm tường.



Hình 9. Sơ đồ tính toán tầm tường.

3.4. Mái vòm

Xét sơ đồ tính của hệ:

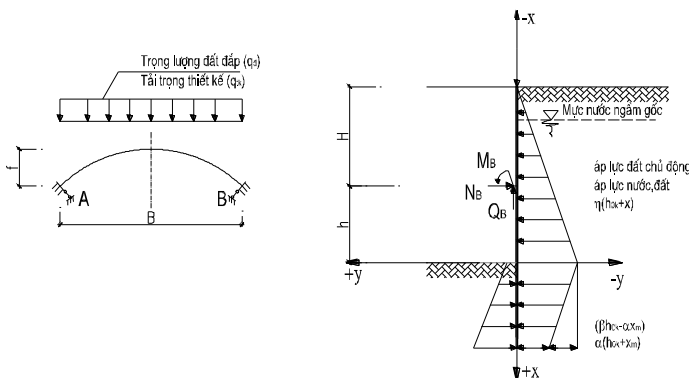


Hình 10. Sơ đồ tính.

Tải trọng tác dụng lên kết cấu bao gồm:

- Tải trọng thiết kế: q
- Áp lực đất thẳng đứng tác dụng lên hầm: $q_d = \gamma \cdot H$ (T/m²)
 Với: γ : Trọng lượng thể tích của đất đá (T/m³)
 H : Chiều sâu đặt công trình (m)
- Áp lực đất chủ động + áp lực nước trên mặt ngoài
- Áp lực nước bị động trên mặt trong của phần cắm sâu vào trong đất.

Một cách gần đúng có thể dùng phương pháp tách vỏ hầm ra làm các bộ phận riêng rẽ như trong hình 11, với phần mái vòm được tính toán như trường hợp vòm không khớp kê trực tiếp lên địa tầng.

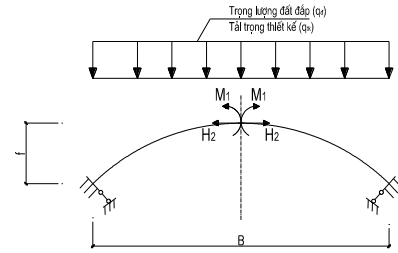


Hình 11. Hệ cơ bản tính toán kết cấu mái vòm.

3.5. Tính toán mái vòm

Xét hệ cơ bản như trong Hình 12.

Kết cấu vòm đối xứng, chịu tải trọng đối xứng, cắt vòm tại tiết diện đỉnh và thay bằng các nội lực chưa biết là các ẩn số: Mô men M_1 , lực xô ngang H_2 , lực cắt $Q_3 = 0$.

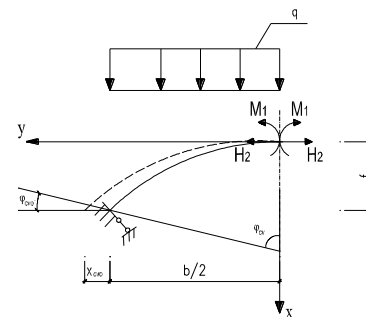


Hình 12. Hệ cơ bản của vòm cung tròn không khớp.

Dưới tác dụng của tải trọng, chân vòm bị lún gây ra các chuyển vị sau:

- Chuyển vị ngang: X_{cvo}
- Chuyển vị góc (góc xoay): φ_{cvo}
- Chuyển vị thẳng đứng: Y_{cvo}

Do bài toán đối xứng, chuyển vị thẳng đứng không ảnh hưởng tới nội lực trong vòm nên không xét đến (hình 13).



Hình 13. Sơ đồ chịu lực và chuyển vị của nửa vòm.

4. Tính toán kết cấu công trình hầm tại huyện Thanh Trì Hà Nội, khu vực nút Pháp Vân – nội thành

Theo kết quả khảo sát, đo đếm lưu lượng phương tiện của tư vấn TEDI, lưu lượng xe qua nút giao đang đạt xấp xỉ 80.000 PCU (xe tiêu chuẩn)/giờ. Cụ thể, với hướng Pháp Vân đi Ngọc Hồi (QL1 cũ), lượng ô tô con và xe buýt là 7.533 lượt, xe tải: 10.817 lượt; hướng Pháp Vân – Giải Phóng xe con: 651 lượt, xe tải 1.553 lượt; hướng Ngọc Hồi - Pháp Vân, xe con và xe buýt: 384 lượt, xe tải: 1.233 lượt...



