

Phân tích lựa chọn chiều dày tường vây bê tông cốt thép cho hố đào sâu nhà cao tầng bằng phương pháp phần tử hữu hạn

Analysis of selecting the thickness of reinforced concrete Diaphragm Wall for excavation of High-Rise buildings using the Finite element method

> TS NGUYỄN NGỌC THẮNG

Bộ môn Xây dựng dân dụng và công nghiệp, Trường Đại học Thủy lợi.

Email: thangnn@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Trong không gian đô thị chật hẹp việc thi công tầng hầm nhà cao tầng có chiều sâu hố đào lớn, từ hai tầng hầm trở lên, rất phức tạp có thể gây ảnh hưởng xấu như lún, nứt hay hư hỏng kết cấu hoặc có thể gây mất an toàn trong thi công, làm ảnh hưởng tới công trình lân cận. Tường vây bê tông cốt thép, tên tiếng anh Diaphragm Wall hay tường Barrette được thiết kế là một bộ phận kết cấu công trình, là tường của tầng hầm khi thi công xong, được xem như một trong những giải pháp phù hợp nhất giữ ổn định cho hố móng trong giai đoạn thi công đào đất. Hiện nay phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng rộng rãi trong mô phỏng tính toán kết cấu tường vây vì cho kết quả ít biến động và phù hợp với quan trắc thực tế. Trong bài báo này, tác giả sử dụng mô hình toán Hardening Soil trong Plaxis 3D để khảo sát bài toán ảnh hưởng chiều dày tường vây tới chuyển vị và phân bố nội lực trong tường. Kết quả phân tích được áp dụng tính toán cho công trình hai tầng hầm, Viện Hàn lâm Khoa học xã hội Việt Nam, Đống Đa, Hà Nội.

Từ khóa: Tường vây; hố đào sâu; phương pháp phần tử hữu hạn; chiều dày tường

ABSTRACT

In a densely populated urban area, constructing basement in high-rise buildings with deep excavations can be very complex and can have negative impacts such as settlement, cracks or damage to the structure, or even pose safety during construction, affecting neighboring buildings. The reinforced concrete retaining wall, also known as a Diaphragm Wall or Barrette, is designed as a structural component as the basement wall when construction is completed. It is considered one of the most suitable solutions for stabilizing during excavation. Currently, the finite element method is widely used in simulating and calculating the structural design of diaphragm walls due to its stable results and compatibility with practical measurements. In this article, the author uses the Hardening Soil model in Plaxis 3D to investigate the impact of wall thickness on displacement and internal force distribution within the wall. The analytical results are applied to the project of a two-story basement at the Vietnam Academy of Social Sciences in Dong Da, Hanoi.

Keywords: Diaphragm wall; excavation; finite element method; wall thickness

1. TỔNG QUAN VỀ TƯỜNG VÂY VÀ TÍNH TOÁN TƯỜNG VÂY

Trong các khu vực thành phố lớn ở Việt Nam hiện nay, nhu cầu xây dựng các công trình nhà cao tầng có nhiều tầng hầm, có chiều sâu và quy mô lớn ngày càng tăng cao. Việc thi công móng các công trình có tầng hầm phải có biện pháp bảo vệ thành hố đào để đảm bảo an toàn trong quá trình thi công, đặc biệt là phải tránh các sự cố sạt lở có thể gây nguy hiểm cho người đang làm việc bên trong hố đào cũng như tác động tới các công trình lân cận xung quanh hố đào. Công trình ngầm hoặc một phần công trình ngầm thường phải đặt sâu vào trong đất nền vốn có sự biến đổi rất phức tạp, ngoài những tác động tĩnh tải và hoạt tải thông thường, công trình ngầm còn phải chịu tác động từ áp lực ngang của đất, nước ngầm và áp lực đẩy nổi theo phương đứng của đất [1]. Thực tế cho thấy rằng, nhiều sự cố sạt lở hố đào sâu của các công trình xuất phát từ việc tính toán nội lực, ước lượng chuyển vị của

tường vây hố đào thiếu chính xác, không xét đến đầy đủ các yếu tố của đất nền và biện pháp thi công. Hình 1 minh họa tường vây bê tông cốt thép giữ ổn định bằng văng chống trong thi công đào mở (Bottom Up) và giải pháp tường vây trong thi công đào đất theo phương pháp Top Down [2].



