

BẢO VỆ MÁI HỔ MÓNG HẦM ĐƯỜNG BỘ KIM LIÊN

TS. LÊ VĂN HÙNG

Bộ môn Thi công, Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Nội dung bài viết giới thiệu công tác bảo vệ mái hố móng và ngăn nước ngầm cho hố móng hầm đường bộ Kim Liên, Hà Nội bằng hệ thống cọc cừ thép nhiều tầng chống kết hợp với phương pháp khoan trộn sâu Jet-Grouting.

1. GIỚI THIỆU CÔNG TRÌNH HẦM ĐƯỜNG BỘ KIM LIÊN

Dự án nút giao thông Kim Liên được xây dựng tại ngã tư Kim Liên, ngã tư giao nhau của các tuyến đường Giải Phóng - Lê Duẩn và Kim Liên - Đại Cồ Việt, thuộc địa bàn 2 quận Đống Đa và Hai Bà Trưng trên diện tích 62.430,6 m². Tại đây lưu lượng phương tiện tham gia giao thông rất lớn, đặc biệt là có tuyến đường sắt Bắc-Nam giao cắt. Công trình có tổng mức đầu tư 400 tỷ đồng.

Công trình nút giao thông Kim Liên là một trong số các dự án trọng điểm của thành phố. Tại công trình này thì hầm đường bộ là hạng mục chính. Việc thiết kế và thi công hạng mục hầm đường bộ đạt tiến độ và bảo đảm chất lượng kỹ thuật có vai trò rất quan trọng, là tiền đề hoàn thành dự án đúng với tiến độ đề ra và sớm đưa vào hoạt động. Dự án này góp phần hiện đại cơ sở hạ tầng giao thông, giải quyết vấn đề ùn tắc giao thông, tạo cảnh quan đô thị của Hà Nội.



Hình 1. Hầm đường bộ Kim Liên sau khi hoàn thành (nhìn từ Kim Liên)

Hố móng hầm đường bộ được xây dựng trên nền đất yếu phân bố thành 3 lớp có chiều dày và chỉ tiêu cơ lý khác nhau (xem hình 4a và mục 2.1). Mục nước ngầm cao và cách mặt đất tự nhiên 1.50m.

Để xây dựng hầm đường bộ, người ta phải đào hở toàn bộ hố móng. Hố móng có chiều rộng là 26m, chiều sâu tầng dần từ 0 đến 13m. Mái hố móng thẳng đứng được bảo vệ bởi hệ

tường cừ thép C40 với nhiều tầng chống. Đáy hố móng được khoan phụt lớp vữa Jet-Grouting dày 3m với mật độ các lỗ khoan phân bố đều (1,6 x 1,6)m có tác dụng chống thấm cho đáy móng và đồng thời làm nền đường giao thông sau này. Bên ngoài tường cừ cũng được gia cố 1 hàng khoan phụt vữa Jet-Grouting để chống thấm tăng khả năng chịu lực của đất yếu (hình 4a).

Trình tự thi công hố móng như sau: Trước hết, hạ tường cừ, tiến hành khoan phụt gia cố nền, đồng thời khoan phụt 1 hàng phía ngoài tường cừ. Sau đó, đào móng đến đâu lắp tầng chống cho tường cừ tới đó (hình 2).

Công nghệ Jet-Grouting được áp dụng tại công trình này là công nghệ khoan trộn sâu áp lực cao hai pha (pha vữa xi măng và pha khí). Cường độ chịu nén của xi măng đất sau khi gia cố là $(2 \div 25) \text{kG/cm}^2$.



Hình 2. Bảo vệ mái hố móng hầm Kim Liên bằng tường cừ nhiều tầng chống

Hiện nay có khá nhiều phương pháp bảo vệ thành vách hố móng sâu như hệ thống cọc nhồi, cọc xi măng đất, tường vây bê tông với neo trong đất Công trình này đã sử dụng tường cừ với nhiều tầng chống kết hợp với gia cố nền bằng công nghệ Jet-Grouting bởi những ưu điểm sau:

- Thích hợp với mọi loại đất, từ bùn sét đến sỏi cuội, có thể xử lý các lớp đất yếu cục bộ mà không ảnh hưởng đến các lớp đất khác.
- Có thể xử lý dưới móng hoặc kết cấu hiện có mà không ảnh hưởng đến công trình. Thi công được trong điều kiện nước ngầm.
- Ứng dụng được nơi có mặt bằng thi công hẹp, ít gây chấn động, ít tiếng ồn, ít ảnh hưởng đến các công trình lân cận.
- Thiết bị nhỏ gọn, có thể thi công trong không gian có chiều cao hạn chế, nhiều chướng ngại vật.