Hình 14. Nghiên cứu địa chất khu vực nút Pháp Vân- Cầu Giẽ để xây dựng hầm chui (tô đen).

Dưới đây tác giả đã nghiên cứu cụ thể lỗ khoan địa chất công trình TX-22 tại khu vực gần nút Pháp Vân hướng nội thành, được sử dụng để lấy thông tin nghiên cứu. Trong mỗi lỗ khoan cho thấy nền đất gồm nhiều lớp có độ dày khác nhau, mỗi lớp có đặc điểm đất đá được mô tả chi tiết trong cột địa tầng, và giá trị đo thí nghiệm SPT cho 30 cm (NSPT/30) tương ứng. Trong phần phụ lục nêu rõ cụ thể về quá trình thực hiện phân loại nền cho lỗ khoan TX-22.

Trong lỗ khoan TX-22 với độ sâu từ mặt đất tới 45 m có 7 lớp, mỗi lớp có những đặc điểm hình thái, thành phần vật chất, các chỉ tiêu cơ lý, lực học được tóm lược và phân loại nền như sau:

Lớp 1-lớp đất lấp nằm trên cùng, với thành phần chủ yếu là đất hỗn tạp, trạng thái không đều, bờ rời, bề dày 1.2 m. Lớp đất lấp không có ý nghĩa trong xây dựng, vì vậy các đặc trưng cơ lý và lực học của lớp này ít được chú ý.

Lớp 2- lớp đất sét pha màu nâu, nâu vàng, trạng thái dẻo cứng, phân bố dưới đáy lớp 1 từ độ sâu 1,2 m đến 8,0 m, bề dày 6,8 m, $N/30=7-13$, nên được xếp vào nền loại E theo NEHRP.

Lớp 3- lớp đất sét pha màu nâu xám lẫn ít hữu cơ, trạng thái dẻo chảy- chảy, $N/30$ bằng 5, bề dày 3,2 m đây là đất sét có độ nhạy cảm cao, có kết yếu, là nền loại F.

Lớp 4- có giá trị $N/30$ thay đổi từ 1 đến 4 là lớp bùn sét pha màu xám đen lẫn hữu cơ, độ sâu thay đổi từ 11,20 m-37,5 m, bề dày lớp 26,3 m, nền này dễ bị phá hủy dưới tải trọng động đất, độ nhạy cảm cao, có kết yếu, dễ hóa lỏng. Lớp này vì vậy được xác định là nền loại F.

Lớp 5- với $N/30 = 11$, bề dày 2,5 m thay đổi từ 37,5 m đến 40 m, đất sét màu xám vàng, xám trắng, trạng thái dẻo cứng-nửa cứng, xác định nền loại E.

Tương tự, với lớp 6 là nền loại D, lớp 7 nền C.

Tuy có nhiều lớp đất khác nhau trong một lỗ khoan (Hình 2), nhưng xét ở độ sâu từ bề mặt tới 30 m thì nền loại F chiếm ưu thế với độ dày 29,5 m trên 37,5 m, nên nền F có ý nghĩa quyết định đến khả năng phản ứng dưới tác động động đất tại điểm này, và vì vậy nền loại F được chọn cho lỗ khoan này.

Sau khi phân loại nền cho từng lỗ khoan như phương pháp trình bày ở trên, tiến hành xác định ranh giới của từng loại nền dựa vào kết quả phân loại của từng lỗ khoan theo nguyên tắc nếu hai lỗ khoan gần nhau thể hiện hai loại nền khác nhau thì điểm giữa hai lỗ khoan đó được chọn làm ranh giới của 2 loại nền.

