

Các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị của tường vây hố đào sâu thi công theo biện pháp Bottom-up tại TP.HCM

Factors affecting the displacement of the diaphragm wall of a deep excavation constructed by Bottom-up method in Ho Chi Minh City

> NGUYỄN THÀNH TRUNG¹, TS TRẦN THANH DANH²

¹HVCH Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: trungnt.198c@ou.edu.vn

²GV Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mở TP.HCM; Email: danh.tt@ou.edu.vn

TÓM TẮT

Ở các thành phố lớn hiện nay quỹ đất đang hạn hẹp, mật độ xây dựng hạn chế, vì thế nhu cầu cần khai thác thêm các không gian của tầng hầm đang tăng lên, đồng thời một số công trình giao thông hiện đại bên dưới mặt đất như tàu điện ngầm, nhà ga cũng đang phát triển. Việc thi công hố đào sâu của các công trình này rất phức tạp, có nhiều rủi ro liên quan đến chuyển vị và ổn định tổng thể hố đào.

Các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị và ổn định hố đào, hiện nay đang được các nhà nghiên cứu khoa học rất quan tâm. Nghiên cứu này ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn, đánh giá ảnh hưởng của chiều sâu, bề dày tường vây, khoảng cách các thanh chống theo phương ngang và lực kích trước trong các hệ chống đến chuyển vị của tường vây hố đào sâu.

Từ các kết quả nghiên cứu cho thấy chiều sâu, bề dày của tường vây là những nhân tố có nhiều ảnh hưởng đến chuyển vị và ổn định tổng thể của tường vây hố đào. Khoảng cách các thanh chống theo phương ngang và lực kích trước trong các hệ chống ảnh hưởng rất lớn đến độ cứng tổng thể của tường vây và chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu.

Từ khóa: Chuyển vị; chiều sâu; bề dày; tường vây; khoảng cách thanh chống; lực kích trước.

ABSTRACT

Currently, the land fund in big cities is becoming increasingly limited, leading to an increase in the demand for underground space exploitation. These underground spaces include basements of high-rise buildings, underground traffic works such as subway tunnels, underground stations. The construction of deep excavation of these underground works is very complicated, there are many risks related to displacement and overall stability of the excavation.

The factors affecting the displacement and stability of the deep excavation are currently of great interest to researchers. This study applies the finite element method to evaluate the effect of diaphragm wall depth, thickness, the struts spacing in the horizontal and the magnitude of preloads in the support systems on displacement of diaphragm wall of deep excavation.

From the research results, it is shown that the depth and thickness of the diaphragm wall are factors that have a lot of influence on the overall displacement and stability of the excavation diaphragm wall. The struts spacing in the horizontal and the magnitude of preloads in the support systems greatly affect the overall stiffness of the diaphragm wall and the lateral displacement of the deep excavation diaphragm wall.

Keywords: Displacement; depth; thickness; diaphragm wall; spacing of struts; preloads.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam nói chung, TP.HCM nói riêng đang trong quá trình phát triển kinh và tế xã hội trong đó có lĩnh vực xây dựng đang phát triển mạnh. Tuy nhiên thì quỹ đất ở trung tâm Thành phố đang hạn hẹp dần và mật độ xây dựng hạn chế, vì thế các Chủ đầu tư luôn ưu tiên khai thác các không gian trên mặt đất để sử dụng cho kinh doanh và dịch vụ, các không gian cho bãi để xe, các công trình phụ trợ như bể nước ngầm, bể nước chứa cháy,

kho chứa hàng, thường được bố trí ở các tầng hầm. Vì vậy để đáp ứng nhu cầu sử dụng, cần khai thác nhiều hơn các không gian bên dưới mặt đất để làm tầng hầm cho các công trình. Số tầng hầm tăng, chiều sâu hố đào tăng sẽ kéo theo bài toán thi công hố đào sâu rất phức tạp và có rất nhiều rủi ro liên quan chuyển vị tường vây hố đào sâu, chuyển vị hố đào, sụt lún nền đất, ảnh hưởng đến kết cấu và kiến trúc công trình lân cận và hậu quả nghiêm trọng hơn là ảnh hưởng đến tính mạng con người. Ngoài

ra tại các Thành phố lớn đang phát triển một số loại hình giao thông hiện đại như tàu điện ngầm, nhà ga dưới mặt đất, việc thi công các công trình này trong điều kiện bên dưới mặt đất cần tính toán thiết kế biện pháp thi công đảm bảo các yêu cầu về chuyển vị, ổn định, để hạn chế ảnh hưởng đến các công trình lân cận. Đặc biệt các hố đào sâu để thi công tầng hầm nhà cao tầng ở lân cận các công trình ngầm này cần phải đảm bảo rất nhiều yêu cầu khắt khe về chuyển vị và biến dạng nền đất.

Vi vậy các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu trong quá trình thi công là vấn đề cần đặc biệt lưu ý. Các yếu tố như chiều sâu, bề dày của tường vây, khoảng cách các thanh chống theo phương ngang, lực kích trước trong các hệ chống ngang ảnh hưởng như thế nào đến chuyển vị ngang của tường vây, đang được các kỹ sư thiết kế biện pháp thi công hố đào, các nhà nghiên cứu khoa học trong nước và quốc tế rất quan tâm và có rất nhiều công trình nghiên cứu liên quan đến điều này. Các nghiên cứu đã được các tác giả công bố trên các tạp chí, hội nghị trong nước và quốc tế điển hình là Bryson và Zapata-Medina (2007) đã tìm các tác động của việc thi công tường vây đối với biến dạng nền đất và kết luận rằng biến dạng liên quan đến quá trình thi công tường chắn có thể chiếm từ 25% đến 30% trên tổng số biến dạng của tường vây hố đào, tác giả đề xuất nên kể thêm các ảnh hưởng của quá trình thi công vào mô hình dự đoán biến dạng nền đất. Aye và cộng sự (2020) phân tích ứng xử của tường vây cứng đối với công trình hố đào sâu, nghiên cứu làm rõ các thông số về độ cứng uốn, giá trị chuyển vị, độ cứng tổng thể của tường vây tỷ lệ với chiều sâu tường vây và kết luận khi tăng độ cứng tổng thể sẽ làm giảm đáng kể chuyển vị của tường vây, ở các tầng địa chất sâu hơn, tính chất của đất thay đổi sang đất sét cứng sẽ làm độ cứng của các lớp đất này tăng lên, đồng thời khi chiều sâu mũi tường vây đã đủ dài thì việc tăng thêm chiều sâu chôn tường sẽ không ảnh hưởng đến chuyển vị của tường vây.