a) Hệ văng chống, thi công Bottom Up



b) Hệ Kingpost, thi công Top Down

Hình 1: Tường vây bê tông cốt thép trong thi công tầng hầm nhà cao tầng

Helmut F. Schweiger (2007) [3]; L. K. Hing (2013) [4] nghiên cứu về kết cấu tường chắn đất và chỉ ra ba phương pháp chính trong việc phân tích chuyển vị ngang của tường vây trong các hố đào sâu: phương pháp giải tích, phương pháp dầm trên nền đàn hồi và phương pháp phần tử hữu hạn. Trong đó, phương pháp phần tử hữu hạn (PTHH) là phương pháp khá phổ biến hiện nay, tính toán đòi hỏi chặt chẽ về độ chính xác của các thông số đầu vào và cho kết quả tin cậy. Ưu điểm của phương pháp này là ứng xử của đất có thể mô phỏng tương đối chính xác và hợp lý trong quá trình thi công đào đất, phù hợp với thực tế nên được sử dụng rộng rãi [5]. Tuy vậy tính toán theo phương pháp PTHH đòi hỏi kinh nghiệm và sự hiểu biết của người phân tích không những về vấn đề địa kỹ thuật mà còn về phương pháp tính, thông số sử dụng và mô hình sử dụng. Plaxis 3D một chương trình thương mại khá phổ biến trong phân tích các bài toán liên quan đến địa kỹ thuật theo phương pháp phần tử hữu hạn; ở đó tích hợp nhiều loại mô hình toán khác nhau, phù hợp với phạm vi tính toán, độ chính xác yêu cầu cũng như nhiều loại đất nền khác nhau [6]. Trong nghiên cứu này, tác giả sử dụng Plaxis 3D mô phỏng tính toán tường vây cho Viện Hàn Lâm Khoa học xã hội Việt Nam, Đống Đa, Hà Nội bằng việc sử dụng mô hình đất nền Hardening Soil (HS). Kết quả tính toán nội lực và chuyển vị tường vây cho các chiều dày tường khác nhau từ đó phân tích lựa chọn chiều dày tường vây phù hợp nhất; nghiên cứu cũng cho thấy tính toán theo mô hình Hardening Soil (HS) trong Plaxis 3D là phương pháp phù hợp trong thiết kế tường vây theo phương pháp PTHH.

2. PLAXIS 3D VÀ SỬ DỤNG MÔ HÌNH TOÁN TRONG TÍNH TOÁN TƯỜNG VÂY

2.1 Plaxis 3D và các mô hình nền

Sự phát triển của PLAXIS được khởi đầu từ 1987 tại đại học công nghệ Delft - Hà Lan, là một phần mềm chuyên dụng phân tích nền móng, địa kỹ thuật; mô hình phần tử xây dựng theo phương pháp PTHH với việc tích hợp một số các dạng mô hình đất nền từ đơn giản đến phức tạp. Kết quả tính của PLAXIS cho phép xác định trạng thái ứng suất - biến dạng của kết cấu tường chắn, đất nền xung quanh và các quá trình tương tác giữa đất nền, kết cấu công trình ngầm [7, 8].

Mô hình nền đơn giản và thông dụng trong Plaxis: Mô hình đàn hồi tuyến tính, tuân theo định luật Hooke về đàn hồi tuyến tính đẳng hướng; Mô hình Mohr - Coulomb: dựa trên ý tưởng của quy luật cơ bản đàn hồi dẻo với trạng thái ứng suất của một điểm nằm trong mặt ngưỡng là đàn hồi thuần túy, thường dùng để tính toán gần đúng ứng xử ở các giai đoạn đầu của nền đất [9]. Ngoài ra còn một số mô hình nền dựa trên lý thuyết đàn hồi dẻo để mô phỏng ứng xử của nền như mô hình Hardening Soil: sử dụng mô đun biến dạng thứ cấp E₅₀ để mô phỏng các ứng xử của cát, sỏi và sét quá cố kết; mô hình Soft Soil: dùng mô hình đất Cam-clay để mô phỏng ứng xử của đất yếu như sét cố kết bình thường và than bùn và mô hình Soft Soil Creep là mô hình đất yếu có kể tới yếu tố nhớt, dùng mô phỏng ứng xử của đất yếu theo thời gian [10].

Mô hình Hardening - Soil là mô hình đường đàn dẻo loại Hyperbolic. Đây là mô hình đất tiên tiến sử dụng lý thuyết dẻo thay vì lý thuyết đàn hồi, có xét đến đặc tính chảy của đất và biến phá hoại. Mô hình có thể mô phỏng cả sự tăng bền do ứng suất tiếp và ứng suất pháp. Khi chịu tác dụng của ứng suất lệch sơ cấp, đất sẽ giảm độ cứng đồng thời phát triển biến dạng dẻo. Quan hệ giữa biến dạng dọc trục và ứng suất lệch có thể được mô tả bằng một đường Hyperbol. Các thông số của mô hình gồm: E^{ref}₅₀: module cắt tuyến (secant stiffness) xác định từ thí nghiệm nén 3 trục với áp lực