Từ các kết quả nghiên cứu địa chất, tác giả đã thực hiện tính toán cho một công trình hầm giả định có mái phẳng và mái vòm với các thông số như sau:

- Vùng khảo sát rộng 50 m và cao 25 m
- Nóc hầm cách mặt đất 5 m, khẩu độ hầm 10 m. Kích thước này được chọn sao cho chuyển vị ngang từ biên đứng bằng 0 và chuyển vị đứng trên biên ngang bằng 0.
- Xét bài toán có mực nước ngầm cách mặt đất 20 m.
- Kết cấu được đặt lên một lớp đất đồng nhất đẳng hướng với các số liệu như sau:
 - + Môi trường xung quanh là đất sét có trọng lượng riêng $\gamma_{sat} = 18 \text{ kN/m}^3$,

+ Góc ma sát trong $\phi = 25^\circ$,

+ Lực dính $C_{ref} = 5 \text{ kN/m}^2$

- Xét bài toán phẳng, chiều dọc hầm lấy bằng 1 m

- Các đặc trưng hình học từ sơ đồ tính gồm:

+ Tường BTCT M300 dày $d_{tường} = 1,0 \text{ m}$,

+ Độ cứng dọc trục $EA = 2,65 \cdot 10^6 \text{ KN/m}$,

+ Độ cứng chống uốn $EI = 2,21 \cdot 10^5 \text{ KNm}^2/\text{m}$,

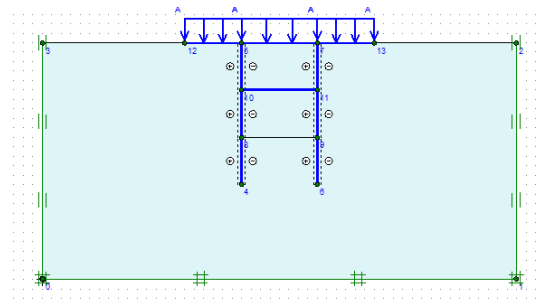
+ Nóc BTCT M300 dày $d_{nóc} = 1,0 \text{ m}$,

+ Độ cứng dọc trục $EA = 2,9 \cdot 10^6 \text{ KN/m}$,

+ Độ cứng chống uốn $EI = 2,42 \cdot 10^5 \text{ KNm}^2/\text{m}$

- Tải trọng trên mặt đất $q = 20 \text{ kN/m}^2$ lấy theo tiêu chuẩn.

Sơ đồ tính toán hầm theo 2 dạng kết cấu mái:



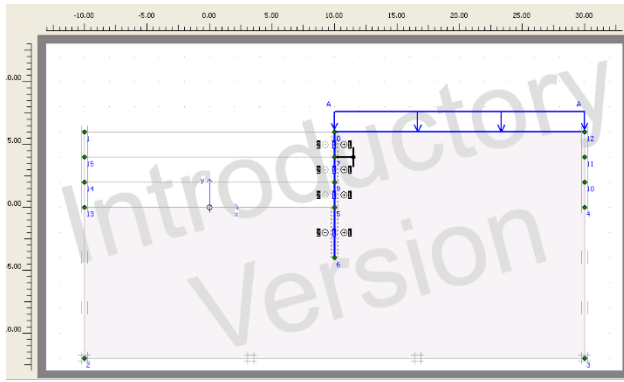
Hình 16. Sơ đồ tính toán cho trường hợp mái phẳng.

4.1. Khảo sát tính toán kết cấu tường chống

Số liệu đầu vào được thể hiện trên Hình 16.