2. NỘI DUNG TÍNH TOÁN

Nội dung tính toán gồm kiểm tra khả năng chịu lực của tường cừ nhiều tầng chống làm việc theo mô hình không gian thực tế và ổn định trượt sâu của hố móng.

Nội dung tính toán không bao gồm kiểm tra biến dạng (độ võng) cừ thép vì các biến dạng rất nhỏ so với độ lưu không (0.5-1m) giữa vách cừ với tường bê tông lâu dài.

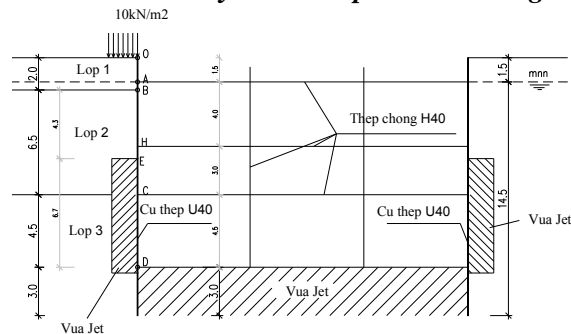
Hố móng hầm Kim Liên có mặt cắt thay đổi dần, ở phạm vi bài viết này chỉ tính toán kiểm tra cho vị trí sâu nhất của hố móng là vị trí có chiều rộng 26m và chiều sâu 13m (hình 4a).

Hiện nay có nhiều công cụ và phần mềm hỗ trợ tính toán, mỗi phần mềm đều có ưu điểm và thế mạnh riêng. Sau khi xem xét điều kiện thực tế hố móng của hầm đường bộ Kim Liên ta thấy sử dụng hai phần mềm SAP2000 và GEO-SLOPE là phù hợp.



Hình 3. Máy khoan trộn sâu hai pha áp lực cao đang gia cố nền hầm đường bộ Kim Liên (2007)

2.1. Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất và nước ngầm



Hình 4a. Mặt cắt ngang hố móng

- Lớp 1: $\gamma = 19 \text{KN/m}^3$; $\varphi = 10.4^\circ$; $C = 0 \text{KN/m}^2$
- Lớp 2: $\gamma = 19 \text{KN/m}^3$; $\varphi = 10.4^\circ$; $C = 31.5 \text{KN/m}^2$
- Lớp 3: $\gamma = 17 \text{KN/m}^3$; $\varphi = 7.9^\circ$; $C = 21.8 \text{KN/m}^2$
- Tường vữa JET: $\gamma_T = 21 \text{KN/m}^3$;
 $\varphi_T = 7.9^\circ$, $C_T = 911 \text{KN/m}^2$

- Cao trình mực nước ngầm ổn định cách mặt đất tự nhiên 1,5m.

2.2. Lực tác dụng

Lực tác dụng lên tường cừ gồm có:

- Tải trọng xe và người đi lại trên đường phía ngoài tường cừ

- Áp lực nước tĩnh
- Áp lực đất

a) Tải trọng xe và người đi lại trên đường phía ngoài tường cừ

Vì hố móng sát với đường giao thông, cho nên phải kể tới áp lực do người và xe đi lại, áp lực này được coi như lực phân bố đều $q = 10 \text{kN/m}^2$.

b) Áp lực nước tĩnh

$$P = \gamma \cdot Z \quad (1)$$

Trong đó, γ là trọng lượng riêng của nước và Z là độ sâu cột nước (hình 4a).

