

# Tương quan giữa chuyển vị với bề dày và chiều sâu tường vây phục vụ thi công hố đào sâu bằng phương pháp Top-down tại khu vực quận Phú Nhuận - TP.HCM

Impact of thickness and depth on diaphragm wall deflection in a deep excavation project using Top-down method in Phu Nhuan district, Ho Chi Minh city

> TẠ QUỐC HÙNG<sup>1</sup>; ĐẶNG ĐỔ BẢO SANG<sup>2</sup>; TRẦN THANH DANH<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Học viên cao học, Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: [hungtq.178c@ou.edu.vn](mailto:hungtq.178c@ou.edu.vn)

<sup>2</sup> Cựu học viên cao học, Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: [dangdobaosang@gmail.com](mailto:dangdobaosang@gmail.com)

<sup>3</sup> GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: [danh.tt@ou.edu.vn](mailto:danh.tt@ou.edu.vn)

## TÓM TẮT

Do nhu cầu nhà cao tầng tại các thành phố lớn ngày càng nhiều kéo theo nhu cầu không gian ngầm (tầng hầm) ngày càng lớn. Việc thi công hố đào sâu rất phức tạp dễ dẫn đến các sự cố do chuyển vị tường vây vượt quá giới hạn cho phép gây hậu quả nghiêm trọng về người và tài sản. Do đó việc tính toán lựa chọn chiều sâu và bề dày tường vây sao cho vừa kinh tế vừa an toàn là cần thiết. Mặc dù có nhiều nghiên cứu liên quan đến mối tương quan giữa chuyển vị với bề dày và chiều sâu tường vây trong thi công hố đào sâu, tuy nhiên ít nghiên cứu làm rõ mối tương quan trên cho tường vây hố đào sâu thi công bằng phương pháp Top-down cũng như thi công tại khu vực địa chất quận Phú Nhuận - TP.HCM.

Nghiên cứu tập trung vào việc khảo sát sự ảnh hưởng của hai yếu tố là bề dày và chiều sâu đến chuyển vị của tường vây một công trình hố đào sâu thi công bằng phương pháp Top-down tại quận Phú Nhuận - TP.HCM bằng cách thay đổi các thông số bề dày và chiều sâu tường trong mô hình phần tử hữu hạn. Các thông số địa chất đầu vào sử

dụng trong mô hình được lựa chọn bằng phương pháp phân tích ngược so sánh kết quả chuyển vị mô phỏng với quan trắc thực tế. Kết quả phân tích ngược cho thấy thông số độ cứng được lấy theo công thức  $E_{50}^{ref}=2000N$  đối với đất rời ( $N$ : số búa SPT) và  $E_{50}^{ref}=500s_u$  đối với đất dính ( $S_u$ : sức kháng cắt không thoát nước) khi sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D V8.5 cho ra kết quả chuyển vị ngang tường vây gần với giá trị đo đạc thực tế tại hiện trường bằng thiết bị Inclinator. Các phân tích mô hình sau đó cho thấy khi thay đổi kích thước tường vây thì bề dày tường ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị của tường vây hơn chiều sâu tường. Nghiên cứu cũng tìm ra được công thức tương quan giữa bề dày ( $x$ ) và chuyển vị lớn nhất ( $y$ ) của tường vây có dạng  $y=a.x^b$  (với  $a=28.141$  đến  $28.508$ ,  $b=-0.690$  đến  $-0.708$ ) với chiều sâu tường cố định giúp các kỹ sư thiết kế có thêm cơ sở để điều chỉnh bề dày tường.

**Từ khóa:** tương quan; chuyển vị; bề dày; chiều sâu; tường vây; Top-down.

## ABSTRACT

The increasing need for high-rise buildings in big cities has brought about an ascending demand for underground space (basement). The construction of deep excavations is arduous, which can easily lead to accidents due to the displacement of the diaphragm wall, causing serious repercussions for people and

property. Therefore, it is necessary to calculate the depth and thickness of the diaphragm wall so that the result is both economical and safe. Although there have been many studies related to the correlation between displacement and thickness and depth of diaphragm wall in deep excavation, only a few studies have clarified the aforementioned correlation for diaphragm wall

of deep excavation using Top-down method in the geological area of Phu Nhuan District - Ho Chi Minh City.

The paper focuses on studying the influence of two factors, thickness and depth, on the displacement of diaphragm wall in a deep excavation using the Top-down method in Phu Nhuan District - Ho Chi Minh City by alternating the wall parameters of thickness and depth in the finite element model. The input geological parameters used in the model were selected by the back analysis method. The wall diaphragm deflection results from the back analysis using HS model in Plaxis 2D and the stiffness parameter  $E_{50}^{ref}=2000N$  for sandy soil (N: the number

of blows SPT) and  $E_{50}^{ref}=500s_u$  for clayed soil ( $S_u$ : undrained soil shear strength) demonstrated a similarity with its field observation. The models analysis show that when changing the diaphragm wall size, the thickness affects the displacement of the diaphragm wall more than the depth. The study also found the correlation formula between the thickness (x) and the maximum displacement (y) of the diaphragm wall  $y=a.x^b$  (a between 28.141 and 28.508, b between -0.690 and -0.708).

