

[I]. XÁC ĐỊNH ĐỘ SÂU ĐẶT HẦM VÀ TIẾT DIỆN KẾT CẤU VỎ HẦM HỢP LÝ CHO CÔNG TRÌNH HẦM THI CÔNG THEO PHƯƠNG PHÁP KHIÊN ĐÀO

Lê Văn Nam⁽¹⁾, Ngô Trùng Dương⁽²⁾

(1) Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh

(2) Trường Đại học Kiến trúc Tp.HCM

(Bài nhận ngày 11 tháng 11 năm 2005, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 18 tháng 01 năm 2006)

TÓM TẮT : Bài báo trình bày phương pháp xác định độ sâu đặt hầm và tiết diện kết cấu vỏ hầm hợp lý thi công theo phương pháp khiên đào. Áp dụng cho đường hầm xây dựng trong điều kiện địa chất cụ thể.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc xây dựng các hệ thống công trình ngầm trong lòng đất đặt đường ống, đường dây, công trình giao thông là một trong những giải pháp tối ưu để sử dụng đất đô thị có hiệu quả cao. Hệ thống công trình ngầm rất cần thiết cho một thành phố hiện đại để giải quyết những vấn đề bức xúc hiện nay trong đô thị, không những đảm bảo cảnh quan còn tiết kiệm được không gian trên mặt đất. Với ưu điểm vượt trội, khi thi công đường hầm bằng khiên đào không ảnh hưởng đến giao thông và công trình trên mặt đất, khi xuyên qua sông sẽ không ảnh hưởng đến giao thông thủy. Do đó hệ thống mêtrô xây dựng ngầm trong thành phố sẽ đảm bảo an toàn giao thông ngay cả trong quá trình thi công và khai thác.

Phần mềm Plaxis được sử dụng rộng rãi trên thế giới trong tính toán đường hầm xây dựng bằng phương pháp khiên đào, đặc biệt khi đường hầm được xây dựng trong nền đất yếu. Nghiên cứu sử dụng phần mềm Plaxis góp phần giảm nhẹ công tác thiết kế đường hầm trong tương lai tại Việt Nam là một việc làm cần thiết.

Hiện nay lý thuyết giải bài toán đường hầm xây dựng trong nền đất yếu có 02 hướng:

Thứ nhất : coi đường hầm là một vòng biến dạng tự do trong môi trường đất, coi như trong đất yếu không có khả năng hình thành lực kháng đàn hồi, không có khả năng hình thành vòm áp lực cân bằng.

Thứ hai : coi môi trường đất là môi trường đàn hồi để tính toán [1].

Plaxis giả thiết môi trường đất xung quanh là môi trường đàn hồi và dùng phương pháp phần tử hữu hạn để tính toán.

Khi thi công đường hầm bằng phương pháp khiên đào [3], diện tích đào đất luôn lớn hơn diện tích mặt cắt ngang hầm, dù được bơm vữa lấp sau vỏ hầm nhưng không thể tránh khỏi sự phân bố lại ứng suất và biến dạng trong nền đất như là kết quả tất yếu của quá trình xây dựng hầm [2]. Để giảm ảnh hưởng của đường hầm đến các công trình xây dựng xung quanh và ngược lại thì việc xác định phạm vi ảnh hưởng của đường hầm cũng như chiều sâu đặt hầm hợp lý là rất cần thiết. Trên cơ sở đó để xác định kết cấu vỏ hầm phù hợp.

2. NỘI DUNG

Mục tiêu: Giải quyết các bài toán sau:

Bài toán 1: Giải các bài toán để xác định điều kiện biên cho bài toán từ đó xác định phạm vi ảnh hưởng đường hầm đến công trình xây dựng trên mặt đất và ngược lại.

Bài toán 2: Giải các bài toán xác định vị trí đặt hầm theo chiều sâu.