$$P_A = 0 (\text{kN/m})$$

$$P_B = \gamma Z_B = 10 \cdot 0.5 = 5 (\text{kN/m})$$

$$P_M = \gamma Z_M = 10 \cdot (3.62 + 0.5) = 41.2 (\text{kN/m})$$

$$P_E = \gamma Z_E = 10 \cdot 4.8 = 48 (\text{kN/m})$$

$$P_D = \gamma Z_{DE} = 10 \cdot 11.5 = 115 (\text{kN/m})$$

c) Áp lực đất

Áp lực đất tác dụng lên cừ là áp lực đất chủ động, được tính theo công thức sau:

$$P_{cd} = \gamma_z \cdot K_{cd} + q \cdot K_{cd} - 2C \cdot \sqrt{K_{cd}} \quad (2)$$

Trong đó:

γ_z - Độ sâu của điểm tính toán so với mặt lớp

đang xét

K_{cd} - Hệ số áp lực đất chủ động

$$K_{cd} = \text{tg}^2(45^\circ - \varphi / 2) \quad (3)$$

φ - Góc ma sát trong của lớp đất đang xét

q - tải trọng phân bố tác dụng lên mặt đất

C - Lực dính đơn vị của lớp đất đang xét

- Lớp OA:

$$K_1 = \text{tg}^2(45^\circ - 10.4^\circ / 2) = 0.694$$

$$P_0 = 10 \cdot K_1 = 10 \cdot 0.694 = 6.94 (\text{kN/m})$$

$$P_A = 19 \cdot 1.5 \cdot 0.694 + 10 \cdot 0.694 = 26.72 (\text{kN/m})$$

- Lớp AB:

$$K_2 = \text{tg}^2(45^\circ - 10.4^\circ / 2) = 0.694$$

$$P_A = 19 \cdot 1.5 \cdot 0.694 + 10 \cdot 0.694 = 26.72 (\text{kN/m})$$

$$P_B = 1.5 \cdot 19 \cdot 0.694 + 9 \cdot 0.5 \cdot 0.694 + 10 \cdot 0.694 = 29.84 (\text{kN/m})$$

- Lớp BE:

$$K_3 = \text{tg}^2(45^\circ - 7.9^\circ / 2) = 0.758$$

$$P_B = (1.5 \cdot 19 + 0.5 \cdot 9 + 10) \cdot 0.694 -$$

$$- 2 \cdot 31.5 \cdot \sqrt{0.694} = -22.64 (\text{kN/m})$$

$$P_E = (1.5 \cdot 19 + 0.5 \cdot 9 + 4.3 \cdot 9 + 10) \cdot 0.694 -$$

$$- 2 \cdot 31.5 \cdot \sqrt{0.694} = 4.22 (\text{kN/m})$$

$$P_M = (1.5 \cdot 19 + 0.5 \cdot 9 + x \cdot 9 + 10) \cdot 0.694 -$$

$$- 2 \cdot 31.5 \cdot \sqrt{0.694} = 0$$

Suy ra $x = 3.62 \text{ m}$, tức là M cách điểm B là 3,62 m

- Lớp ED:

$$K_T = \text{tg}^2(45^\circ - 7.9^\circ / 2) = 0.758$$

$$P_E = (1.5 \cdot 19 + 0.5 \cdot 9 + 4.3 \cdot 9 + 10) \cdot 0.758 -$$

$$- 2 \cdot 911 \cdot \sqrt{0.758} = -1524.36 (\text{kN/m})$$

$$P_D = (1.5 \cdot 19 + 0.5 \cdot 9 + 4.3 \cdot 9 + 6.7 \cdot 21 +$$

$$+ 10) \cdot 0.758 - 2 \cdot 911 \cdot \sqrt{0.758}$$

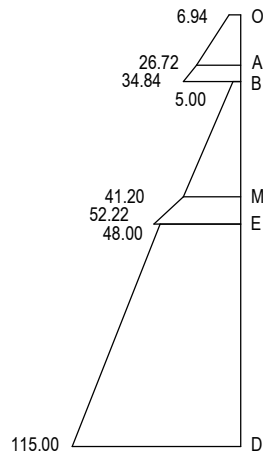
$$= -1417.7 (\text{kN/m})$$

Thực tế không tồn tại áp lực âm nên coi $P_E = P_D = 0$.