**Keywords:** correlation, deflection, thickness, depth, diaphragm wall, Top-down.

### 1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây quá trình đô thị hóa nước ta diễn ra rất nhanh, đặc biệt là những khu vực có dân cư đông đúc, mật độ dân số cao, quỹ đất ngày càng thu hẹp, giá đất ngày càng tăng như thủ đô Hà Nội, TP.HCM, TP Đà Nẵng... dẫn đến nhu cầu về không gian sống, sinh hoạt và làm việc tăng. Do đó con người có xu hướng mở rộng diện tích bằng cách khai thác tối đa phần không gian dưới mặt đất công trình. Nhờ việc áp dụng khoa học kỹ thuật và các biện pháp thi công hiện đại nên các công trình ngầm ngày được xây dựng càng nhiều, độ sâu ngày càng lớn để khắc phục tình trạng khan hiếm quỹ đất trên. Quá trình thi công phải trải qua nhiều công đoạn khác nhau như xây dựng hệ thống tường vây, lắp đặt hệ thống chống đỡ, ngăn nước, hạ mực nước ngầm, đào và vận chuyển đất đến nơi khác... Việc thi công các công trình ngầm diễn ra rất phức tạp, dễ dẫn đến các sự cố (sạt lở đất, thân cọc bị chuyển dịch vị trí, đáy hố đào trôi lên, lún nứt thậm chí gây sụp đổ các công trình lân cận...) gây tổn thất về người và tài sản mà nguyên nhân chủ yếu là do chuyển vị tường vây vượt quá giới hạn cho phép. Các giai đoạn thi công tường vây có quan hệ chặt chẽ và ảnh hưởng qua lại lẫn nhau, bất kỳ một sai sót nào diễn ra đều ảnh hưởng đến chi phí, tiến độ, chất lượng của toàn công trình. Vì vậy việc tính toán lựa chọn chiều sâu và bề dày tường vây sao cho vừa kinh tế vừa an toàn là cần thiết.

Các nghiên cứu liên quan đến hố đào và tường vây đã được rất nhiều tác giả thực hiện và công bố trên các bài báo, tạp chí, hội nghị trong và ngoài nước. Một trong số đó phải kể đến Goh (1990) dùng phương pháp phần tử hữu hạn tiến hành nghiên cứu các thông số nhằm đánh giá ảnh hưởng của các đặc tính tường vây, độ sâu của đất cứng, bề rộng hố đào, chiều sâu chôn tường đến sự ổn định của hố đào trong đất sét và kết luận độ dày của lớp sét bên dưới hố đào, độ sâu chôn tường và độ cứng tường là những nhân tố quan trọng ảnh hưởng đến sự ổn định nền. Lings và cộng sự (1991) so sánh ứng xử của hố đào sâu thi công bằng phương pháp Top-down trong sét Gault với kết quả thiết kế và họ phát hiện ra rằng việc thi công tường liên tục làm giảm đáng kể áp lực ngang của đất, cũng như chuyển vị ngang, nội lực trong thanh giằng, moment uốn đều thấp hơn kết quả tính toán. Ou cùng cộng sự (1993) nghiên cứu các thông số độ lún nền của 10 trường hợp thi công hố đào sâu ở Taipei đưa ra kết luận chuyển vị lớn nhất của tường ( $\delta_{max}$ ) thường xảy ra gần đáy hố đào, độ lún đất nền bằng khoảng 50%-70%  $\delta_{max}$  của tường và  $\delta_{max}$  bằng khoảng 0.2%-0.5% chiều sâu hố đào (H). Barasubramaniam và cộng sự (1994) đã nghiên cứu ảnh hưởng 6 trường hợp hố đào sâu với các hệ giằng chống và thi công khác nhau trong đất nền ở Bangkok cho kết luận rằng tường vây bê tông cốt thép (BTCT) chuyển vị nhỏ hơn tường cọc cừ và độ sâu

chôn tường là một yếu tố ảnh hưởng nhiều đến tường cọc cừ hơn là tường vây BTCT. Wong và cộng sự (1996) nghiên cứu ứng xử của hố đào sâu dự án Central Expressway giai đoạn 2 ở Singapore nhận thấy rằng các hố đào có tổng chiều dày các lớp đất yếu nằm trên đất cứng bằng khoảng 0.9 chiều sâu hố đào (H) thì chuyển vị ngang của tường nhỏ hơn 0.005H, hố đào có tổng chiều dày các lớp đất yếu nằm trên đất cứng bằng khoảng 0.6H thì chuyển vị ngang của tường nhỏ hơn 0.0035H, tường chắn có chân tường xuyên vào lớp đất cứng khi đặt lớp giằng đầu tiên gần đỉnh tường sẽ giảm đáng kể chuyển vị của tường. Hsieh và Ou (1997) mở rộng mô hình Hyperbol của Duncan và Clang với lý thuyết dẻo cho điều kiện  $\varphi=0$  và nghiên cứu các trường hợp của một hố đào, sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn và mô hình Hyperbol cải tiến cho kết quả ứng xử của đất và tường tương ứng hợp lý với quan sát thực tế. Theo cơ quan quản lý về xây dựng, một tổ chức do chính phủ Singapore thành lập, đã phát hành các quy định trong thiết kế hố đào sâu về tường chắn đất và ổn định kết cấu vào 04/2009 dựa trên sự đánh giá và xem xét toàn diện các quy định xây dựng trong 3 năm áp dụng và thực thi trước đó như sau: Công trình lân cận nằm trong phạm vi 1 lần độ sâu hố đào (H) thì giới hạn cho phép không vượt quá 0.5%H còn nằm trong phạm vi 1H đến 2H thì chuyển vị giới hạn cho phép là 0.7%H, nếu lớn hơn 2H thì chuyển vị giới hạn ngang không được vượt quá 0.7%H với đất bụi, đất sét dẻo cứng quá cứng kết và không vượt quá 1%H với đất sét dẻo chảy, bụi và đất hữu cơ. Duy (2013) phân tích ổn định hố đào công trình trung tâm giao dịch thương mại quốc tế Fosco TP.HCM sử dụng hệ thanh chống bằng thép dày 1.1cm theo phương án Bottom-up rút ra kết luận tường ngang có khoảng cách  $D=20m$  chiều sâu  $L=15m$  là hợp lý nhất. Trần Trung Hiếu và Trần Thanh Danh (2019) phân tích chuyển vị tường vây tầng hầm một công trình tại Quận 1 - TP.HCM, kết quả phân tích ngược sử dụng mô hình Hardening Soil (HS) bằng phần mềm Plaxis 2D với thông số độ cứng của các lớp đất trong nghiên cứu này lấy bằng  $E_{50}^{ref}=500s_u$  đối với các lớp đất dính và  $E_{50}^{ref}=700N$  đối với lớp đất rời cho kết quả tương thích tốt với số liệu quan trắc, giá trị chuyển vị lớn nhất giữa quan trắc và mô phỏng lệch nhau chỉ 3.7%. Nghiên cứu của Thân và cộng sự (2019) về chuyển vị của tường vây và lún nền công trình lân cận khi thi công hố đào sâu bằng mô phỏng Plaxis 2D 8.5 và Plaxis 2D 2018 cho kết quả không có sự chênh lệch nhiều và khá gần với dữ liệu quan trắc hiện trường. Zaw Zaw Aye và cộng sự (2020) đã thu thập dữ liệu từ 30 dự án có hố đào thi công trong nền địa chất là đất sét mềm ở Bangkok có độ sâu từ 6m đến 21m được gia cố bằng tường vây có bề dày 0.6m, 0.8m và 1.0m đưa ra các kết luận sau: Chuyển vị lớn nhất của tường vây có bề dày 0.6m là