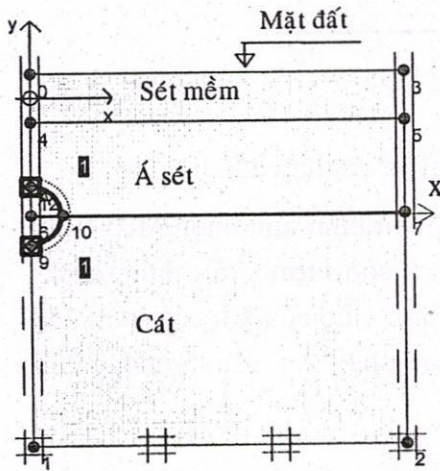
Bài toán 3: Xác định kết cấu vỏ hầm hợp lý.

Thực hiện: Xây dựng đường hầm có đường kính $D = 5\text{m}$, bằng phương pháp khiên đào, trong điều kiện địa chất thủy văn như sau:

Bảng 1. Điều kiện địa chất thủy văn tại vị trí xây dựng đường hầm

Các tính chất cơ lý	Đơn vị	Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3
Tên đất		Sét rất mềm	Á sét	Cát
Chiều dày trung bình	m	4	8	20
Cao độ mặt đất tự nhiên	m	+2.0		
Cao độ mực nước ngầm	m	-2.0		

2.1. Bài toán 1: Xác định bán kính ảnh hưởng của đường hầm theo phương ngang



ngang

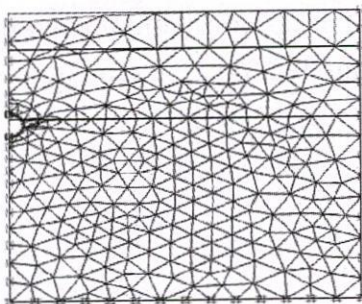
Đường hầm xây dựng có đường kính $D = 5\text{m}$, chiều dày vỏ hầm $d = 0,5\text{m}$. Xác định phạm vi ảnh hưởng của đường hầm đến các công trình xung quanh theo phương ngang.

Dựa vào điều kiện địa chất thủy văn Bảng 1, tiến hành giải các bài toán với bán kính ảnh hưởng R thay đổi từ 10 đến 35m tính từ trục hầm qua hai bên theo phương ngang. Chiều sâu đặt hầm không đổi $C = 12\text{m}$ xác định từ mặt đất đến tim hầm theo phương đứng.

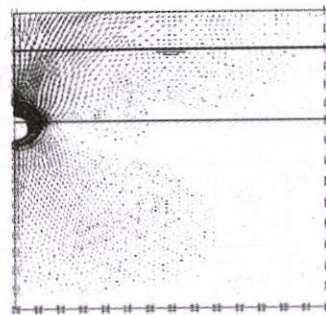
Hầm mục tiêu là ứng suất đất nền tại đó bằng 0 hoặc nội lực trong kết cấu vỏ hầm thay đổi không đáng kể, độ thay đổi nội lực $\Delta \approx 0$.

Hình 1. Mô hình tính toán

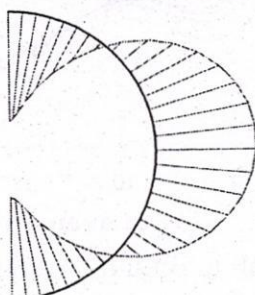
Kết quả tính toán như sau :



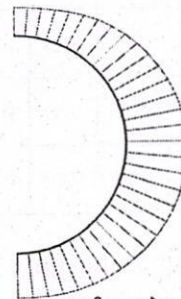
Hình 2. Biểu đồ biến dạng



Hình 3. Di chuyển của nền đất xung quanh hầm



a) Biểu đồ mômen



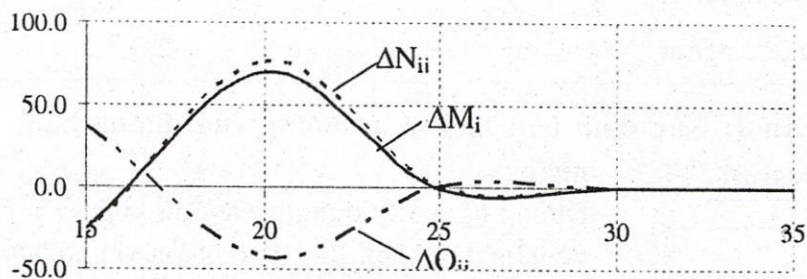
b) Biểu đồ lực dọc

Hình 4. Biểu đồ nội lực trường hợp bán kính ảnh hưởng theo phương ngang $R = 15\text{m}$