Tổng hợp lực tác dụng như ở bảng 1 và hình 4b.

Bảng 1. Tổng hợp trị số lực tác dụng lên tường cừ

Điểm	Độ sâu (m)	Áp lực nước (kN/m)	Áp lực đất (kN/m)	Áp lực tổng (kN/m)
O	0	0	6.94	6.94
A	1.5	0	26.72	26.72
B	2	5	29.84	34.84
M	5.62	41.2	0	41.2
E	6.3	48	4.22	52.22
			0	48
C	8.5	70	0	70
D	13	115	0	115



Hình 4b. Biểu đồ tổng áp lực ngang phía sau tường cừ

Đọc theo chiều sâu hố móng có 3 tầng chống, với kích thước đã cho theo tài liệu thiết kế (hình 4a).

Gần đúng coi cừ thép có thể xoay quanh

điểm D ở đáy hố móng, như vậy liên kết ở đáy tường chắn là liên kết khớp xoay. Tường chắn là thép C40 dày 8mm. Các thanh chống là các thanh thép H40.

Do hố móng hẹp, hai bên là đường đi, nên để thi công hố móng phải bố trí một sàn công tác ở phía trên để máy và các thiết bị có thể đào và vận chuyển đất.

2.3. Sơ đồ tính toán

Xét sự làm việc có tương tác giữa các khoang, ta chọn 3 khoang để tính toán. Sàn công tác được làm bằng thép với lớp ván được đặt phía trên. Tải trọng tác dụng lên sàn gồm có tải trọng bản thân và tải trọng máy công tác 50kN/m^2 .

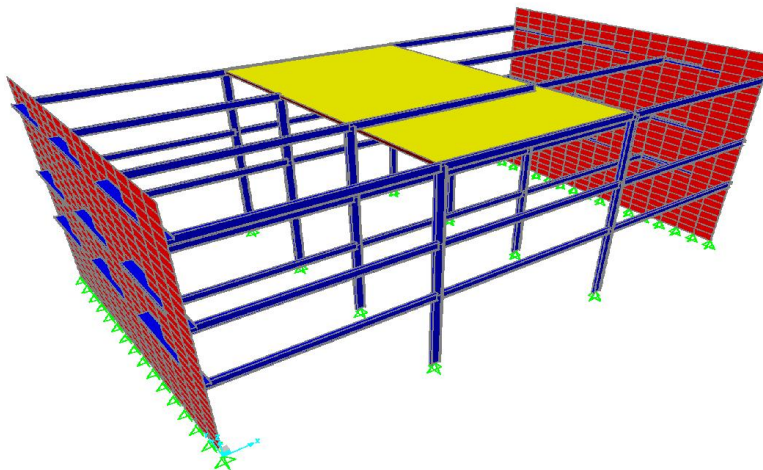
Tường chắn được chia thành các phần tử SHELL với kích thước là $0,5 \times l$ m. Ta được mô hình như sau:



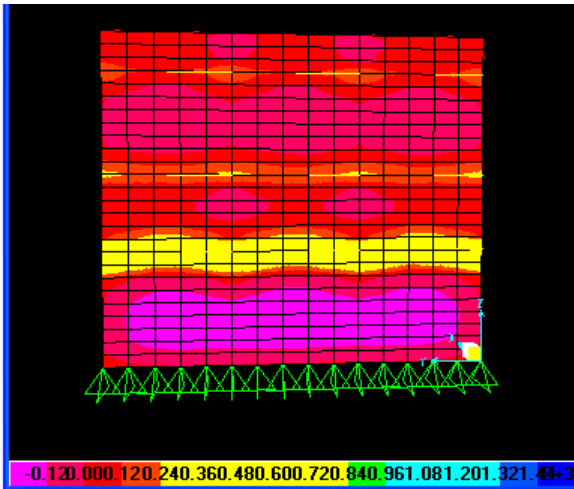
Hình 5. Hệ thống chống đỡ mái hố móng khi có sàn công tác tại hầm đường bộ Kim Liên