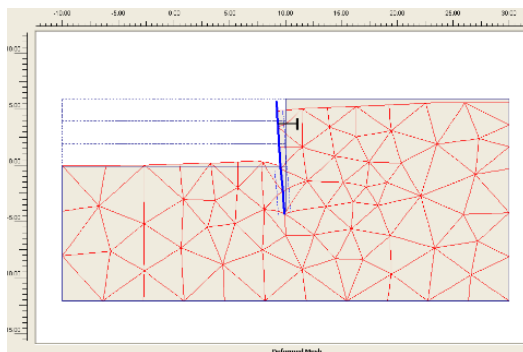
LỖ KHOAN: TX-22				HÌNH TRƯỞNG LỖ KHOAN (LOẠI F)		MỨC NƯỚC DƯỚI ĐẤT: 4.600 M	
CAO ĐỘ KHOAN: 5.100 M				TỶ LỆ: 1/250		NGÀY KHƠI CÔNG: NGÀY HOÀN THÀNH	
Ký hiệu	Cao độ đáy (m)	Độ sâu đáy (m)	Độ dày đáy (m)	TRỤ CẮT LỖ KHOAN	MÔ TẢ ĐỊA TẦNG	THÍ NGHIỆM SPT	
						Số búa 15 cm	Độ sâu SPT
						N10N2N3	Độ sâu (m)
1	3.90	1.20	1.20		Đất thành phần hỗn tạp trạng thái không đều	2.50	1.20
6			6.80		Sét pha màu nâu, nâu vàng, trạng thái dẻo cứng	4.50	4.00
7	-2.90	8.00	3.20		Sét pha màu nâu xám lẫn ít hữu cơ, trạng thái dẻo chảy-chảy	6.50	6.00
13	-6.10	11.20	28.30		Bùn sét pha màu xám đen lẫn hữu cơ	11.50	11.00
14	-32.40	37.50	2.50		Sét màu xám vàng, xám trắng, trạng thái dẻo cứng-nửa cứng	18.50	18.00
19	-34.90	40.0	2.00		Cát hạt trung lẫn sỏi cuội màu xám vàng, xám trắng trạng thái rất chặt	21.50	21.00
22	-39.90	45.00	3.00		Cuội sỏi lẫn cát màu xám, xám vàng	41.50	41.00

Hình 15. Phân loại nền cho tập hợp các lớp đất trong 30m đầu tiên của nền đất ở lỗ khoan TX-22.

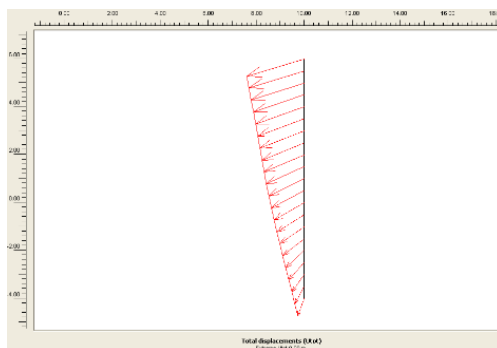


Hình 17. Sơ đồ tính toán.

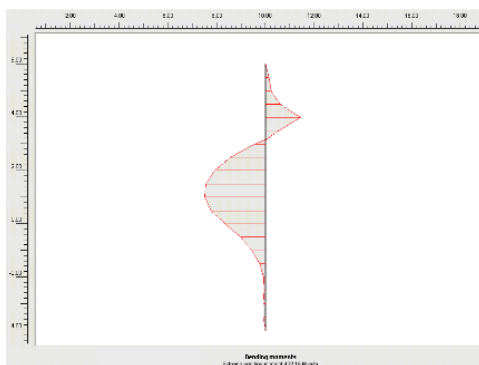
Sau khi chương trình tính toán, các kết quả được thể hiện bằng hình vẽ và bảng số liệu.



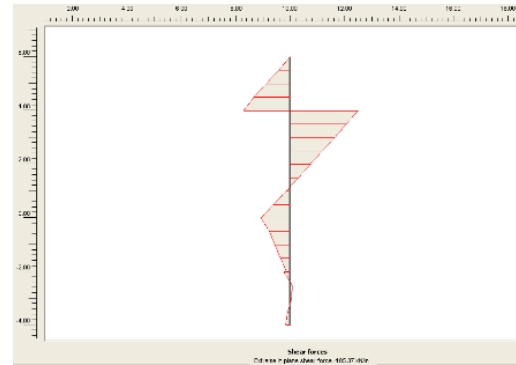
Hình 18. Sơ đồ chuyển vị của cả hệ.



Hình 19. Chuyển vị của tường liên tục.

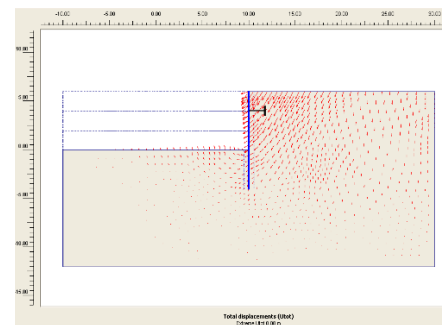


Hình 20. Biểu đồ mô men của tường liên tục.