buồng P^{ref} ở cấp tải bằng 50% cường độ phá hoại; E^{ref}_{oed}: module tiếp tuyến (tangent stiffness) xác định từ thí nghiệm nén 1 trục không nở hông (Oedometer) tại mức áp lực bằng P^{ref}; E^{ref}_{ur}: module ở đường dỡ tải - gia tải lại (unloading - reloading); m: hệ số mũ chỉ sự phụ thuộc của module biến dạng vào trạng thái ứng suất của phần tử đất; P^{ref}: áp lực buồng (σ₃) khi thí nghiệm nén 3 trục, Plaxis lấy mặc định bằng 100kPa; K_o^{NC} tỉ lệ ứng suất; ν_{ur}: hệ số poisson, Plaxis lấy mặc định bằng 0.2 [11, 12]. Trong nghiên cứu này, thông số độ cứng E^{ref}₅₀ được lấy theo công thức E^{ref}₅₀ = 1000N đối với đất rời (N: số búa SPT), E^{ref}₅₀ = 500S_u đối với đất dính (S_u: sức kháng cắt không thoát nước) trong mô hình Hardening Soil (HS).

2.2 Sử dụng các mô hình toán trong Plaxis 3D

Võ Phan và Ngô Đức Trung [13] đã phân tích ảnh hưởng của các mô hình nền đến kết quả phân tích chuyển vị ngang của tường vây công trình Trạm bơm lưu vực Nhiều Lọc Thị Nghè, TP.HCM. Phân tích được thực hiện với sự hỗ trợ của phần mềm Plaxis 2D trên hai mô hình nền là Mohr Coulomb và Hardening Soil. So sánh với kết quả quan trắc, tác giả nhận xét mô hình Mohr Coulomb cho kết quả phân tích chuyển vị ngang của tường lớn hơn so với mô hình Hardening Soil. Việc sử dụng phương pháp PTHH với mô hình Hardening Soil cho kết quả phù hợp với thực tế hơn khi sử dụng mô hình Mohr Coulomb. Ngoài mô hình đất nền sử dụng trong phân tích thì các thông số đầu vào của mô hình cũng ảnh hưởng nhiều đến kết quả tính toán. Một trong các thông số được cho là nhạy nhất trong mô hình Hardening Soil ảnh hưởng đến kết quả phân tích chuyển vị ngang của tường là thông số độ cứng đất nền E^{ref}₅₀, [14].

Nguyễn Bá Kế [15] nghiên cứu phương pháp tính áp lực đất phù hợp cho tường vây hố đào sâu đối với Công trình Vietcombank Tower, Quận 1, TP.HCM gồm 35 tầng nổi và 4 tầng hầm. Tác giả sử dụng 2 mô hình Mohr Coulomb (MC), Hardening Soil (HS) để mô phỏng nền đất với các chỉ tiêu cơ lý chủ yếu của đất (c, γ_{unsat}, γ_{sat}, k_x, k_y) được lấy dựa trên hồ sơ khảo sát địa chất. Kết quả tính toán cho thấy nội lực và chuyển vị tường vây khi tính với cả hai mô hình chênh lệch nhau không đáng kể.

Mô hình Hardening Soil có ưu điểm so với các mô hình khác là độ cứng của đất được mô tả chính xác hơn bằng cách sử dụng ba độ cứng đầu vào khác nhau: độ cứng khi gia tải của thí nghiệm ba trục E₅₀; độ cứng khi dỡ tải của thí nghiệm ba trục E_{ur}; và độ cứng khi gia tải của thí nghiệm nén cố kết E_{oed}. Theo đó, mô hình Hardening Soil có tính tới sự phụ thuộc vào ứng suất của hệ số độ cứng. Trong trường hợp các kết quả khảo sát địa chất hay các thí nghiệm trong phòng không đầy đủ, các thông số độ cứng hay modun biến dạng của đất nền được nhiều tác giả để xuất công thức tính toán thay thế, Chang Yu Ou [16]. Dựa trên các nghiên cứu về độ cứng hay modun biến dạng của đất nền, ta thấy rằng các công thức thực nghiệm sử dụng ước lượng độ cứng đất nền phụ thuộc vào loại đất. Với đất loại sét, độ cứng sẽ suy ra từ giá trị sức kháng cắt không thoát nước S_u; còn với đất loại cát sẽ lấy theo giá trị số búa N_{SPT} của thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn. Châu Ngọc Ẩn và Lê Văn Pha [17] đã sử dụng tương quan giữa chỉ số SPT- N với thông số E trong mô hình Mohr Coulomb để phân tích sự làm việc đồng thời giữa đất nền và kết cấu tường vây của công trình và cho kết quả khá phù hợp với số liệu quan trắc được.