Wong và cộng sự (1996) nghiên cứu ứng xử của tường vây hố đào sâu và rút ra kết luận đối với trường hợp tường vây hố đào có chân tường được cắm vào trong tầng lớp đất cứng sẽ làm giảm rất đáng kể giá trị chuyển vị ngang của tường vây. CHEN và GONG (2020) nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số tường vây đến biến dạng của hố đào, tác giả ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn phân tích và kết luận: Khi tăng độ dày hoặc tăng mô đun đàn hồi hoặc tăng độ sâu chôn tường thì biến dạng của tường và độ lún nền đất bên ngoài tường sẽ giảm. Khi tăng độ dày hoặc tăng mô đun đàn hồi của tường thì moment uốn của tường tăng lên. Độ sâu chôn tường không ảnh hưởng đến nội lực trong tường. Thứ tự mức độ ảnh hưởng đến chuyển vị của tường là độ dày tường - mô đun đàn hồi - độ sâu chôn tường.

Tạ Quốc Hùng và cộng sự (2021) nghiên cứu tương quan giữa chuyển vị với bề dày và chiều sâu của tường vây, tác giả kết luận rằng bề dày tường vây có ảnh hưởng đến chuyển vị ngang nhiều hơn là chiều sâu, khi tăng bề dày tường sẽ làm giảm chuyển vị ngang của tường, khi tăng chiều sâu tường vây hầu như không làm ảnh hưởng đến chuyển vị của tường vây. Lings và cộng sự (1991) so sánh ứng xử của tường vây hố đào sâu so với kết quả thiết kế và quan trắc, tác giả nhận thấy rằng khi thi công tường vây liên tục đã làm giảm rất đáng kể áp lực ngang của đất, các giá trị chuyển vị, lực dọc trong thanh chống, moment uốn của tường bé hơn so với kết quả tính toán. Goh (1990) đã đánh giá ảnh hưởng các đặc trưng hình học của tường vây và đã đưa ra kết luận bề dày của tầng lớp đất sét phía dưới hố đào, chiều sâu tường vây và độ cứng tường vây là những yếu tố quan trọng ảnh hưởng nhiều đến ổn định của nền đất. MASUDA và cộng sự (1994) dự đoán chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu, tìm ra mối tương quan giữa các yếu tố ảnh

hưởng đến chuyển vị tường vây và mức độ ảnh hưởng theo thứ tự như: 1-Tính chất của đất nền, đặc biệt là mô đun đàn hồi; 2- Kích thước hình học của tường; 3- Khoảng cách các thanh chống ngang/số lượng thanh chống; 4- Điều kiện thi công đào đất, lực kích trước trong thanh chống. Hidayat (2021) nghiên cứu về việc thay đổi khoảng cách các thanh chống ngang của tường vây hố đào theo phương đứng và phương ngang, tác giả cho rằng khoảng cách các thanh chống theo phương đứng và phương ngang đều có vai trò quan trọng như nhau, có ý nghĩa như nhau đối với chuyển vị ngang của tường vây, mức chênh lệch tối đa là khoảng 0.06%. Hamzah và cộng sự (2019) nghiên cứu về ổn định của tường vây khi đào sâu, ứng dụng Plaxis 2D để làm rõ các yếu tố ảnh hưởng đến ổn định tường vây và kết luận độ cứng của tường càng lớn thì chuyển vị ngang của tường sẽ càng giảm, tuy nhiên khi gia tăng độ cứng của tường sẽ đi kèm với nội lực trong tường sẽ tăng lên. Fekadu (2010) nghiên cứu các tham số của hố đào sâu có tường vây và kết luận khi tăng chiều sâu chôn tường sẽ làm giảm biến dạng nền đất và tăng ổn định ở đáy hố đào, sử dụng các thanh chống ngang làm giảm đáng kể biến dạng nền đất xung quanh hố đào. Di và cộng sự (2023) đánh giá tác động của việc điều chỉnh lực dọc trục trong thanh chống và chiều dài của các thanh chống đến chuyển vị tường vây hố đào và đưa ra kết luận: Lực dọc trục trong các thanh chống có ảnh hưởng đáng kể đến chuyển vị tường vây, khi tăng đồng thời lực dọc trục trong các hệ chống sẽ có tác dụng kiểm soát chuyển vị tốt hơn khi tăng cục bộ một hệ chống. Hwang và Wong (2018a) nghiên cứu ảnh hưởng của việc gia tải trước trong các thanh chống ngang của tường vây hố đào và kết luận tải kích trước trong các thanh chống sẽ tác động tăng độ cứng tổng thể của tường vây. Hwang và Wong (2018b) phân tích các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị tường vây hố đào sâu và kết luận: Bề rộng của hố đào, bề dày của tường vây và độ lớn của tải dọc trục có ảnh hưởng rất đáng kể đến chuyển vị tường vây. Khi áp tải trước trong thanh chống có tác dụng giống như tăng bề dày của tường. Ảnh hưởng của việc tăng chiều sâu tường đối với chuyển vị tường vây là không đáng kể khi chiều sâu của tường đã đạt đến độ sâu tới ngưỡng nhất định. Việc tăng chiều sâu của tường vây sẽ làm tăng ổn định chân tường.