Qua biểu đồ nội lực ta thấy ứng suất kéo lớn xuất hiện tại tiết diện đỉnh và đáy hầm. Tùy theo tỉ lệ độ lớn giữa mômen và lực dọc (độ lệch tâm tiết diện) mà tiết diện có hình thức chịu lực khác nhau: chịu nén hoặc nén uốn.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả tính toán

Sự thay đổi nội lực lớn nhất	Đơn vị	Bán kính ảnh hưởng R [m] theo phương ngang				
		R ₁₀₋₁₅	R ₁₅₋₂₀	R ₂₀₋₂₅	R ₂₅₋₃₀	R ₃₀₋₃₅
Lực dọc ΔN_{ij}	[kN]	-29.9	76.5	0.9	0.0	0.0
Lực cắt ΔQ_{ij}	[kN]	36.6	-41.9	1.8	0.0	0.0
Mômen ΔM_{ij}	[kNm]	-25.8	69.9	-0.9	0.0	0.0



Hình 5. Quan hệ giữa bán kính ảnh hưởng R [m] và sự thay đổi nội lực

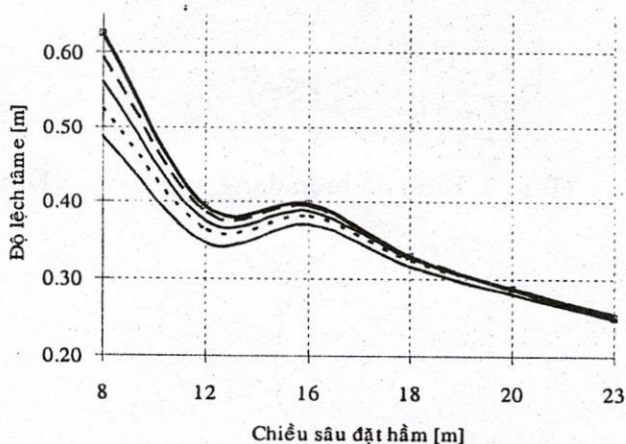
Theo kết quả tính toán tổng hợp được từ Bảng 2, với bán kính ảnh hưởng $R > 30m$ thì nội lực trong kết cấu vỏ hầm không thay đổi, nền đất và công trình xây dựng ngoài phạm vi bán kính ảnh hưởng không tác động đến điều kiện làm việc của kết cấu hầm. Do đó các công trình xây dựng trong phạm vi 30m từ tim hầm sang hai bên sẽ ảnh hưởng đến điều kiện làm việc của đường hầm và ngược lại.

2.2. Bài toán 2 : Xác định chiều sâu đặt hầm hợp lý

Giải bài toán xây dựng đường hầm có đường kính $D = 5m$, chiều dày vỏ hầm d thay đổi từ 0.5 đến 0.9m, bán kính ảnh hưởng theo phương ngang $R = 30m$, chiều sâu đặt hầm C thay đổi theo tỉ lệ C/D từ 1 đến 4. Hàm mục tiêu là sự phân bố nội lực một cách hợp lý trong kết cấu vỏ hầm tức kết cấu hầm làm việc chủ yếu chịu nén, độ lệch tâm là nhỏ nhất (e_{min}). Kết quả tính toán như sau :

Chiều sâu đặt hầm C[m]		8	12	16	18	20	2
Độ lệch tâm lớn nhất tương ứng với chiều dày d[m]	0.5	0.49	0.35	0.37	0.32	0.28	0.25
	0.6	0.52	0.36	0.38	0.32	0.29	0.25
	0.7	0.56	0.37	0.39	0.33	0.29	0.25
	0.8	0.59	0.38	0.39	0.33	0.29	0.25
	0.9	0.62	0.39	0.40	0.33	0.29	0.25