Như vậy có thể thấy rằng, các thông số độ cứng ảnh hưởng nhiều nhất đến kết quả phân tích chuyển vị ngang và nội lực của tường vây tầng hầm. Tuy nhiên việc xác định các thông số cho các mô hình nền đúng theo lý thuyết của mô hình là một vấn đề bất khả thi vì trong thực tế các số liệu địa chất cũng như các kết quả thí nghiệm trong phòng và ngoài hiện trường không lúc nào cũng

đầy đủ và chính xác. Vì vậy việc xác định khoảng biến động cho những thông số này ứng với mỗi loại đất hoặc những tương quan giữa chúng với các chỉ tiêu cơ lý khác là một điều cần thiết. Khoảng biến động và các mối tương quan này cần được nghiên cứu thông qua kết hợp so sánh kết quả kết quả tính toán lý thuyết với các số liệu quan trắc thu thập được từ thực tế.

3. THIẾT LẬP BÀI TOÁN TÍNH CHUYỂN VỊ TƯỜNG VÂY

3.1 Giới thiệu về công trình

Công trình công năng nhà ở chung cư được xây dựng tại số 176 Thái Hà, quận Đống Đa, TP Hà Nội có giải pháp kết cấu bê tông cốt thép toàn khối, hệ khung cột kết hợp với lõi cứng chịu lực với quy mô chiều cao công trình gồm 13 tầng nổi, 02 tầng hầm và 1 tầng bán hầm với tổng độ sâu đào trung bình 7.4m, hố đào sâu nhất là -8.4m (vị trí đáy hố pít thang máy) so với mặt đất tự nhiên được sử dụng làm hầm để xe, phòng kỹ thuật. Cao độ sàn tầng bán hầm là -1.1m, cao độ sàn hầm 1 là -3.6m, cao độ sàn hầm 2 là -6.9m (đối với khu vực đáy hố pít thang máy là -8.4m). Công trình sử dụng phương pháp thi công Top down trong suốt quá trình thi công đào đất và thi công tầng hầm, tầng thanh chống chỉ chống đỡ cục bộ tại khu vực hố pít lõi thang máy. Hệ tường chắn sử dụng tường vây Bê tông cốt thép có chiều dày 0.6m, 0.8m và 1.0m sâu 18m vào lớp đất 4. Điều kiện địa chất công trình tính từ mặt đất nền hiện hữu đến độ sâu khảo sát, địa tầng cơ bản gồm 8 lớp, chiều dày lấy trung bình, thể hiện trong Bảng số 1 dưới đây.

Bảng 1. Thông số các lớp đất tại vị trí xây dựng công trình

Lớp	Mô tả	Trạng thái	Độ sâu m	Chiều dày m	N _{SPT}	K
-	Lớp đất đắp: Bê tông, cát, đá	-	1.1	1.1	0	1000
1	Sét béo, xám nâu	chảy	3.0	1.9	0	1500
2	Cát sét, nâu đỏ, chặt vừa	chặt vừa	7.0	4.0	11	3500
3	Cát bụi, màu vàng, chặt vừa	chặt vừa	15.0	8.0	17	3500
4	Cát sét, cát bụi, hồng vàng	chặt vừa	29.0	14.0	18	3500
5	Cát bụi, hồng vàng nâu, chặt vừa	chặt vừa	43.0	14.0	21	3500
6	Cát sét, cát bụi, màu vàng	chặt vừa	46.8	3.8	23	3000
7	Sét béo, sét gầy, nâu-nâu vàng	nửa cứng	55.5	8.7	26	2400
8	Cát sét, cát bụi, xám-xám xanh	chặt	80.0	24.5	38	2400

3.2 Bài toán mô phỏng

Trình tự thi công công trình gồm các giai đoạn sau: Giai đoạn 1: Thi công tường vây bê tông cốt thép, cọc khoan nhồi, dầm tường; Giai đoạn 2: Thi công cột chống Kingpost; Giai đoạn 3: Đào đất đến độ sâu -1.1m; Giai đoạn 4: Thi công sàn bán hầm (-1.1m); Giai đoạn 5: Đào đất đến độ sâu -3.6m; Giai đoạn 6: Thi công sàn hầm 1 (-3.6m); Giai đoạn 7: Đào đất đến sàn hầm 2(-6.9m) độ sâu -6.9m và Đào đất đến độ sâu -8.4m (vị trí hố thang máy); Giai đoạn 8: Thi công hố móng và sàn hầm 2 (-6.9m), Giai đoạn 9: giai đoạn đào đất cục bộ, lắp hệ chống khu vực hố thang máy và thi công đào đất (-8.4m).