Tường vây hố đào sâu được ứng dụng trong lĩnh vực xây dựng từ rất lâu, các đề tài nghiên cứu về những nhân tố ảnh hưởng đến chuyển vị tường vây đang được các nhà nghiên cứu khá quan tâm, tuy nhiên đến thời điểm hiện tại chưa có nhiều đề tài nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị của tường vây hố đào sâu thi công theo biện pháp Bottom-up tại khu vực quận Tân Bình.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu này ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn, sử dụng chương trình Plaxis 2D mô phỏng tường vây hố đào sâu của một công trình thi công theo biện pháp Bottom-up, tại khu vực quận Tân Bình, Thành phố Hồ Chí Minh, các thông số đầu vào sử dụng cho mô hình căn cứ theo tài liệu "Hồ sơ thiết kế biện pháp thi công - Cao ốc Văn phòng Etown 5". Các thông số địa chất đầu vào sử dụng trong mô hình phần tử hữu hạn được tổng hợp từ tài liệu "Báo cáo khảo sát địa kỹ thuật - Cao ốc Văn phòng Cho thuê Khu E - Etown". Sau đó nghiên cứu tiến hành thay đổi, thử dẫn các thông số hình học của tường vây, thay đổi khoảng cách các thanh chống ngang, thay đổi lực kích trước trong các hệ chống ngang, để đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố trên đến chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu.

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Cao ốc Văn phòng Etown 5, được xây dựng tại địa chỉ số 364 Cộng Hoà, phường 13, quận Tân Bình, TP.HCM, do tập đoàn REE làm chủ đầu tư. Dự án gồm 17 tầng nổi, 3 tầng hầm, tổng diện tích sàn khoảng 30.000m².



Hình 1. Phối cảnh công trình Etown 5 (nguồn internet)

2.2. Địa chất tại khu vực nghiên cứu

Bảng 1. Các thông số lớp đất

Lớp đất	Tên lớp đất	Cao độ đáy lớp (m)	Bề dày (m)	SPT	
Đất đắp	Đất san lấp, cát lẫn xà bần, á sét lẫn sỏi sạn	-1.1	1.1		
L 1	Á sét, dẻo cứng	-2.5	1.4	11.0	
L 2	Á sét lẫn sỏi sạn laterite, dẻo cứng đến nửa cứng	-6.1	3.6	15.5	
L 3	Á sét, dẻo cứng	-6.8	0.7	15.5	
L 4	Cát hạt trung đến thô lẫn bột, ít sỏi nhỏ, chặt vừa.	4.1	-8.8	2.0	16.0
		4.2	-13.0	4.2	26.5
		4.3	-17.0	4.0	12.0
		4.4	-22.0	5.0	13.0
		4.5	-26.5	4.5	11.0
		4.6	-30.5	4.0	19.0
		4.7	-33.0	2.5	15.0
		4.8	-36.7	3.7	22.0
L 5	Sét, rất cứng	-38.5	1.8	52.0	
L 5A	Sét, nửa cứng	-42.50	4.0	23.5	
L 5B (L 5)	Sét, cứng	-46.50	4.0	38.0	
L 5C (L 5A)	Sét lẫn ít cát mịn, nửa cứng	-48.10	1.6	23.0	
L 5D (L 5)	Á sét, cứng	-52.00	3.9	33.5	
L 5E (L 5A)	Sét lẫn ít cát mịn, á sét, nửa cứng	-54.80	2.8	26.0	
L 6	Cát mịn đến trung lẫn bột, ít sỏi nhỏ, chặt	-58.50	3.7	37.5	
L 6A	Cát hạt trung lẫn bột, chặt vừa	-60.50	2.0	28.0	
L 6B (L 6)	Cát mịn đến trung, lẫn bột, ít sỏi nhỏ, chặt đến rất chặt	-65.00	4.5	53.0	

Bảng 2. Các thông số địa chất

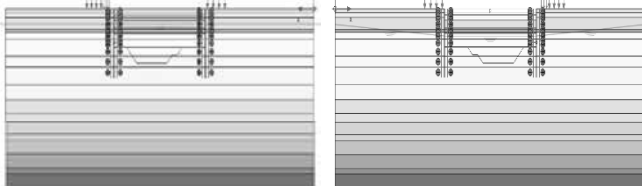
HARDENING SOIL	LỚP ĐÁT ĐÁP	LỚP 1	LỚP 2	LỚP 3	LỚP 4								LỚP 5	LỚP 5A	LỚP 5B (Lớp 5)	LỚP 5C (Lớp 5A)	LỚP 5D (Lớp 5)	LỚP 5E (Lớp 5A)	LỚP 6	LỚP 6A	LỚP 6B (Lớp 6)	
					4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8										
Type	Drained	Un drained	Un drained	Un drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained	Un drained	Un drained	Un drained	Un drained	Un drained	Un drained	Drained	Drained	Drained
γ_{sat} [kN/m ³]	17.66	18.96	19.42	18.95	18.80	19.05	18.59	18.60	18.24	18.99	18.88	19.13	19.85	19.67	19.85	19.75	19.57	19.44	19.49	19.34	19.50	
γ_{sat} [kN/m ³]	17.66	19.78	20.20	19.82	19.68	19.85	19.34	19.28	19.04	19.71	19.60	19.82	20.38	19.88	20.23	19.97	20.30	19.71	20.11	19.96	20.22	
K_x [m/day]	1.00	0.0010	0.0010	0.0001	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	5.00	5.00	5.00	
K_y [m/day]	1.00	0.00050	0.00050	0.00005	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	0.00005	5.00	5.00	5.00	
E_{s0}^{ref} [Kpa]	8000.0	21688.0	42011.0	33077.0	32000.0	53000.0	24000.0	26000.0	22000.0	38000.0	30000.0	44000.0	95599.0	148770.0	95599.0	170432.0	95599.0	189888.0	75000.0	56000.0	106000.0	
E_{v0d}^{ref} [Kpa]	8000.0	21688.0	42011.0	33077.0	32000.0	53000.0	24000.0	26000.0	22000.0	38000.0	30000.0	44000.0	95599.0	148770.0	95599.0	170432.0	95599.0	189888.0	75000.0	56000.0	106000.0	
E_{ur}^{ref} [Kpa]	24000.0	65064.0	126033.0	99231.0	96000.0	159000.0	72000.0	78000.0	66000.0	114000.0	90000.0	132000.0	286797.0	446310.0	286797.0	511296.0	286797.0	569664.0	225000.0	168000.0	318000.0	
Power m	0.50	0.90	0.80	0.90	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.90	0.90	0.90	0.80	0.90	0.80	0.60	0.60	0.60	
C'_{ref} [Kpa]	4.91	22.46	25.11	22.86	4.81	4.81	4.81	4.81	4.81	4.81	4.81	4.81	52.48	28.94	52.48	28.94	52.48	28.94	5.49	5.10	5.49	
ϕ [Deg]	20.00	21.27	13.80	20.75	28.63	28.63	28.63	28.63	28.63	28.63	28.63	28.63	20.82	22.63	20.82	22.63	20.82	22.63	33.13	30.67	33.13	
Ψ [Deg]	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.13	0.67	3.13	
v'_{ur}	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
P_{ref} [Kpa]	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
R_{nter}	0.70	0.80	0.80	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.85	0.85	0.85	