**Bảng 1. Đặc điểm địa chất tại công trình**

Lớp đất	Mô tả	Hố khoan			
		HK1	HK2	HK3	HK4
		Độ sâu từ ... đến ... (m)			
		Chiều dày (m)\Số SPT			
LA	Đất, cát san lấp	0.0 – 0.9	0.0 – 0.9	0.0 – 0.6	0.0 – 0.8
		<b>0.9</b>	<b>0.9</b>	<b>0.6</b>	<b>0.8</b>
L1	Á sét, màu nâu đỏ - xám trắng - xám tro - xám vàng, trạng thái dẻo cứng	0.9 – 11.2	-	0.6 – 3.0 7.4 – 9.0 11.3 – 17.0	0.8 – 3.0 5.0 – 7.3
		<b>10.3\ (4 – 13)</b>		<b>2.4\ (8 – 9)</b> <b>1.6\ (14)</b> <b>5.7\ (14 – 17)</b>	<b>2.2\ (6)</b> <b>2.3\ (10)</b>
L1A	Á sét lẫn dăm sạn laterit, màu nâu đỏ - vàng nâu - xám xanh, trạng thái dẻo cứng	-	0.9 – 7.0	3.0 – 7.4 9.0 – 11.3	3.0 – 5.0
			<b>6.1\ (11 -&gt;50)</b>	<b>4.4\ (8 – 9)</b> <b>2.3\ (17)</b>	<b>2.0\ (8)</b>
L2	Á cát, màu xám vàng - nâu đỏ - xám trắng, trạng thái dẻo	11.2 – 34.3	7.0 – 35.2	17.0 – 23.0 25.0 – 35.2	7.3 – 19.0 25.0 – 35.4
		<b>23.1\ (10 – 30)</b>	<b>28.2\ (4 – 26)</b>	<b>6.0\ (14 – 18)</b> <b>10.2\ (15 – 19)</b>	<b>11.7\ (6 – 17)</b> <b>10.4\ (11 – 30)</b>
L2A	Á cát lẫn dăm sạn laterit, màu xám vàng, trạng thái dẻo	-	-	23.0 – 25.0	-
L2B	Cát thô, màu xám vàng - xám trắng - xám nâu, kết cấu chặt vừa	-	-	-	19.0 – 25.0
					<b>6.0\ (12 – 17)</b>
L3	Sét, màu nâu vàng - nâu - nâu đỏ - xám trắng, trạng thái nửa cứng đến cứng	34.3 – 43.4	35.2 – 43.2 44.8 – 48.6	35.2 – 47.0	35.4 – 48.3
		<b>9.1\ (22 -&gt;50)</b>	<b>8.0\ (20 – 37)</b> <b>3.8\ (&gt;50)</b>	<b>11.8\ (20 – 39)</b>	<b>12.9\ (13 – 39)</b>
L3A	Sét lẫn sỏi sạn phong hóa, màu vàng nâu - xám xanh, trạng thái cứng	-	-	47.0 – 48.1	-
L3B	Á sét, màu nâu - xám xanh đen - vàng nâu, trạng thái dẻo cứng	-	43.2 – 44.8	48.1 – 51.0	-
			<b>1.6\ (&gt;50)</b>	<b>2.9\ (&gt;50)</b>	
L4	Á cát, màu xám xanh - vàng nâu - xám vàng, trạng thái dẻo	43.4 – 75.0	48.6 – 75.0	51.0 – 75.0	48.3 – 75.0
		<b>31.6\ (33 -&gt;50)</b>	<b>26.4\ (26 -&gt;50)</b>	<b>24\ (45 -&gt;50)</b>	<b>26.7\ (43 -&gt;50)</b>

0.5% chiều sâu hố đào (H) và tường vây có bề dày từ 0.8m đến 1.0m là 0.2%H; Độ sâu trung bình của chuyển vị tường vây ở vị trí lớn nhất là khoảng 0.8H; Khi tăng độ cứng của hệ chống đỡ làm giảm đáng kể chuyển vị của tường vây; Không có sự khác biệt lớn về chuyển vị của tường giữa phương pháp thi công Bottom-up và Top-down.

Tường vây đã được ứng dụng trong ngành xây dựng tại Việt Nam cũng khá lâu, các nghiên cứu về tường vây cũng đã được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Tuy nhiên, không có nhiều nghiên cứu về mối tương quan giữa chuyển vị với bề dày và chiều sâu tường vây, đặc biệt là phục vụ cho thi công hố đào bằng phương pháp Top-down. Bài báo này nghiên cứu mối tương quan trên cho một công trình thi công tại địa chất quận Phú Nhuận - TP.HCM

Bài báo sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn mô phỏng tường vây một công trình hố đào sâu thi công bằng phương pháp Top-down với mục tiêu nhằm để xuất bộ dữ liệu thông số địa chất đầu vào với địa chất chủ yếu là các lớp đất dính tại khu vực quận Phú Nhuận - TP.HCM cho mô hình phần tử hữu hạn, từ đó khảo sát sự ảnh hưởng của bề dày và chiều sâu đến chuyển vị của tường vây.