Các thông số tường vây được liệt kê trong Bảng 2 và Bảng 3 thể hiện thông số đầu vào mô hình Hardening Soil ở đó các thông số được xác định từ các chỉ tiêu cơ lý các lớp đất từ 1 đến 5 (phần chứa tường vây bê tông cốt thép).

Bảng 2. Thông số tường vây

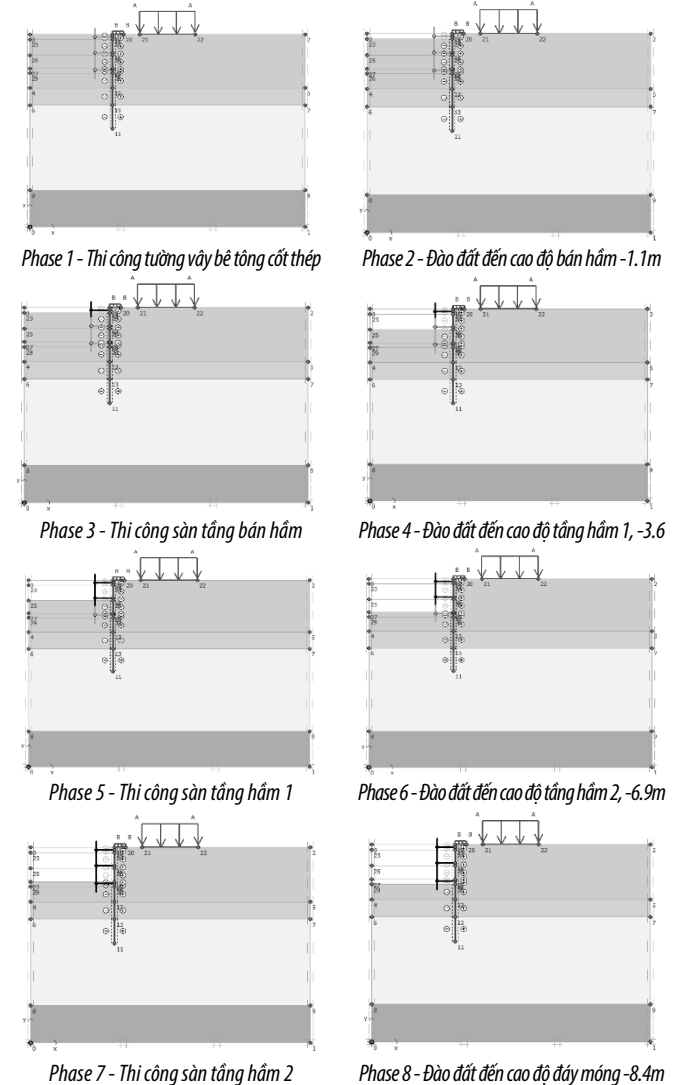
Tên cấu kiện	Đặc trưng vật liệu	Ký hiệu	Giá trị	Đơn vị
Tường vây 600mm	Tính chất vật liệu	Material Type	Elastic	
	Modul đàn hồi	E	3.25x10 ⁷	kN/m ²
	Độ cứng chống nén	EA	1.95x10 ⁷	kN/m
	Độ cứng chống uốn	EI	5.85x10 ⁵	kNm ² /m
	Hệ số Poisson	ν	0.15	

Bảng 3. Thông số đất nền mô hình Hardening Soil (HS)

Mô hình	Lớp đất	Đất đắp	1	2	3	4	5
Mô hình Hardening Soil (HS)	Ứng xử	Drained	Undrained	Drained	Drained	Drained	Drained
	γ _{unsat} (kN/m ³)	22	15.5	20.2	20.9	20.6	20.3
	γ _{sat} (kN/m ³)	22	15.8	20.6	21.3	21	21.1
	k _x , k _y (m/day)	0.5	1.05x10 ⁻⁵	3.45x10 ⁻⁵	1	5.79x10 ⁻⁵	4.94x10 ⁻⁵
	E _{oed} ^{ref} (kPa)	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}
	E ₅₀ ^{ref} (kPa)	1500	a × S _u	1000 × N	1000 × N	1000 × N	1000 × N
	E _{ur} ^{ref} (kPa)	3xE ₅₀ ^{ref}	3xE ₅₀ ^{ref}	3xE ₅₀ ^{ref}	3xE ₅₀ ^{ref}	3xE ₅₀ ^{ref}	3xE ₅₀ ^{ref}
	c' (kPa)	1	1.12	1	1.11	4.0	11.2
	φ' (°)	22	22	30	31	34.9	31.4

3.3. Mô phỏng thi công vây bê tông cốt thép và sàn hầm Top down bằng phần mềm Plaxis

Trình tự 8 bước thi công được mô phỏng trong phần mềm Plaxis được minh họa trong Hình 2 dưới đây.