2.3. Mô hình phần tử hữu hạn - Biện pháp thi công (mặt cắt C1)

Phần hầm được thiết kế và thi công theo biện pháp Bottom-up, do Công ty Cổ phần Xây dựng CENTRAL tổng thầu thi công, biện pháp thi công hố đào được thiết kế và thi công theo trình tự sau:

Bước 1. Thi công tường vây, cọc khoan nhồi, cọc kingpost, thi công dầm capping beam, gán tải trọng lên mặt đất lân cận hố đào.

Bước 2. Hạ mực nước ngầm, thi công đào đất đến cao độ -2.80m, đồng thời thi công lắp hệ chống ngang S1 cao độ -1.80m.

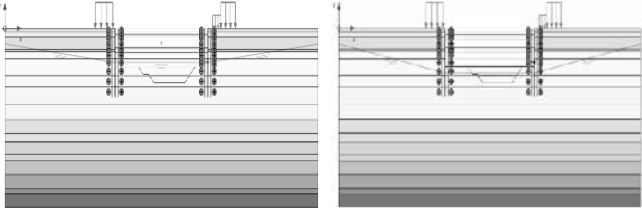


Hình 2. Mặt cắt biện pháp thi công - bước 1

Hình 3. Mặt cắt biện pháp thi công - bước 2

Bước 3. Hạ mực nước ngầm, thi công đào đất đến cao độ -6.80m và tiếp tục thi công lắp hệ chống ngang S2 cao độ -5.60m.

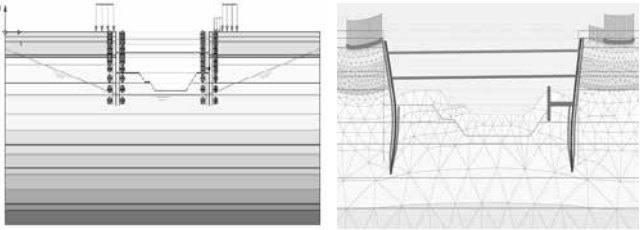
Bước 4. Hạ mực nước ngầm, thi công đào đất đến cao độ -11.10m và thi công hệ chống ngang S3 cao độ -9.80m.



Hình 4. Mặt cắt biện pháp thi công - bước 3

Hình 5. Mặt cắt biện pháp thi công - bước 4

Bước 5. Hạ mực nước ngầm, thi công đào đất hố pít (đào taluy) đào đến cao độ -15.80m, thi công móng hố pít.

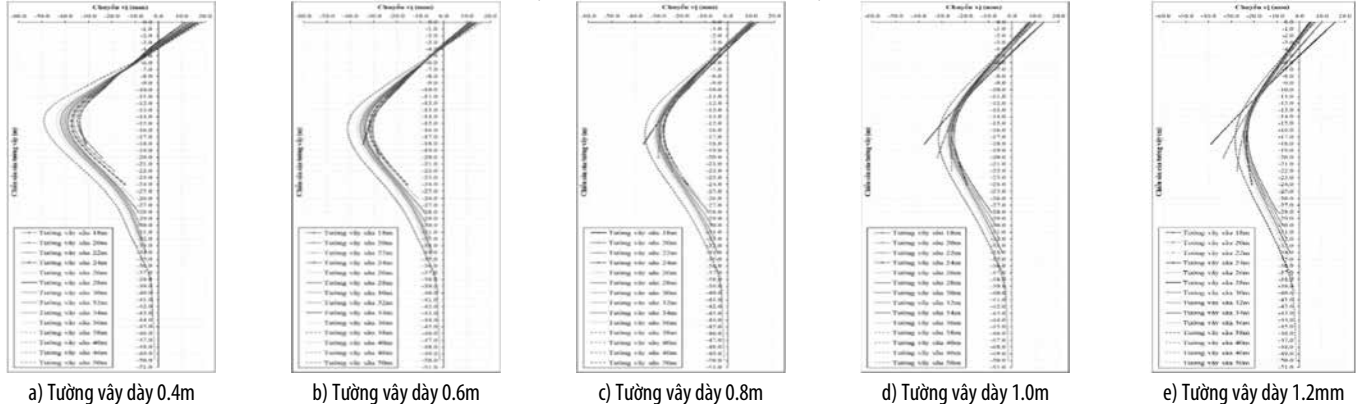


Hình 6. Mặt cắt biện pháp thi công - bước 5

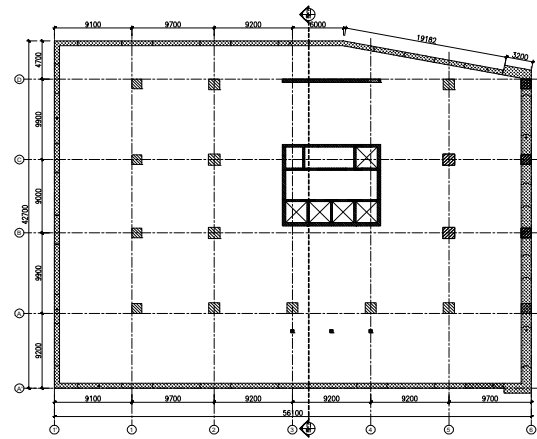
Hình 7. Kết quả mô hình phần tử hữu hạn

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Ảnh hưởng của chiều sâu tường vây đến chuyển vị ngang của tường vây