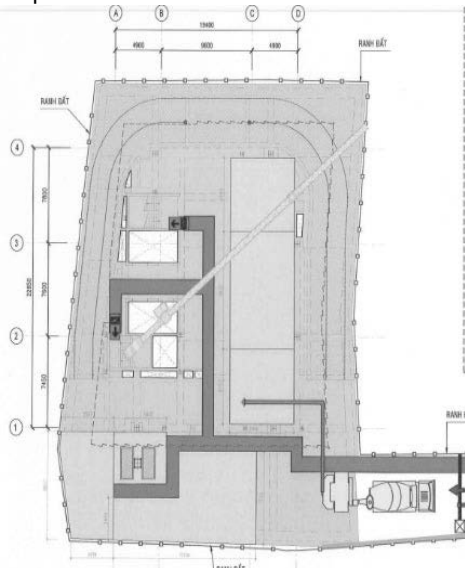
Hình 1. Phối cảnh 3D công trình

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

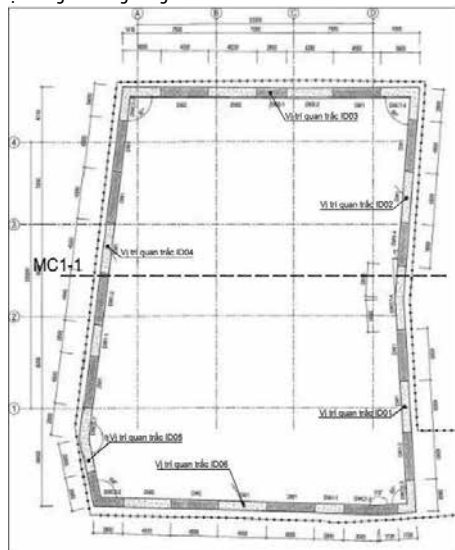
Nghiên cứu sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn mô phỏng tường vây một công trình hố đào sâu thi công bằng phương pháp Top-down tại quận Phú Nhuận - TP.HCM. Các thông số địa chất đầu vào sử dụng trong mô hình phần tử hữu hạn (Plaxis 2D V8.5) được xác định bằng phương pháp phân tích ngược so sánh kết quả chuyển vị mô phỏng với quan trắc thực tế. Biểu đồ tương quan giữa chuyển vị với bề dày và chiều sâu tường vây được suy ra bằng cách thay đổi các thông số bề dày và chiều sâu tường trong mô hình trên.

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Dự án được chọn để nghiên cứu là Cao ốc văn phòng 96 Phan Đăng Lưu tọa lạc tại 96A Phan Đăng Lưu, phường 05, quận Phú Nhuận - TP.HCM có quy mô gồm 4 tầng hầm, 17 tầng nổi và tầng thượng, diện tích mỗi sàn lên đến 400m<sup>2</sup> có chủ đầu tư là Công Ty Cổ phần Đầu tư và Phát triển Đại Đồng Tiến, được thi công bằng biện pháp Top-down bởi nhà thầu Newtecons.



Hình 2. Mặt bằng thi công công trình

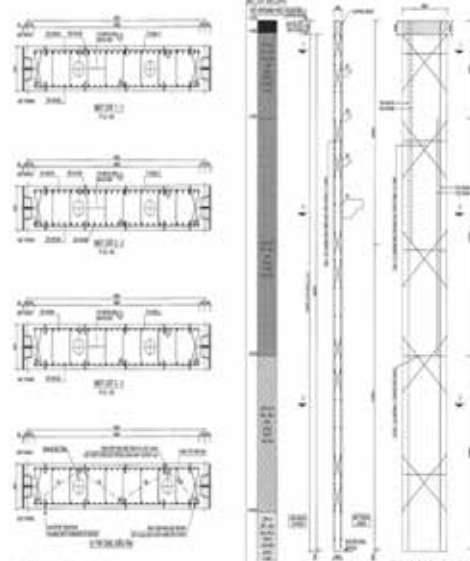


Hình 3. Mặt bằng tường vây và vị trí ống đo nghiêng

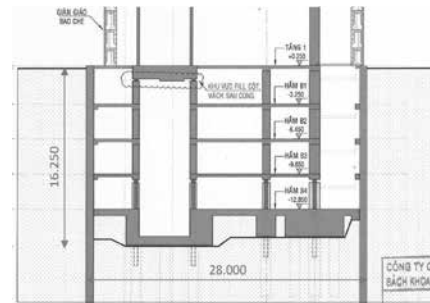
Theo kết quả khảo sát địa chất mực nước ngầm xuất hiện và ổn định ở độ sâu từ -1.10m đến -1.20m (so với cao độ mặt đất tự nhiên tại thời điểm khoan lấy mẫu). Căn cứ vào kết quả khoan khảo sát

tại các hố khoan địa tầng tại vị trí xây dựng công trình có thể phân thành các lớp như Bảng 1. Số liệu để mô phỏng các lớp đất được lấy từ hố khoan HK04.

Tường hầm được bao vây bởi hệ tường vây có chiều dày B = 800mm và chiều dài L = 38m sử dụng các hệ dầm sàn L1, B1, B2, B3 để chống đỡ. Hố đào có bề rộng là 28.00m, vị trí đào sâu nhất là 16.25m. Các ống quan trắc chuyển vị ngang (ống đo nghiêng) của tường vây được gắn trong thân và theo chu vi tường vây. Dữ liệu đo chuyển vị chu kỳ 73 tại vị trí ống đo nghiêng ID04 được sử dụng để so sánh với kết quả mô phỏng. Toàn bộ tải trọng công trình được đỡ bởi hệ kết cấu móng cọc nhồi.



Hình 4. Chi tiết cấu tạo tường vây



Hình 5. Mặt cắt hố đào

Tường vây và hệ dầm sàn cấu tạo bằng bê tông cốt thép có cấp độ bền bê tông lần lượt là B30 (Rb=17Mpa) và B35 (Rb=19.5Mpa), độ cứng được thể hiện trong Bảng 2 và Bảng 3.