2.4. Kết quả tính toán chịu lực

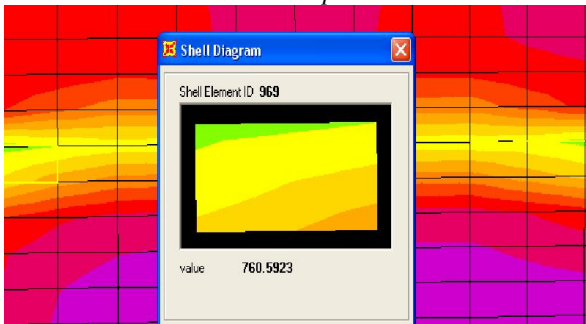
Hệ thống chống đỡ hố móng được sơ đồ hóa và tính toán nhờ phần mềm SAP 2000



Hình 6. Mô hình hóa hệ thống chống đỡ tường cừ thép bảo vệ hố móng khi có sàn công tác



Hình 7a. Kết quả xác định mô men uốn của tường cừ thép



Hình 7b. Chi tiết kết quả tính toán tại vị trí có mô men uốn lớn nhất $M_{max}=760,5923kNm$

Từ các số liệu đã có tiến hành phân tích ta được kết quả nội lực của tường chắn như sau:

$$M_{max} = 761kNm.$$

Kiểm tra điều kiện chịu lực:

$$\frac{W_{coc}}{W_{tt}} \leq 1,8 \quad (4)$$

W_{coc} - modun chống uốn của cọc cừ, với cừ C40 ta xác định được $W_{1coc} = 761,0 \text{ cm}^3$ (Giáo trình Kết cấu thép - Trường Đại học Thủy lợi)

Mỗi một phân tử SHELL có kích thước là $0,5 \times l \text{ m}$; Do đó modun chống uốn của một phân tử SHELL là:

$$W_{SHELL} = 761 \times 4 = 3044 \text{ cm}^3 = 30,44.10^{-4} \text{ m}^3$$

W_{tt} - modun chống uốn tính toán, xác định theo công thức:

$$W_{tt} = \frac{M_{max}}{\gamma.R} \quad (5)$$

M_{max} - mômen uốn lớn nhất, $M_{max} = 761(KN.m)$

γ - Hệ số điều kiện làm việc, $\gamma = 1,2$
 R - Cường độ tính toán chịu uốn của thép C40 ta có $R=34,0.10^4 \text{ kN/m}^2$

$$W_{tt} = \frac{761}{1,2.34,0.10^4} = 18,65.10^{-4} \text{ m}^3$$

$$\frac{W_{coc}}{W_{tt}} = \frac{30,44.10^{-4}}{18,65.10^{-4}} = 2,6 > 1,8$$

Kết luận: Hệ thống chống đỡ hố móng làm việc ổn định chịu lực.

2.5. Kiểm tra ổn định trượt

Hố móng sâu 13m, đào cắt qua nhiều lớp đất (3 lớp), mực nước ngầm lớn, do đó ngoài việc kiểm tra về khả năng chịu lực ta phải kiểm tra về sự ổn định trượt. Ta sử dụng phần mềm GEO-SLOPE.

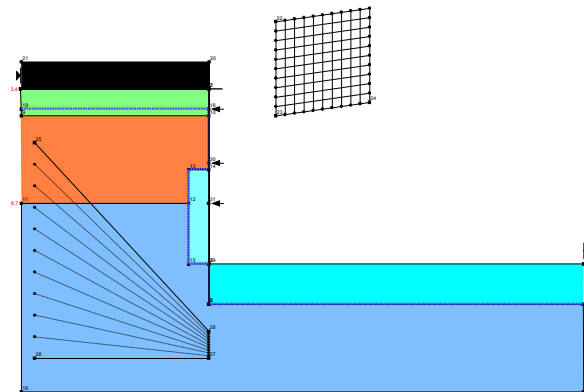
– Đặt các ngoại lực tác dụng lên các lớp đất bao gồm có lực chất tải của người và máy móc ở phía trên (là vùng gạch chéo) và thay thế các lực chống của các thanh dầm tính trong SAP2000 bằng các véc tơ lực như hình 8.