Bảng 3. Tổng hợp quan hệ giữa chiều sâu đặt hầm và độ lệch tâm



Hình 6. Biểu đồ quan hệ giữa chiều sâu đặt hầm và độ lệch tâm

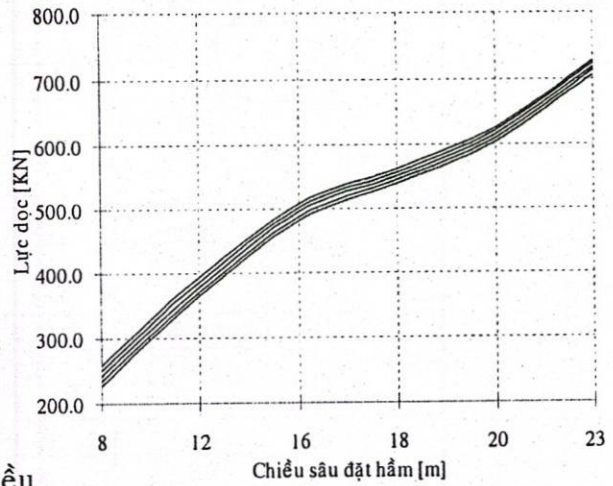
Theo kết quả tính toán độ lệch tâm lớn nhất thường xuất hiện ở tiết diện đỉnh hầm, tại tiết diện này có mômen lớn và lực dọc nhỏ, còn vị trí vách hầm giá trị lực dọc và mômen đều lớn vì thế độ lệch tâm của tiết diện tương đối nhỏ.

Khi đặt càng sâu kết cấu hầm làm việc càng hợp lý, độ lệch tâm nhỏ kết cấu làm việc chủ yếu chịu nén tuy nhiên ở vị trí đặt hầm $C = 23\text{m}$ kết cấu chịu nén đúng tâm ($e \sim 0.25\text{m}$) nhưng giá trị lực dọc đạt đến trị số khá lớn.

Lực dọc lớn nhất thường xuất hiện tại các tiết diện ở vách hầm, còn mômen đạt giá trị lớn tại tiết diện đỉnh, vách và đáy hầm, là 3 tiết diện nguy hiểm trong kết cấu hầm.

Chiều sâu đặt hầm C[m]	8	12	16	18	20	23	
Lực dọc lớn nhất [KN] tương ứng chiều dày d[m]	0.5	228.4	364.5	480.6	537.9	603.6	706.3
	0.6	235.7	372.1	487.7	544.5	609.7	712.5
	0.7	242.9	379.7	494.8	550.6	615.2	717.6
	0.8	250.7	387.3	500.8	556.4	620.3	722.3
	0.9	258.8	394.9	507.6	562.3	625.6	727.2

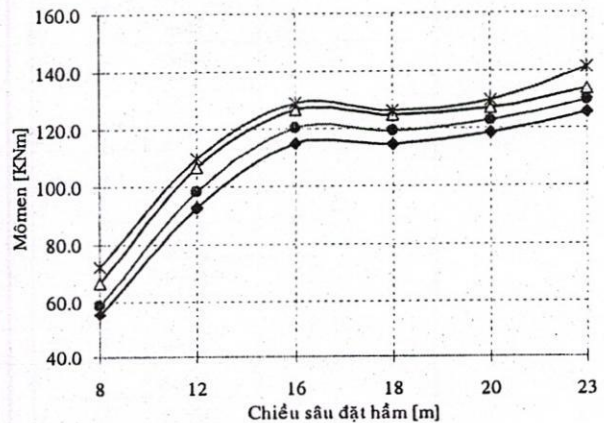
Bảng 4. Bảng tổng hợp quan hệ giữa chiều sâu đặt hầm và lực dọc



Hình 7. Biểu đồ quan hệ giữa chiều sâu đặt hầm và lực dọc

Chiều sâu đặt hầm C [m]	8	12	16	18	20	23	
Mômen lớn nhất [KNm] tương ứng chiều dày d[m]	0.5	55.2	92.8	114.9	114.5	118.2	125.4
	0.6	58.7	98.1	120.1	119.1	122.6	129.7
	0.7	62.1	102.5	123.8	122.3	125.2	131.8
	0.8	66.6	106.4	126.6	124.5	126.8	133.6
	0.9	72.4	109.8	128.9	126.2	129.8	141.0