**Bảng 2.** Độ cứng tường vây

Tường vây dày 800mm	Đơn vị	Giá trị
Modun đàn hồi (E)	kN.m <sup>2</sup>	32500000
Độ cứng dọc trục (EA)	kN/m	26000000
Độ cứng chống uốn (EI)	kN.m <sup>2</sup> /m	1387000
Trọng lượng (W)	kN/m/m	4.108
Hệ số Possion (ν)	-	0.150

**Bảng 3.** Độ cứng của sàn

Sàn	Chiều dày sàn (m)	Cấp độ bền bê tông B	Độ cứng dọc trục (EA) kN/m
L1	0.25	B35	2367346.9
B1	0.2	B35	2630385.5
B2	0.2	B35	2620481.9
B3	0.2	B35	2772908.4

**Bảng 4. Bộ thông số đất nền khai báo trong Plaxis 2D**

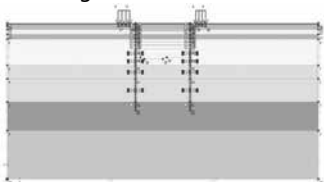
Lớp đất Chỉ tiêu	LA	L1	L1A	L1	L2	L2B	L2	L3	L4
	Drained	Drained	Undrained	Undrained	Undrained	Drained	Drained	Undrained	Drained
Độ dày (m)	0.8	2.2	2.0	2.3	11.7	6.0	10.4	12.9	26.7
Chiều sâu (m)	0-0.8	0.8-3.0	3.0-5.0	5.0-7.3	7.3-19	19-25	25-35.4	35.4-48.3	48.3-75.0
$\gamma_{unsat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	18.50	19.60	19.72	19.60	19.87	20.12	19.87	19.69	19.89
$\gamma_{sat}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.00	20.04	20.17	20.04	20.26	20.58	20.26	20.14	20.28
$k_x$ (m/day)	1.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.1	1.0	0.1	0.00001	0.1
$k_y$ (m/day)	1.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.1	1.0	0.1	0.00001	0.1
$E_{oed}^{ref}$ (kPa)	18000	26280	23955	26280	17660	29340	37200	73860	97720
$E_{50}^{ref}$ (kPa)	18000	26280	23955	26280	17660	29340	37200	73860	97720
$E_{ur}^{ref}$ (kPa)	54000	78840	71865	78840	52980	88020	111600	221580	293160
$c'$ (kPa)	4.00	23.90	23.60	23.90	12.30	2.60	9.30	51.20	12.10
$\phi'$ (°)	28.00	15.60	16.67	15.60	27.53	29.88	24.53	19.67	28.47
$R_{inter}$	0.80	0.85	0.8	0.8	0.85	0.85	0.80	0.90	0.80

**Bảng 5. Giá trị chuyển vị lớn nhất của tường vây tương ứng với bề dày và chiều sâu**

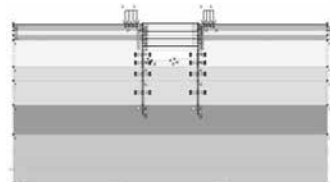
Chiều dài tường vây (m)	Bề dày tường vây (m)									
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	
30	53.78	46.21	40.51	36.35	33.05	30.52	28.47	26.76	25.32	
32	53.89	46.22	40.55	36.28	33.04	30.45	28.36	26.66	25.23	
34	53.99	46.23	40.50	36.26	32.82	30.27	28.21	26.48	25.04	
36	53.92	46.23	40.48	36.16	32.83	30.18	28.06	26.35	24.87	
38	53.93	46.28	40.47	36.15	32.86	30.18	28.05	26.33	24.83	
40	54.00	46.23	40.50	36.11	32.86	30.21	28.05	26.32	24.85	
42	53.97	46.28	40.49	36.11	32.81	30.24	28.07	26.31	24.85	
44	53.98	46.25	40.47	36.14	32.84	30.23	28.09	26.33	24.86	
46	53.81	46.20	40.45	36.14	32.83	30.21	28.11	26.34	24.85	

Quá trình thi công hố đào được mô phỏng 10 bước:

- Bước 1: Thi công tường vây và gán tải trọng.
- Bước 2: Hạ mực nước ngầm và đào đất lần 1 đến cao độ -2.500m.
- Bước 3: Thi công bê tông dầm sàn tầng L1.
- Bước 4: Hạ mực nước ngầm và đào đất lần 2 đến cao độ -5.350m.
- Bước 5: Thi công bê tông dầm sàn tầng hầm B1.
- Bước 6: Hạ mực nước ngầm và đào đất lần 3 đến cao độ -8.550m.
- Bước 7: Thi công bê tông dầm sàn tầng hầm B2.
- Bước 8: Hạ mực nước ngầm và đào đất lần 4 đến cao độ -11.750m.
- Bước 9: Thi công bê tông dầm sàn tầng hầm B3.
- Bước 10: Hạ mực nước ngầm và đào đất lần 5 đến đáy bê tông lót móng.



Hình 6. Thi công tường vây



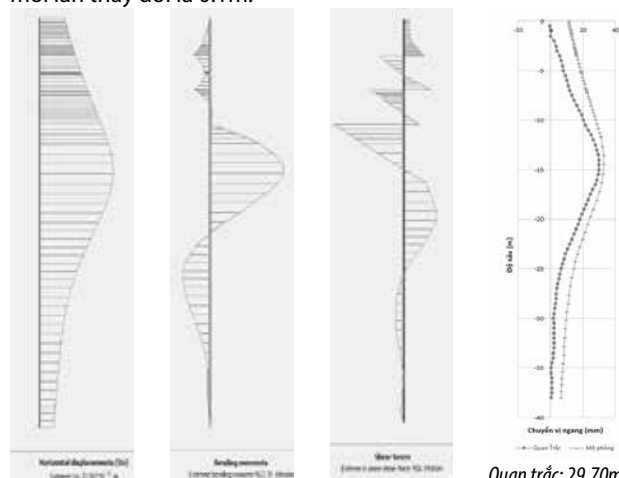
Hình 7. Đào đất đến cao độ đến đáy bê tông lót móng

## 2.2. Quy trình nghiên cứu

Đầu tiên, tường vây hố đào được mô phỏng bằng cách thay đổi các thông số địa chất đầu vào của các lớp đất sao cho kết quả chuyển vị ngang tường vây theo mô phỏng gần giống với kết quả

quan trắc hiện trường, từ đó suy ra bộ thông số địa chất thích hợp cho các lớp đất tại quận Phú Nhuận-TP.HCM.