– Sau khi tiến hành khai báo các thông số, ta thiết lập các cung trượt giả định bằng hệ thống lưới như hình 9. Trên hình vẽ, hệ thống lưới hình thoi đại diện cho các tâm cung trượt và hệ thống lưới hình thang đại diện cho tiếp tuyến cung trượt.

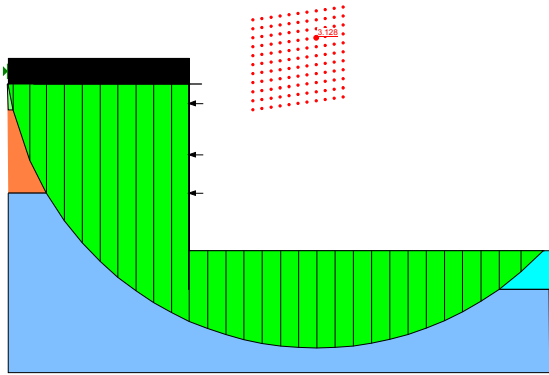
– Khả năng ổn định chống trượt của hệ thống với hệ số ổn định nhỏ nhất

$$K_{minmin} = 3,128 > [K] = 1,4 \quad (6)$$

Công trình hầm Kim Liên là công trình cấp 1, hệ số ổn định chống trượt cho phép $[K]=1,4$.



Hình 8. Sơ đồ tính ổn định chống trượt



Hình 9. Kết quả tính toán ổn định trong điều kiện thực tế

3. KẾT LUẬN

Công trình nút giao thông Kim Liên là một công trình quan trọng với vốn đầu tư lớn. Điều kiện hiện trường thi công chật hẹp, vẫn phải bảo đảm giao thông liên tục kể cả đường sắt, nền đất

khu vực xây dựng là nền yếu, mực nước ngầm cao. Việc ứng dụng tường cừ thép nhiều tầng chống kết hợp với sử dụng công nghệ khoan trộn sâu Jet-Grouting gia cố đáy móng và phía sau tường cừ là phù hợp.

Quá trình tính toán đã xét đến tác dụng tương hỗ giữa các cừ cũng như giữa các nhóm thanh chống, đã sử dụng phần mềm SAP2000 và GEOSLOPE 5.11 nên kết quả tính toán đáng tin cậy. Thực tế thi công hố móng theo phương án đã chọn đảm bảo an toàn thuận lợi.

Trong tương lai chúng ta sẽ gặp dạng hố móng này là phổ biến khi xây dựng các công trình hạ tầng đô thị vùng đồng bằng và cửa sông. Việc ứng dụng phương án bảo vệ hố móng sâu như ở công trình này cần được lưu ý xem xét.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Giáo trình “Thi công các công trình thủy lợi” tập 1 và 2, Bộ môn Thi Công, Trường Đại học Thủy Lợi, NXB Xây Dựng 2004.
- [2]. Giáo trình “Cơ học đất”, Cao Văn Chí, Trường Đại học Thủy Lợi, NXB Xây Dựng 2005.
- [3]. Giáo trình “Kết cấu thép”, Vũ Thành Hải, Trường Đại học Thủy Lợi, NXB Xây Dựng 2006.
- [4]. Giáo trình “Sức bền vật liệu”, Phạm Ngọc Khánh, Trường Đại học Thủy Lợi, NXB Xây Dựng 2002.
- [5]. Cơ học đất, Tập 1 và 2, R. Whitlow, bản dịch của Nguyễn Uyên, Trịnh Văn Cường, NXB Giáo Dục 1996.
- [6]. Tính toán kết cấu với SAP2000, Phùng Thị Nguyệt, NXB Giao thông vận tải 2005.

Abstract

STABILIZATION THE KIM LIEN UNDERPASS (HANOI, VIETNAM) FOUNDATION’S CUT SLOPE AND PROTECTION THE FOUNDATION FROM IMMATUREIMMERSION

This article is a brief introduction about using the steel sheet piles with multilevel shoring and applying the Jet-Grouting method for stabilization the Kim Lien underpass (Hanoi, Vietnam) foundation’s cut slope and protection the foundation from immatureimmersion.