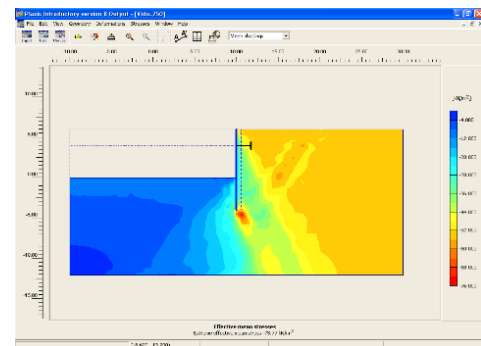


Hình 21. Biểu đồ lực cắt của tường liên tục.

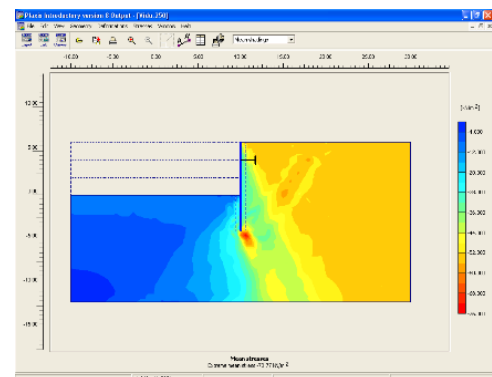
Chương trình Plaxis không chỉ tính được chuyển vị, nội lực của tường mà còn tính được nội lực, ứng suất trong đất.



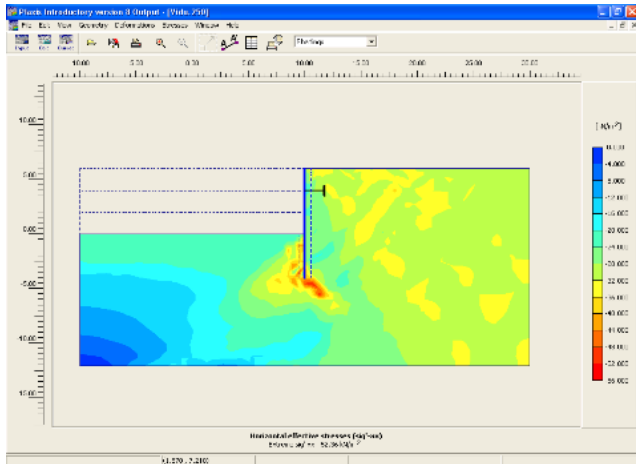
Hình 22. Hướng chuyển vị của đất nền và tường liên tục.



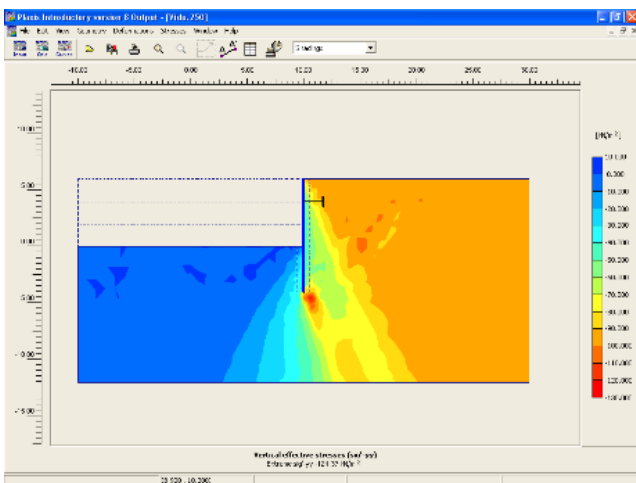
Hình 23. Ứng suất hiệu quả trong nền đất.