Sau đó, mô hình tường vây với bộ thông số địa chất trên được sử dụng với bề dày và chiều sâu lần lượt cố định và thay đổi thông số còn lại của tường vây để suy ra các giá trị chuyển vị tương ứng từ đó tìm ra biểu đồ quan hệ. Phạm vi chiều sâu tường khảo sát trong khoảng từ 30m-46m, bước nhảy cho mỗi lần thay đổi là 2m còn bề dày tường nằm trong khoảng từ 0.4m-1.2m bước nhảy cho mỗi lần thay đổi là 0.1m.



a) Chuyển vị ngang

$$U_x = 32.86 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

Hình 8. Chuyển vị và nội lực tường

b) Moment

$$M = 963.70 \text{ kNm}$$

c) Lực cắt

$$Q = 458.14 \text{ kN/m}$$

Quan trắc: 29.70mm

Mô phỏng: 32.86mm

Hình 9. So sánh chuyển vị

### 3. KẾT QUẢ

Khi mô phỏng trên phần mềm Plaxis 2D V8.5 sử dụng mô hình Hardening soil bằng cách thay đổi các thông số độ cứng của đất, ứng với trường hợp tường vây có độ dịch chuyển lớn nhất là 32.86mm, giá trị chuyển vị quan trắc thực tế là 29.70mm, độ lệch chỉ 10.65% tác giả tìm được bộ thông số địa chất như Bảng 4 và biểu đồ so sánh độ dịch chuyển ở Hình 9.

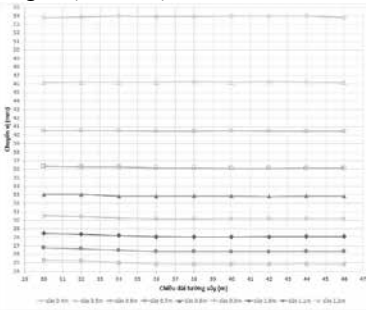
+ Đối với đất sét mô đun đàn hồi  $E_{50}^{ref}=500S_u$  được áp dụng để tính toán cho lớp đất L1, L1A và L3.

+ Đối với đất cát mô đun đàn hồi  $E_{50}^{ref}=2000N$  được áp dụng để tính toán cho lớp đất L2, L2B và L4.

+ Các thông số độ cứng còn lại lấy theo khuyến cáo của Plaxis với  $E_{bed}^{ref} = E_{50}^{ref}$ ,  $E_{ur}^{ref} = 3E_{50}^{ref}$ .

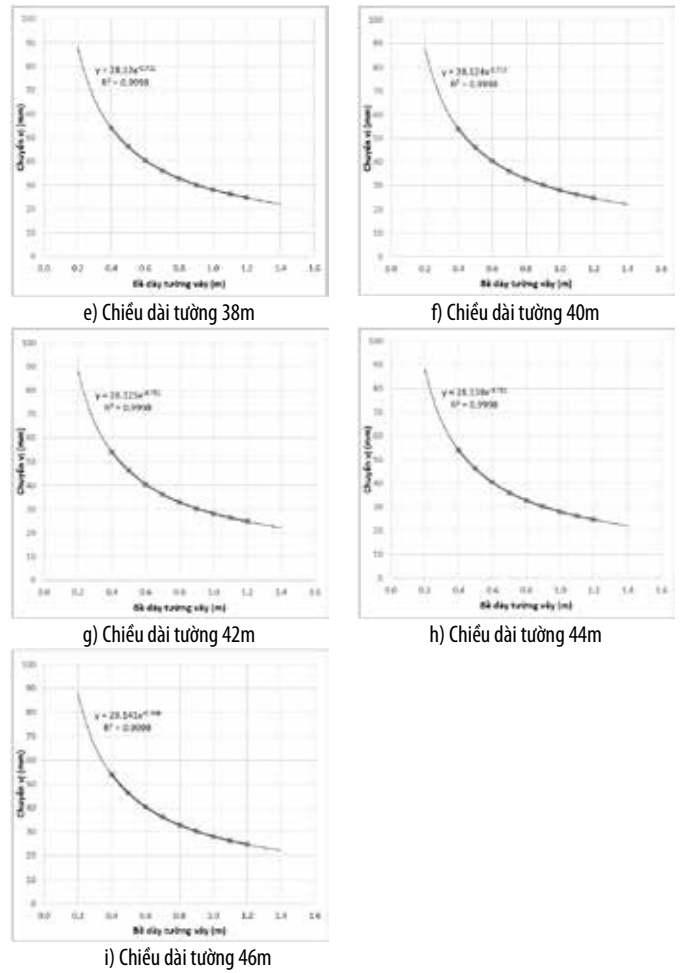
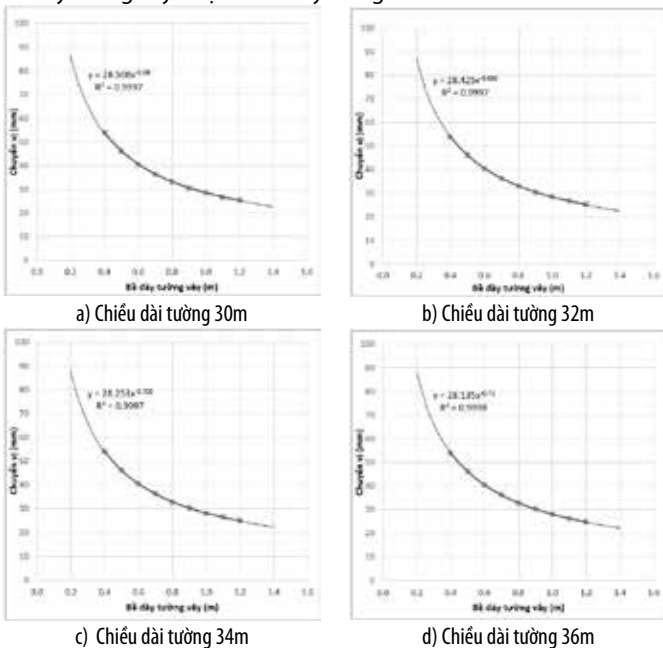
Sử dụng bộ thông số đất nền vừa tìm được ở Bảng 4 tiến hành mô phỏng cho trường hợp cố định bề dày thay đổi chiều sâu tường vây và ngược lại ta được kết quả như Bảng 5.