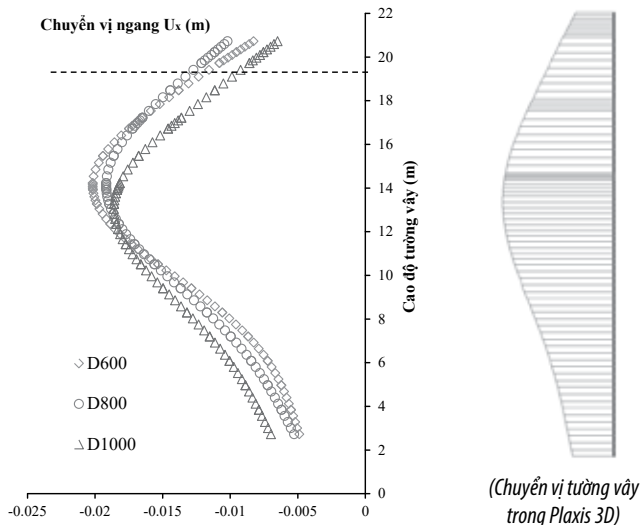


Hình 2: Mô phỏng Plaxis quy trình thi công tường vây và tầng hầm bằng phương pháp Top Down

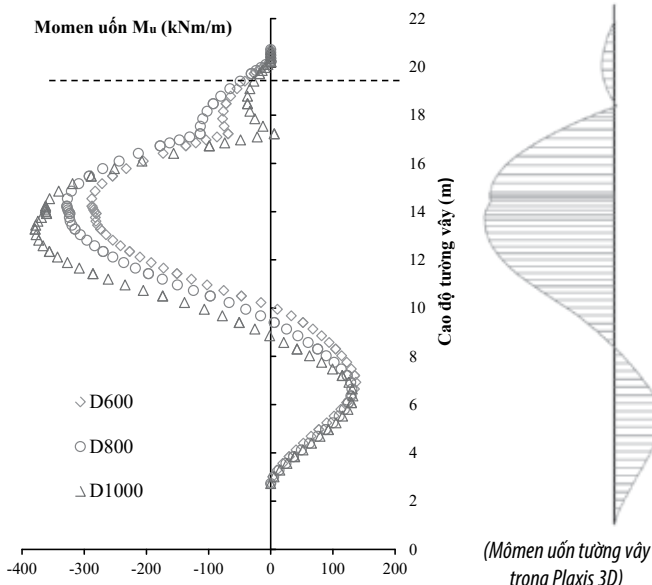
Bảng 4. Chuyển vị ngang cực đại U_{xmax} của tường vây bê tông cốt thép

Chiều dày tường vây (mm)	$EI \times 10^5$ (kNm ² /m)	$EA \times 10^7$ (kN/m)	U_{xmax} (m)	ΔU_{xmax} (%)	ΔU_{xmax} (%)	$M^{(-)}_{umax}$ (kNm)	$M^{(+)}_{umax}$ (kNm)	ΔM_{umax} (%)
D600	5.85	1.95	0.0197	-	4.45	-287.82	137.01	13.91
D650	7.44	2.113	0.0194	1.20		-298.68	135.14	
D700	9.29	2.275	0.0191	1.92		-311.75	134.42	
D750	11.43	2.438	0.0187	1.78		-323.93	133.76	
D800	13.87	2.6	0.0188	0.39	ΔU_{xmax} (%)	-327.87	130.56	ΔU_{xmax} (%)
D850	16.63	2.763	0.0181	3.59	8.71	-346.01	132.56	15.56
D900	19.74	2.925	0.0178	1.48		-356.1	132.01	
D950	23.22	3.088	0.0176	1.40		-365.64	131.5	
D1000	27.08	3.25	0.0172	2.52		-378.9	132.33	

4. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ NHẬN XÉT



Hình 3: Chuyển vị trong thân tường cử theo mô hình tính

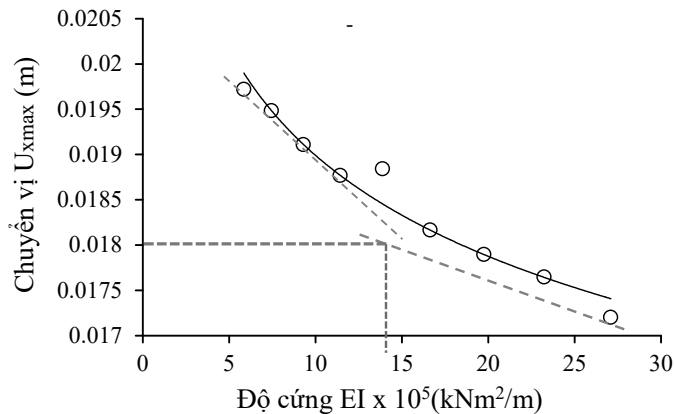


Hình 4: Momen uốn trong thân tường cử theo mô hình tính

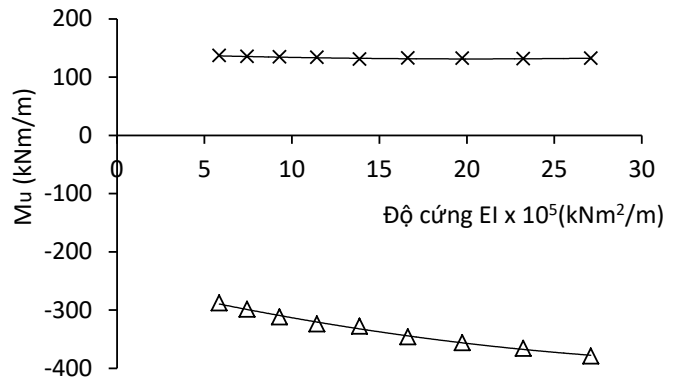
Hình 3 và Hình 4 dưới đây biểu diễn tổng hợp sự phân bố chuyển vị ngang và mômen uốn của tường cử theo cao độ cho tương ứng các chiều dày khác nhau của tường vây bê tông cốt thép tương ứng 600mm, 800mm và 1000mm. Biểu đồ hình 3 cho thấy sự biến thiên chuyển vị ngang ở thân tường là khá đồng đều khi chiều dày của tường thay đổi, độ cứng tường thay đổi, chuyển vị ở hai đầu tường khá nhỏ và đều cùng đạt giá trị lớn nhất ở độ sâu tương ứng xấp xỉ 14,0m (tương ứng cao độ đáy tầng hầm 2). Tuy nhiên, biến thiên chuyển vị của tường khi độ cứng thay đổi ở các mức khác nhau là thay đổi khác nhau và sự thay đổi khá nhỏ, tương ứng giảm 4.45% khi chiều dày thay đổi từ D600 đến D800 và giảm 8.71% khi tường tăng chiều dày từ D800 đến D1000 đều dưới 10%. Biểu đồ hình 4 cho thấy momen uốn tăng lên khi chiều dày của tường tăng lên, mức độ tăng tương ứng là 13.9% và 15.6% khi tường thay đổi chiều dày từ 600 đến 800mm và từ 800 đến 1000mm. Như vậy có thể thấy rằng khi chiều dày tăng độ cứng chống uốn và độ cứng nén của tường tăng lên tuy giảm được chuyển vị ngang của tường nhưng mức độ giảm khá nhỏ (dưới 9%) trong khi làm tăng mômen uốn trong tường, mức độ tăng trên 15.6%, do đó trong tính toán lựa chọn chiều dày tường vây cần cân nhắc lựa chọn kết hợp cả điều kiện chuyển vị ngang và điều kiện mômen uốn trong thân tường.

Để khảo sát ảnh hưởng chiều dày của tường vây tới chuyển vị ngang và phân bố nội lực của nó tiến hành khảo sát bài toán với các chiều dày khác nhau trong khoảng từ 600 đến 1000mm, độ cứng tương ứng của tường khác nhau với cùng thông số địa chất và điều kiện tải trọng, trình tự thi công tương tự nhau. Kết quả số liệu chuyển vị và phân bố mô men trong thân tường được tổng hợp thể hiện trong bảng 4.

Trong bảng 4 cho thấy chuyển vị ngang của tường biến thiên tỷ lệ nghịch với độ cứng của tường trong khi mômen uốn biến thiên tăng cùng với sự gia tăng độ cứng của tường nhưng tốc độ biến thiên thay đổi không giống nhau ở các giai đoạn biến thiên khác nhau của chiều dày tường. Với biến dạng ngang U_{xmax} giảm nhanh ở đoạn đầu khi tường tăng chiều dày từ 600 đến 800mm, nhưng tốc độ biến thiên chậm lại khi tường tăng chiều dày từ 800 lên 1000mm. Với điều kiện bài toán mô phỏng áp dụng cho công trình thực tế với số liệu địa chất hiện trạng đo được, chiều dày tường 800mm tính toán ở trên được xem là phù hợp cho bài toán chuyển vị tường vây với giải pháp thi công 02 tầng hầm bằng phương pháp Top Down.



Hình 5: Đường cong biến thiên chuyển vị ngang U_x với độ cứng tường vây



Hình 6: Đường cong biến thiên mômen uốn M_u với độ cứng tường vây

Hình 5 biểu diễn đường cong biến thiên sự thay đổi chuyển vị ngang theo độ cứng chống uốn của tường vây và Hình 6 biểu diễn đường cong biến thiên mômen uốn dương và mômen uốn âm theo độ cứng chống uốn của tường.