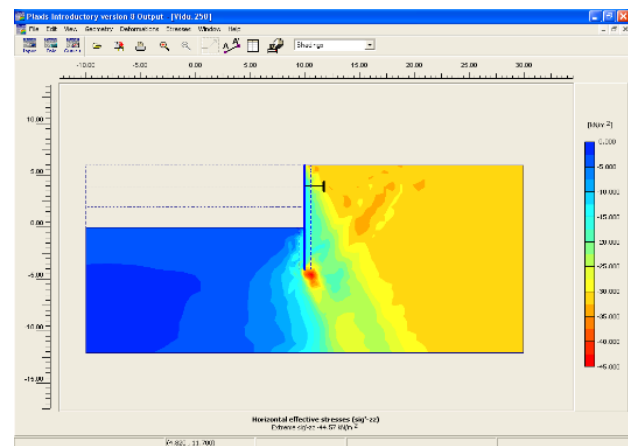
Hình 24. Ứng suất tổng.



Hình 25. Ứng suất theo phương x (σ_{xx}).



Hình 26. Ứng suất theo phương y (σ_{yy}).



Hình 27. Ứng suất theo phương z (σ_{zz}).

5. Kết quả tính toán

Các giá trị của chuyển vị, nội lực trong tường liên tục có giá trị sau:

- Chuyển vị lớn nhất của tường liên tục là 8,3 cm
- Mô men lớn nhất trong tường là 481,14 kN.m
- Lực cắt lớn nhất trong tường là 106,27 kN
- Lực dọc trong thanh neo: 244,61 kN

6. Kết luận

Nghiên cứu đã hệ thống và phân tích các phương pháp tính toán kết cấu hầm chui, từ phương pháp giải tích đến phương pháp phần tử hữu hạn, qua đó chỉ ra ưu nhược điểm cũng như phạm vi áp dụng trong điều kiện công trình ngầm tại Việt Nam.

Kết quả khảo sát địa chất khu vực nút giao Pháp Vân cho thấy nền đất yếu, phức tạp, ảnh hưởng lớn đến ổn định công trình hầm. Việc tính toán so sánh giữa kết cấu mái phẳng và mái vòm cho thấy giải pháp mái vòm có nhiều ưu điểm hơn về khả năng phân bố nội lực và giảm biến dạng công trình.

Nghiên cứu khẳng định sự cần thiết phải lựa chọn và áp dụng giải pháp kết cấu hầm chui phù hợp với điều kiện địa chất – thủy văn tại Việt Nam. Đồng thời, việc sử dụng các công cụ tính toán hiện đại như phần mềm Plaxis giúp tăng độ chính xác trong thiết kế, là cơ sở quan trọng để triển khai các dự án hầm chui trong đô thị lớn như Hà Nội.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Giáo trình Công trình ngầm – Đỗ Như Tráng, Trần Đình Châu; Nxb HVKTS-1995
Phần 1: Thiết kế công trình ngầm
Phần 2: Áp lực đất đá và tính toán kết cấu công trình ngầm
Phần 3: Thi công công trình ngầm
- [2]. Thiết kế và thi công hố móng sâu – Nguyễn Bá Kế; Nxb Xây Dựng – 2002
- [3]. Chỉ dẫn thiết kế và thi công cọc Baret, tường trong đất, neo trong đất – Nguyễn Văn Quảng – Nxb Xây Dựng – 2003
- [4]. Cơ học đất – Bùi Anh Định
- [5]. Thiết kế và xây dựng Công trình ngầm và công trình đào sâu –
- [6]. Vilen Alékhxévich Ivácnhúc – Nxb Xây Dựng – 2004
- [7]. Công nghệ thi công công trình ngầm bằng phương pháp tường trong đất – Nguyễn Thế Phùng – Nxb Giao thông vận tải Hà Nội – 1998
- [8]. Thiết kế công trình hầm giao thông – Nguyễn Thế Phùng, Nguyễn Quốc Hùng – Nxb Giao thông vận tải Hà Nội – 2004
- [9]. Hướng dẫn sử dụng phần mềm Plaxis 7.2 – Nguyễn Văn Anh- bộ môn Địa Kỹ Thuật – ĐH Thủy Lợi
- [10]. Tài liệu hướng dẫn sử dụng Plaxis 8.2 –Khoa Kỹ Thuật Xây Dựng – ĐH Bách Khoa TP HCM
- [11]. B.T. Nhung và N.H. Phương/Tạp chí Các Khoa học về Trái Đất, Tập 37 (2015)