Mối quan hệ giữa chuyển vị lớn nhất của tường vây với bề dày và chiều sâu tường được thể hiện ở Hình 10.



Hình 10. Biểu đồ tương quan giữa bề dày và chiều sâu tường vây

Hình 10 cho thấy rằng khi cố định bề dày và thay đổi chiều sâu tường vây thì chuyển vị ngang lớn nhất của tường hầu như không thay đổi, chênh lệch lớn nhất 0.49mm. Ngược lại, khi cố định chiều sâu và thay đổi bề dày thì chuyển vị ngang lớn nhất của tường vây thay đổi tỷ lệ nghịch với bề dày tường. Công thức quan hệ giữa chuyển vị lớn nhất của tường vây khi cố định chiều sâu và thay đổi bề dày tường vây được trình bày trong Hình 11.



Hình 11. Quan hệ giữa chuyển vị lớn nhất của tường vây khi cố định chiều sâu và thay đổi bề dày tường vây

Như vậy, ta thấy rằng chuyển vị của tường vây ít bị ảnh hưởng bởi chiều sâu tường mà chủ yếu phụ thuộc vào độ cứng của tường vây và hệ kết cấu dầm sàn tầng hầm dùng để chống đỡ hố đào. So với yếu tố chiều dài thì bề dày tường vây ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị của tường hơn, cụ thể khi cố định chiều sâu và thay đổi bề dày thì tường vây có bề dày càng lớn thì chuyển vị ngang lớn nhất tương ứng của tường càng nhỏ. Lưu ý rằng, giá trị chuyển vị lớn nhất của tường vây trong các trường hợp khảo sát trên đều nằm trong giới hạn cho phép  $0.5\%H$  đào=8.1cm. Ngoài ra, khi cố định chiều sâu tường vây có thể sử dụng hàm số tương quan tìm được có dạng  $y=a.x^b$  (với  $a=28.141$  đến  $28.508$ ,  $b=-0.690$  đến  $-0.708$ ) để nội suy ra chuyển vị của tường ứng với các bề dày cần xét.

### 4. BÀN LUẬN

Bằng phương pháp phân tích ngược dựa vào số liệu quan trắc chuyển vị tường vây tác giả đã mô phỏng lại và tìm ra được bộ thông số độ cứng của đất giúp cho các đơn vị thiết kế có thêm cơ sở để tính toán cho các mô hình tương tự trong khu vực quận Phú Nhuận, TP HCM được chính xác, an toàn và tiết kiệm chi phí hơn.

Phương pháp thi công Top-down giúp giảm thiểu tối đa chuyển vị của tường vây, chuyển vị của tường vây phụ thuộc nhiều vào độ cứng của hệ tường vây (bề dày tường) và hệ kết cấu dầm sàn tầng hầm chống đỡ, ít bị ảnh hưởng vào chiều sâu

tường chôn trong đất, kết quả này cũng khá tương đồng với nghiên cứu của Lings và cộng sự (1991), Zaw Zaw Aye và cộng sự (2020). Nếu có giải pháp hạ mực nước ngầm hợp lý tránh sụt lở chân tường thì có thể rút ngắn chiều sâu tường vây giúp giảm đáng kể tiến độ và chi phí thi công tầng hầm.

Khi cố định chiều dài tường vây tác giả đã tìm ra được các công thức tương quan giữa bề dày tường và chuyển vị giúp các đơn vị thiết kế có thêm cơ sở để điều chỉnh bề dày tường.

Hạn chế của bài báo là tác giả chưa đưa ra được kết quả chuyển vị của tường vây khi thay đổi khoảng cách giữa các sàn tầng hầm. Số liệu nghiên cứu chưa đủ rộng chỉ gói gọn trong phạm vi một công trình.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

Aswin Lim, Chang-Yu Ou, and Pio-Go Hsieh (2010), "Evaluation of clay constitutive models for analysis of deep excavation under undrained conditions". Journal of GeoEngineering, Vol. 5, No. 1, pp. 9-20, April 2010.

Balasubramaniam, A.S; Bergado, D.T; Chai, J.C; Sutabutr, T (1994), "Deformation analysis of deep excavations in Bangkok subsoils". International conference on soil mechanics and foundation engineering. 1994, pp 909-914.

Bin-Chen Benson Hsiung, Kuo-Hsin Yang, Wahyuning Aila, Louis Ge (2018), "Evaluation of the wall deflections of a deep excavation in Central Jakarta using three-dimensional modeling". Tunnelling and Underground Space Technology 72 (2018) 84–96.

Building and Construction Authority (2009), "Advisory note on Earth retaining stabilising structures (ERSS)". Singapore

Braja M.Dash (2008), "Advanced Soil Mechanics". Taylor & Francis Group, New York, USA.

Chang-Yu Ou (2006), "Deep Excavation-Theory and Practice". Taylor & Francis Group, London, UK.

Châu Ngọc Ẩn (2010), "Cơ học đất". NXB Đại học Quốc gia TP.HCM.