Hình 5 cho thấy có thể lựa chọn chiều dày của tường cho bài toán xét đến chuyển vị tối ưu nhất bằng cách vẽ tiếp tuyến của đường cong và giao điểm là tương ứng độ cứng tối ưu, từ đó tìm ra được chiều dày của tường. Với bài toán này chiều dày tường phù hợp 700mm. Trên hình 6 biểu diễn biến thiên mô men uốn M_u theo độ cứng của tường vây, cho cả 2 trường hợp M_{u+} và M_{u-} . Nhìn biểu đồ có thể nhận thấy biến thiên mômen dương thay đổi không đáng kể nhiều khi độ cứng tường tăng lên trong khi biến thiên mômen âm tăng nhanh khi độ cứng tăng lên. Như vậy biến thiên mômen uốn ở 2 mặt tường vây cũng không đồng nhất khi tăng chiều dày tường vây lên, phù hợp với chiều biến thiên mô men uốn mặt ngoài của tường vây.

5. KẾT LUẬN

Kết quả tính toán chuyển vị tường vây bằng Plaxis 3D mô phỏng qua mô hình nền thông dụng Hardening Soil (HS) cho kết quả khả phù hợp đánh giá ảnh hưởng của chiều dày tường vây tới chuyển vị và phân bố nội lực trong tường. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra ảnh hưởng của chiều dày tường vây tới biến thiên chuyển vị ngang là khá nhỏ nhưng khi tăng chiều dày tường vây làm thay đổi đáng kể sự gia tăng mômen uốn trong thân tường, do vậy khi chọn chiều dày tường nên căn cứ theo yêu cầu về độ cứng chịu uốn và chịu mômen cho phù hợp. Bên cạnh đó, mômen uốn mặt trong (mômen dương) biến thiên nhỏ hơn so với mặt ngoài (mômen âm) có khoảng biến thiên nhanh hơn, đạt xấp xỉ 15.5% khi tăng chiều dày tường tăng thêm 20%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Bá Kế (2013), Thiết kế và thi công hố móng sâu, Nhà xuất bản Xây dựng.
- [2] Nguyễn Bá Kế, 2012, Xây dựng công trình ngầm đô thị theo phương pháp đào mở. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [3] Helmut F. Schweiger (2007), "Modelling issues for numerical analysis of deep excavations". Institute for Soil Mechanics und Foundation Engineering Graz University of Technology, Austria.
- [4] L. K. Hing., et al. (2013), "Determination of soil stiffness parameters at a deep excavation construction site in Kenny Hill Formation", Geotechnical Services, Kuala Lumpur, Malaysia.

[5] Chu Quốc Thắng, 2007, Phương pháp phần tử hữu hạn. Nhà xuất bản Khoa học - Kỹ thuật.

[6] Nguyễn Việt Trung, Nguyễn Thị Bạch Dương, 2010, Phân tích kết cấu hầm và tường cử bằng phần mềm PLAXIS, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.

[7] Nguyễn Việt Trung, 2009, Phân tích kết cấu hầm và tường cử bằng phần mềm Plaxis. Nhà xuất bản Giao thông vận tải.

[8] Nguyễn Thế Phùng, 2018, Công nghệ thi công công trình ngầm bằng phương pháp tường trong đất, Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội.

[9] Plaxis Version 8 Manual.

[10] Nguyễn Ngọc Thắng, 2021, Tính toán chống đỡ hố đào sâu trong thi công móng nhà nhiều tầng bằng tường cử larsen hai lớp, Hội khoa học thường niên Đại học Thủy lợi.

[11] Phan Trường Thiệt, Lê Đức Thắng, 2007, Nền và móng, Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội.

[12] Nguyễn Văn Quảng, 2010, Nền móng và tầng hầm nhà cao tầng, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

[13] Võ Phan và Ngô Đức Trung. (2015), "Phân tích chuyển vị tường chắn ổn định hố đào sâu", Tạp chí Xây dựng, Hà Nội.

[14] H. G. Kempfert, B. Gebreselassie (2006), "Excavations and Foundations in Soft Soils", The Journal of Springer.

[15] Nguyễn Bá Kế. (2002), "Thiết kế và thi công hố móng sâu", Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.

[16] C.Y. Ou. (2006), "Deep Excavation _ Theory and Practice", Taylor & Francis Group, London, UK.

[17] Châu Ngọc Ẩn, Lê Văn Pha. (2007) "Tính toán hệ kết cấu bảo vệ hố móng sâu bằng phương pháp xét sự làm việc đồng thời giữa nền đất và kết cấu", Tạp chí Phát triển KH&CN, Tập 10.