Bảng 5. Bảng tổng hợp quan hệ giữa chiều sâu đặt hầm và mômen



Hình 8. Biểu đồ quan hệ giữa chiều sâu đặt hầm và mômen

Theo kết quả nội lực tăng gấp 3 lần khi đặt hầm tại độ sâu $C = 23\text{m}$ so với độ sâu $C = 8\text{m}$. Khi đó để đảm bảo khả năng chịu lực đòi hỏi tiết diện hầm phải đủ lớn.

Việc thi công đường hầm ở vị trí tương đối sâu rất khó khăn phức tạp, với tiết diện hầm lớn, khối lượng đào đất lớn do đó kinh phí xây dựng sẽ tăng lên đáng kể.

Trên hình 6 khi đặt hầm tại độ sâu $C = 12\text{m}$ có độ lệch tâm khá hợp lý, ($e = 0.35 \div 0.39$) đồng thời nội lực gây ra tại tiết diện tương đối nhỏ, tiết diện có thể đảm bảo khả năng chịu lực. Do đó chiều sâu $C = 12\text{m}$ là vị trí đặt hầm hợp lý nhất, đảm bảo yêu cầu đặt ra của bài toán.

2.3. Bài toán 3. Xác định kết cấu vỏ hầm hợp lý

Giải bài toán trên với chiều dày vỏ hầm d thay đổi từ 0.5 đến 1.5 m, bán kính ảnh hưởng theo phương ngang $R = 30m$, chiều sâu đặt hầm $C = 12m$.

Để xác định chiều dày hợp lý của vỏ hầm tiến hành kiểm tra các tiết diện trên mặt cắt ngang đường hầm theo điều kiện độ bền.

Điều kiện kiểm tra $N < [Ngh]$. Kết quả tính toán tổng hợp trong Bảng 6:

Chiều dày hầm[m]	Tiết diện	Lực dọc N [KN]	Nội lực giới hạn Ngh [KN]	Kiểm tra cường độ
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
0,5	Đỉnh	217,1	27,7	Không đạt
	Vách	352,7	56,1	Không đạt
	Đáy	267,8	23,7	Không đạt
0,6	Đỉnh	215,3	39,9	Không đạt
	Vách	359,8	83,6	Không đạt
	Đáy	270,5	34,2	Không đạt
0,7	Đỉnh	213,6	55,2	Không đạt
	Vách	366,7	118,9	Không đạt
	Đáy	273,5	47,3	Không đạt
0,8	Đỉnh	212,0	73,9	Không đạt
	Vách	373,4	162,0	Không đạt
	Đáy	276,4	63,5	Không đạt
0,9	Đỉnh	210,3	96,4	Không đạt
	Vách	379,7	213,2	Không đạt
	Đáy	279,3	83,1	Không đạt
1,0	Đỉnh	208,8	124,0	Không đạt
	Vách	385,8	273,9	Không đạt
	Đáy	282,4	107,3	Không đạt
1,1	Đỉnh	207,3	158,1	Không đạt
	Vách	391,9	345,2	Không đạt
	Đáy	285,9	137,4	Không đạt
1,2	Đỉnh	205,9	199,7	Không đạt
	Vách	398,3	426,3	Đạt
	Đáy	290,0	175,7	Không đạt
1,3	Đỉnh	204,4	252,3	Đạt
	Vách	404,6	518,3	Đạt
	Đáy	294,1	224,6	Không đạt
1,4	Đỉnh	203,1	320,6	Đạt
	Vách	410,8	619,3	Đạt
	Đáy	298,4	288,2	Không đạt
1,5	Đỉnh	201,1	370,7	Đạt
	Vách	423,5	723,9	Đạt
	Đáy	307,3	357,1	Đạt

Bảng 6. Kiểm tra mặt cắt nguy hiểm (đỉnh, vách và đáy) hầm

Với chiều dày vỏ hầm $d \leq 1.1m$ cả ba tiết diện đỉnh đáy và vách hầm đều không đảm bảo khả năng chịu lực. Kết cấu hầm chủ yếu chịu nén uốn.