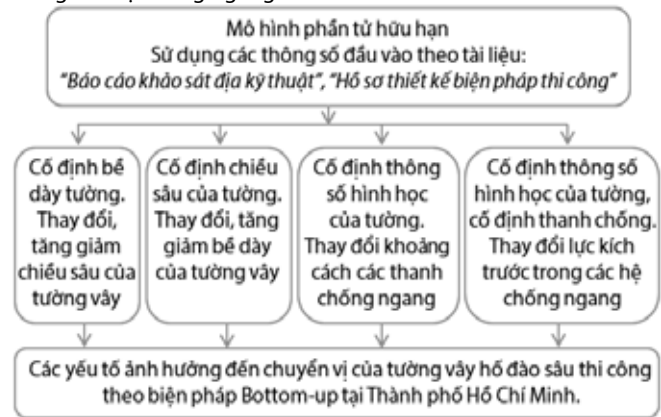
Hình 10. Biểu đồ chuyển vị tường vây tương ứng các trường hợp thay đổi chiều sâu (cố định khoảng cách và lực kích trước)



Hình 8. Mặt bằng hố đào

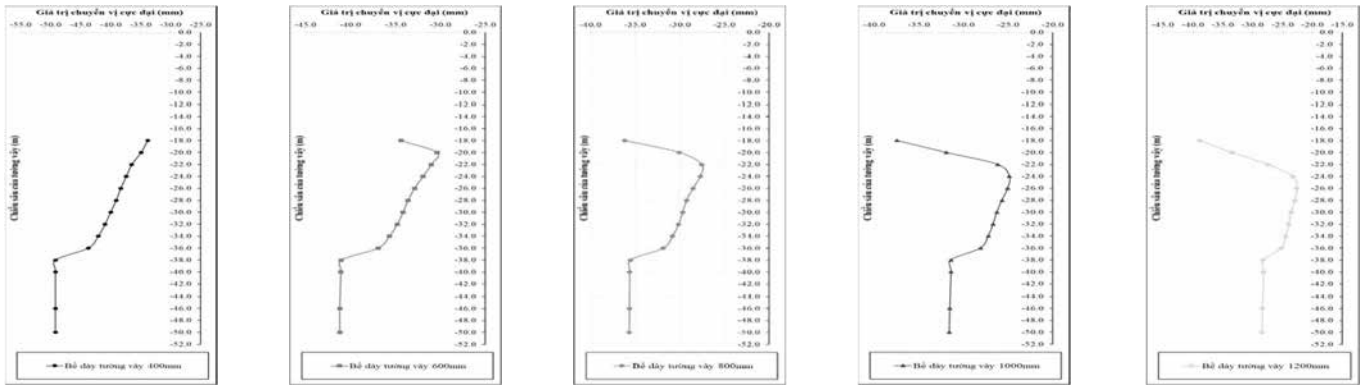
2.4. Quy trình nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng mô hình phần tử hữu hạn ở mục 2.3, sau đó tiến hành thay đổi dần chiều sâu của tường vây, thay đổi dần bề dày của tường vây, thay đổi khoảng cách giữa các thanh chống theo phương ngang của hệ shoring và thay đổi giá trị lực kích trước trong các hệ chống ngang.



Hình 9. Sơ đồ phương pháp nghiên cứu

Dựa trên các kết quả phân tích tiến hành xây dựng biểu đồ quan hệ và các biểu đồ chuyển vị, ứng dụng chương trình Microsoft Excel và các chương trình hỗ trợ để tiến hành phân tích và đánh giá ảnh hưởng của các yếu tố như chiều sâu, bề dày của tường vây, khoảng cách các thanh chống ngang và lực kích trước trong các hệ chống ngang đến chuyển vị ngang của tường vây.



Hình 11. Các giá trị chuyển vị ngang cực đại (max), tương ứng với các trường hợp thay đổi chiều sâu của tường vây

Trường hợp cố định bề dày tường, cố định khoảng cách và lực kích trước trong các hệ chống ngang, lần lượt thực hiện cho các trường hợp tường vây dày 0.4m, 0.6m, 0.8m, 1.0m và 1.2m ứng với các trường hợp thay đổi chiều sâu tường vây từ -18.0 đến -50.0m. Theo **Hình 10**, có thể thấy rằng việc tăng chiều sâu của tường sẽ ứng xử rất nhạy đối với ổn định của mũi tường, khi tăng dần chiều sâu của tường sẽ tăng dần ổn định tổng thể của mũi tường và giảm dần giá trị chuyển vị ngang tại mũi tường vây. Kết quả này có tính tương đồng với kết quả nghiên cứu của tác giả Hwang và Wong (2018b), việc tăng chiều sâu của tường vây sẽ làm tăng ổn định chân tường, kết quả trên cũng khá tương đồng với công bố của tác giả Fekadu (2010), khi tăng chiều sâu chôn tường sẽ làm giảm biến dạng nền đất và tăng tính ổn định ở đáy hố đào.