Dương Minh Thuận (2019), "Nghiên cứu mối tương quan chuyển vị của tường vây với bề dày và chiều sâu tường vây phục vụ thi công hố đào sâu bằng phương pháp Semi-Top-down ở khu vực Quận 3-TP. HCM". Luận văn thạc sĩ. Trường Đại học Bách khoa TP.HCM.

Goh (1990), "Assessment of basal stability for braced excavation systems using the finite element method". Computers and Geotechnics, 10 (4) (1990), pp. 325-338

Goh A.T.C, Zhang Fan, Zhang Wengang, Zhang Yanmei, Liu Hanlong (2017), "A simple estimation model for 3D braced excavation wall deflection". Computers and Geotechnics 83 (2017) 106–113.

Hồ sơ thiết kế công trình Văn phòng 96 Phan Đăng Lưu.

Hsieh, P.G. and Ou, C.Y. (1997), "Use of modified hyperbolic model in excavation analysis under undrained condition". Geotechnical Engineering, SEAGS, Vol.28, No.2, pp.123-150.

Lê Anh Duy (2013), "Nghiên cứu tường ngang ổn định hố đào công trình trung tâm giao dịch thương mại Quốc tế Fosco TP. HCM". Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Mở TP.HCM.

Lings, M.L., Nash, D.F.T., Ng, C.W.W., & Boyce, M.D. (1991), "Observed behaviour of a deep excavation in Gault Clay: A preliminary appraisal". In Tenth European Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Florence (Vol. 2, pp. 467 - 470).

Luisa María Gil-Martín, Enrique Hernández-Montes, Myoungsu Shin, Mark Aschheim (2012), "Developments in excavation bracing systems". Tunnelling and nderground Space Technology 31 (2012) 107–116.

Lý Đăng Khoa (2018), "Phân tích ổn định hố đào tường vây của khu phức hợp căn hộ Nguyễn Hữu Thọ". Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Mở TP.HCM.

Mohamed Nabil Houhou, Fabrice Emeriault, Abderahim Belouar (2019), "Three-dimensional numerical back-analysis of a monitored deep excavation retained by strutted diaphragm walls". Tunnelling and Underground Space Technology 83 (2019) 153–164.

Nguyễn Bá Kế (2010), "Thiết kế và thi công hố móng sâu". NXB Xây dựng Hà Nội.

Nguyễn Văn Hải và Lê Trọng Nghĩa (2009), "Giải pháp gia cố thành hố đào sử dụng công nghệ DCM (Deep Cement Mixing) cho các công trình cao tầng hầm ở Quận 7 - TP.HCM". Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Bách khoa TP.HCM.

Ou, C. Y. and Shiau, W. D. (1993), "Characteristics of consolidation and strength of Taipei silty clay". Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering; Vol. 5, No. 4, pp. 337-346.

Phạm Vinh Phát (2018), "Phân tích chuyển vị của tường vây trong phương pháp thi công Top-down dựa vào độ cứng sàn". Luận văn Thạc sĩ. Trường Đại học Bách khoa TP.HCM.

Pitthaya Jamsawang, Sittisak Jamnam, Pornkasem Jongpradist, Pornpot Tanseng, Suksun Horpibulsuk (2017). "Numerical analysis of lateral movements and strut forces in deep cement mixing walls with top-down construction in soft clay". Computers and Geotechnics 88 (2017) 174–181.

Qiping Weng, Zhonghua Xu, Zhihou Wu, Ruobiao Liu (2016), "Design and performance of the deep excavation of a substation constructed by top-down method in Shanghai soft soils". Procedia Engineering 165 (2016) 682 – 694.

Syiril Erwin Harahap, Chang-Yu Ou (2020), "Finite element analysis of time-dependent behavior in deep excavations". Computers and Geotechnics Volume 119, March 2020, 103300.

Tewodros Fekadu (2010), "Thesis for Degree of Master of Science in Geotechnics", Addis Ababa University, Department of Civil Engineering.

Trần Hồng Nguyễn, Trần Thanh Danh (2018), "Phân tích lựa chọn thông số độ cứng đất nền cho bài toán mô phỏng chuyển vị tường vây hố đào công trình khu vực Quận 1 - TP.HCM". Tạp chí Xây dựng.

Trần Ngọc Tuấn, Trần Thanh Danh (2019), "Tương quan giữa các thông số sức chống cắt hữu hiệu được xác định từ thí nghiệm ba trục CU & CD của đất loại sét tại TP.HCM". Tạp chí Xây dựng.

Trần Trung Hiếu, Trần Thanh Danh (2019), "Nghiên cứu thông số độ cứng đất nền trong mô hình Hardening soil cho bài toán mô phỏng chuyển vị tường vây hố đào", Tạp chí Xây dựng.

Trần Văn Thân, Trần Thanh Danh, Tô Thanh Sang (2019), "Phân tích chuyển vị của tường vây và lún nền công trình lân cận khi thi công hố đào sâu bằng mô phỏng Plaxis 2D". Researchgate, Article, September 2019.

Võ Phán, Hoàng Thế Thao (2010), "Phân tích và tính toán móng cọc". NXB Đại học Quốc gia TP.HCM.

Wengang Zhang, Anthony T.C. Goh, Feng Xuan (2015), "A simple prediction model for wall deflection caused by braced excavation in clays". Computers and Geotechnics 63 (2015) 67–72.

Wong, I.H. et al. (1996), "Analysis of case histories from construction of the Central Expressway in Singapore". Canadian Geotechnical Journal 33: 732-746

Xiuhuan Yang, Mincai Jiab, Jianzhong Ye (2020), "Method for estimating wall deflection of narrow excavations in clay". Computers and Geotechnics 117 (2020) 103224.

Zaw Zaw Aye, Thayanan Boonyarak, Sereyroath Chea, Chanraksmei Roth and Nuthapon Thasnanipan (2020), "Rigid Diaphragm Wall Response to Deep Excavation Works in Bangkok". Researchgate, Conference Paper, March 2020.