Khi chiều dày vỏ hầm $d = 1.2m$ chỉ có tiết diện tại vách hầm đảm bảo khả năng chịu lực, để kết cấu hầm đảm bảo khả năng chịu lực phải tăng chiều dày vỏ hầm hoặc phải bố trí cốt thép tại những tiết diện chịu nén uốn.

Khi tăng chiều dày vỏ hầm $d \geq 1.5m$ kết cấu làm việc chủ yếu chịu nén đúng tâm, tất cả các tiết diện đảm bảo khả năng chịu lực.

3. KẾT LUẬN

Xác định phạm vi giới hạn ảnh hưởng đường hầm rất quan trọng, đưa ra cơ sở quy hoạch phạm vi xây dựng công trình trên mặt đất để không ảnh hưởng đến điều kiện làm việc của đường hầm và ngược lại. Trong trường hợp công trình xây dựng trên mặt đất nằm trong phạm vi ảnh hưởng của đường hầm khi tính toán phải xét đến tải trọng của công trình, có thể quy đổi tải trọng đó thành lớp đất tương đương.

Càng nằm sâu hầm làm việc càng hợp lý về mặt chịu lực, độ lệch tâm càng nhỏ kết cấu làm việc chủ yếu chịu nén tuy nhiên sẽ bất lợi về khả năng chịu lực của tiết diện hầm. Chiều sâu đặt hầm trong bài toán hợp lý về mặt kinh tế kỹ thuật từ **12 đến 15m**, do đó cần phải kết hợp với chiều sâu móng của các công trình xây dựng trên mặt đất để lựa chọn vị trí xây dựng đường hầm cho thích hợp.

Trong phạm vi bài báo với chiều dày vỏ hầm $d = 1.5m$ kết cấu làm việc tương đối hợp lý, chủ yếu chịu nén đúng tâm rất thích hợp với kết cấu vỏ hầm bằng bê tông, tuy nhiên với tiết diện hầm như vậy khối lượng thi công lớn và khó khăn. Với chiều dày hầm $d = 0.7m$ là tương đối hợp lý về mặt kinh tế và kỹ thuật, tuy nhiên đòi hỏi phải bố trí thêm cốt thép vào vùng chịu nén uốn, trong trường hợp này kết cấu vỏ hầm sử dụng vật liệu bê tông cốt thép là thích hợp. Do đó tùy vào kinh nghiệm thi công, vật liệu địa phương để có thể lựa chọn kết cấu vỏ hầm cho phù hợp.

Để kết quả bài báo có tính khả thi đòi hỏi việc nghiên cứu các thông số đầu vào rất quan trọng.

DEFINING THE DEPTH AND SUITABLE SECTION OF TUNNEL WHICH IS CONSTRUCTED BY SHIELD METHOD

Le Van Nam⁽¹⁾, Ngo Trung Duong⁽²⁾

(1) University of Technonoly, VNU-HCM

(2) University of Architecture, Ho Chi Minh City

ABSTRACT : *The article introduces method to define the depth and suitable section of tunnel which is constructed by shield method. The method was then applied to define the optimate local of tunnel in hydraulic geology condition.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lê Xuân Thường, Đinh Xuân Bảng, Nguyễn Tiến Cường, Phí Văn Lịch, *Cơ sở thiết kế công trình ngầm*, NXB Khoa Học Kỹ Thuật, 1981.
- [2]. R.B.J. Brinkgreve, P.A. Vermeer, K.J. Bakker, P.G. Bonnier, P.J.W. Brand, H.J. Burd, R.J. Termaat, *Plaxis*, 1998.
- [3]. Nguyễn Xuân Trọng, *Thi công hầm và công trình ngầm*, NXB Xây Dựng, 2004.
- [4]. L.V.Makópski, *Công trình ngầm giao thông đô thị*, NXB Xây Dựng, 2004.

- [5]. Chung Jung Lee, Bing Ru Wu, Shean Yau Chio, *Soil Movements Around A Tunnel In Soft Soils*, 1998.