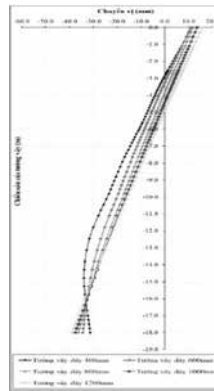
Theo **Hình 11**, thấy rằng khi tăng dần chiều sâu của tường vây sẽ làm giảm dần giá trị chuyển vị ngang cực đại của tường, tuy nhiên khi tăng dần chiều sâu của tường đến một giá trị nhất định, chuyển vị ngang của tường đã giảm đến một giá trị tối ưu, lúc này việc tiếp tục tăng thêm chiều sâu của tường sẽ không còn có tác dụng làm giảm chuyển vị. Điều này phù hợp với nghiên cứu của tác giả Hwang và Wong (2018b), cho rằng ảnh hưởng của việc tăng chiều sâu tường đối với chuyển vị của tường vây là không đáng kể khi chiều sâu của tường đã đạt đến độ sâu tới ngưỡng nhất định.

Khi tăng dần chiều sâu tường nằm trong khoảng từ -38.0m trở đi, khi mũi tường đã cắm vào tầng lớp đất sét nửa cứng đến rất cứng (ở độ sâu từ -36.7m trở đi là thuộc các tầng địa chất đất sét nửa cứng, cứng và rất cứng), lúc này khi tăng thêm chiều sâu của mũi tường sẽ không còn ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị của tường vây. Điều này khá phù hợp với kết quả nghiên cứu của tác giả Aye và cộng sự (2020), ở các tầng địa chất sâu hơn, tính chất của đất thay đổi sang đất sét cứng sẽ làm độ cứng của các lớp đất này tăng lên đồng thời khi chiều sâu mũi tường vây đã đủ dài rồi thì việc tăng thêm chiều sâu chôn tường sẽ không ảnh hưởng đến chuyển vị tường vây.

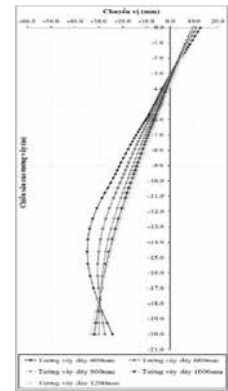
3.2. Ảnh hưởng của bề dày tường đến chuyển vị của tường vây

3.2.1. Trường hợp chiều sâu tường vây là -18m và -20m

Khi chiều sâu tường vây là -18m và -20m, tương đương chiều dài tường vây $L < 1.3 \times H$, (H là chiều sâu của hố đào, L là chiều sâu tường vây), theo **Hình 12**, **Hình 13**, cho thấy rằng việc thay đổi bề dày của tường có ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị của tường vây tại đáy hố đào. Tuy nhiên trong khoảng chiều sâu này, khi tăng bề dày tường sẽ làm tăng chuyển vị tại cao trình mũi tường rất đáng kể, cụ thể là đối với trường hợp chiều sâu tường vây là -18m, tường dày 0.6m, 0.8m, 1.0m và 1.2m có giá trị chuyển vị ngang lớn nhất là ở tại cao trình mũi tường.

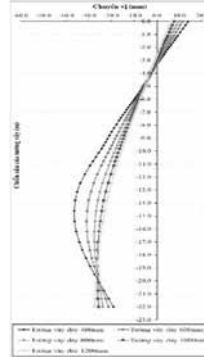


Hình 12. Chiều sâu tường vây -18.0m

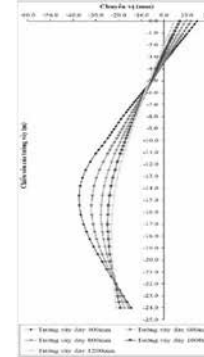


Hình 13. Chiều sâu tường vây -20.0m

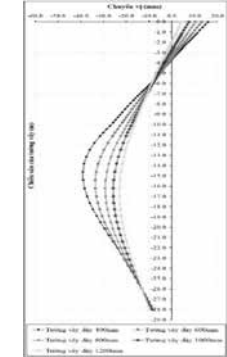
3.2.2. Trường hợp chiều sâu tường là -22m, -24m, -28m



Hình 14. Chiều sâu tường vây -22.0m



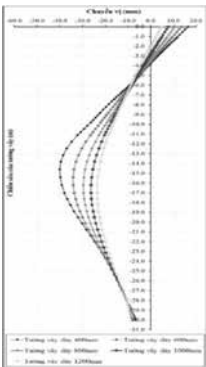
Hình 15. Chiều sâu tường vây -24.0m



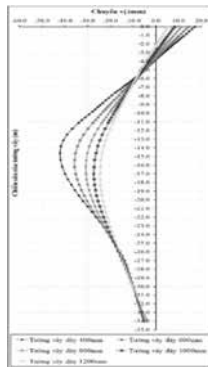
Hình 16. Chiều sâu tường vây -28.0m

Khi chiều sâu tường vây nằm trong khoảng từ -22m đến -28m, tương đương chiều dài tường vây $(1.3 \times H \leq L < 1.9 \times H)$, theo **Hình 14** đến **Hình 16**, cho thấy việc thay đổi bề dày của tường có ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị của tường vây hố đào tại cao trình đáy hố đào, tăng bề dày tường vây (tăng độ cứng tường) sẽ làm giảm đáng kể chuyển vị ngang tường vây tại cao trình đáy hố đào. Kết quả của biểu đồ trên còn cho thấy chuyển vị ngang của tường vây tại cao trình mũi tường sẽ giảm dần khi tăng dần chiều sâu của tường trong khoảng từ $(1.3 \times H \leq L < 1.9 \times H)$. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Hùng và cộng sự (2021), Hamzah và cộng sự (2019), cho rằng độ cứng của tường càng lớn thì chuyển vị ngang của tường vây sẽ càng giảm.

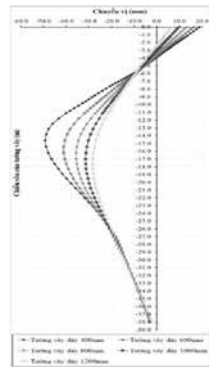
3.2.3. Trường hợp chiều sâu tường vây từ -30.0 đến -50.0m



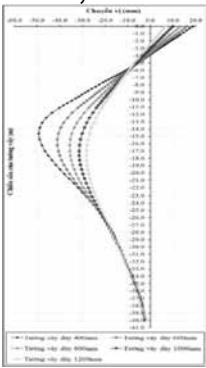
Hình 17. Chiều sâu tường vây -30.0m



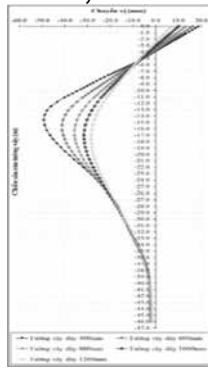
Hình 18. Chiều sâu tường vây -34.0m



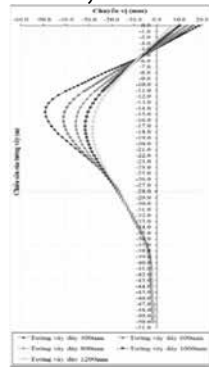
Hình 19. Chiều sâu tường vây -38.0m



Hình 20. Chiều sâu tường vây -40.0m



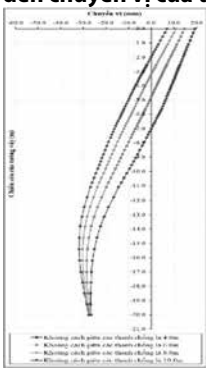
Hình 21. Chiều sâu tường vây -46.0m



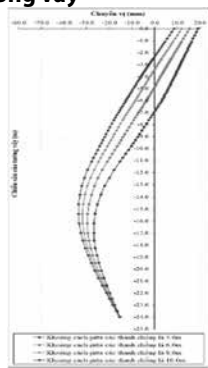
Hình 22. Chiều sâu tường vây -50.0m

Khi chiều sâu tường vây nằm trong khoảng từ -30m đến -50m, tương đương chiều dài tường vây $L \geq 1.9 \times H$, theo **Hình 17** đến **Hình 22**, có thể thấy rằng việc thay đổi bề dày tường không ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị tại mũi tường vây mà sẽ ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị của tường vây tại cao trình lân cận đáy hố đào, khi tăng bề dày của tường sẽ làm giảm đáng kể giá trị chuyển vị ngang của tường vây tại cao trình đáy hố đào.

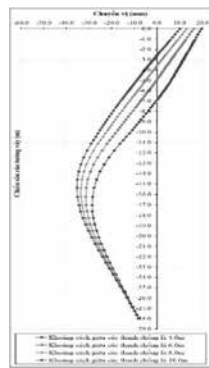
3.3. Ảnh hưởng của khoảng cách các thanh chống ngang đến chuyển vị của tường vây



Hình 23. Chiều sâu tường vây -20.0m

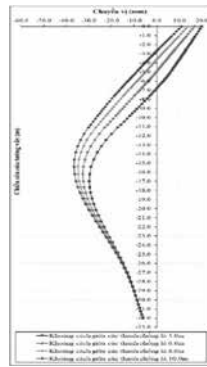


Hình 24. Chiều sâu tường vây -24.0m

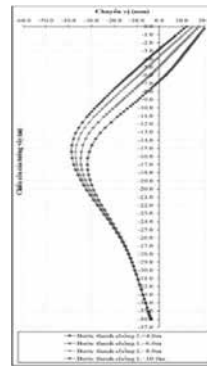


Hình 25. Chiều sâu tường vây -28.0m

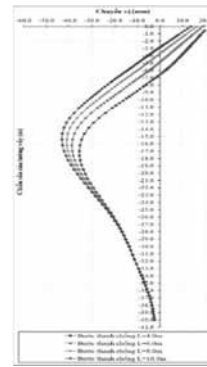
Trường hợp cố định bề dày tường vây là 0.6m, cố định lực kích trước trong các hệ chống, thay đổi khoảng cách các thanh chống ngang của hệ shoring và đồng thời thay đổi dẫn chiều sâu của tường vây, theo **Hình 23** đến **Hình 28**, kết quả cho thấy việc thay đổi khoảng cách các thanh chống ngang không ảnh hưởng nhiều đến ổn định và chuyển vị tại mũi tường, mà sẽ làm thay đổi độ cứng tổng thể của tường và làm thay đổi giá trị chuyển vị ngang của tường vây tại đáy hố đào rất đáng kể:



Hình 26. Chiều sâu tường vây -32.0m



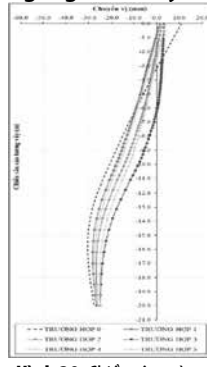
Hình 27. Chiều sâu tường vây -36.0m



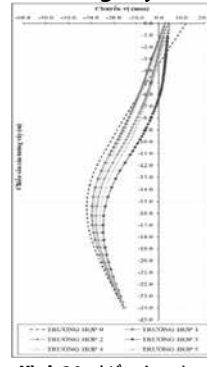
Hình 28. Chiều sâu tường vây -40.0m

Khi giảm khoảng cách các thanh chống ngang từ 8.0m thành 6.0m sẽ làm giảm chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 6%. Khi giảm khoảng cách các thanh chống ngang từ 8.0m thành 4.0m sẽ làm giảm chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 12%. Khi tăng khoảng cách các thanh chống ngang từ 8.0m thành 10.0m sẽ làm tăng chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 5%.

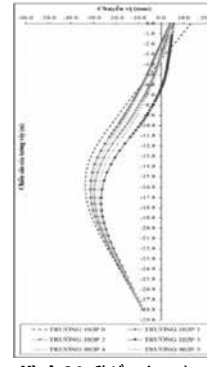
3.4. Ảnh hưởng của lực kích trước trong các hệ chống ngang đến chuyển vị của tường vây



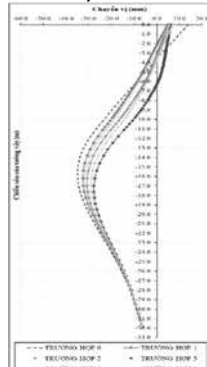
Hình 29. Chiều sâu tường vây -20.0m



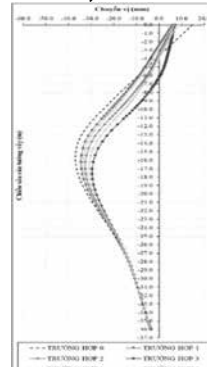
Hình 30. Chiều sâu tường vây -24.0m



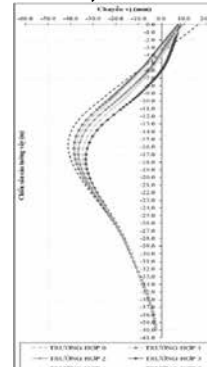
Hình 31. Chiều sâu tường vây -28.0m



Hình 32. Chiều sâu tường vây -32.0m



Hình 33. Chiều sâu tường vây -36.0m



Hình 34. Chiều sâu tường vây -40.0m

Trường hợp cố định bề dày tường vây là 0.6m, cố định khoảng cách các thanh chống ngang là 8.0m, thay đổi lực kích trước trong các hệ chống ngang **S1**, **S2**, **S3** và đồng thời thay đổi dẫn chiều sâu của tường vây, theo **Hình 29** đến **Hình 34**, kết quả cho thấy việc thay đổi lực kích trước trong các hệ chống ngang **S1**, **S2**, **S3** không ảnh hưởng nhiều đến ổn định và chuyển vị tại mũi tường, mà sẽ làm thay đổi độ cứng tổng thể của tường và làm thay đổi giá trị chuyển vị ngang của tường vây tại đáy hố đào và tại đỉnh hố đào rất đáng kể như sau:

Khi giảm lực kích trước trong hệ chống ngang **S1** (tại đỉnh tường) sẽ làm giảm giá trị chuyển vị dương tại đỉnh tường vây.

Trường hợp không áp lực kích trước trong hệ chống **S1** và đồng thời tăng lực kích trước trong hệ chống **S2, S3** lên 1.5 lần sẽ làm giảm chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 7.0%.

Trường hợp không áp lực kích trước trong hệ chống **S1** và đồng thời tăng lực kích trước trong hệ chống **S2, S3** lên 2.0 lần sẽ làm giảm chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 12%.

Trường hợp không áp lực kích trước trong hệ chống **S1** và đồng thời tăng lực kích trước trong hệ chống **S2, S3** lên 3.0 lần sẽ làm giảm chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 18%.

Không áp lực kích trong hệ chống **S1**, áp lực kích trước trong hệ chống **S2** và đồng thời tăng lực kích trước trong hệ chống **S3** lên 2.0 lần sẽ làm giảm chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 10%.

Không áp lực kích trong hệ chống **S1**, tăng lực kích trước trong hệ chống **S2** lên 2.0 và tăng lực kích trước trong hệ chống **S3** lên 3.0 lần sẽ làm giảm chuyển vị tường vây tương ứng khoảng 17%.

Các kết quả trên phù hợp với kết quả nghiên cứu của tác giả Di và cộng sự (2023), Hwang và Wong (2018a), cho rằng lực dọc trục trong thanh chống ảnh hưởng đáng kể đến chuyển vị tường vây.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu ứng dụng phương pháp phần tử hữu hạn, sử dụng chương trình Plaxis 2D, đánh giá các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu thi công theo biện pháp Bottom-up tại khu vực quận Tân Bình, Thành phố Hồ Chí Minh, dựa trên các kết quả nghiên cứu, một số kết luận được rút ra như sau:

Việc tăng chiều sâu của tường vây sẽ ứng xử rất nhạy với ổn định của mũi tường. Khi tăng chiều sâu tường vây sẽ làm giảm chuyển vị ngang của tường rất đáng kể, tuy nhiên khi tăng chiều sâu của tường vây đến một giá trị nhất định, chuyển vị của tường vây đã giảm đến giá trị tối ưu nhất, lúc này việc tiếp tục tăng thêm chiều sâu của tường sẽ không còn có tác dụng làm giảm chuyển vị của tường vây. Khi chiều sâu tường vây đã đủ dài và đồng thời mũi tường đã nằm trong tầng lớp đất sét cứng, khi đó việc tăng thêm chiều sâu sẽ không ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị của tường vây.

Khi ($L < 1.3 \times H$), tường vây dễ bị xoay, làm tăng chuyển vị tại mũi tường và gây mất ổn định mũi tường vây khi tăng bề dày của tường. Khi ($1.3 \times H \leq L < 1.9 \times H$), việc tăng bề dày tường sẽ làm giảm chuyển vị của tường vây tại đáy hố đào và đồng thời làm giảm chuyển vị tại mũi tường. Khi ($L \geq 1.9 \times H$), việc tăng bề dày tường vây sẽ làm giảm chuyển vị ngang tại đáy hố đào, nhưng không còn ảnh hưởng nhiều đến chuyển vị tại mũi tường vây.

Trường hợp thay đổi khoảng cách các thanh chống ngang của hệ shoring không ảnh hưởng nhiều đến ổn định và chuyển vị tại mũi tường, việc giảm khoảng cách các thanh chống ngang sẽ làm tăng độ cứng tổng thể của tường và làm giảm đáng kể giá trị chuyển vị ngang của tường vây tại cao trình lân cận đáy hố đào.

Trường hợp thay đổi lực kích trước trong các hệ chống ngang **S1, S2, S3** không ảnh hưởng nhiều đến ổn định và chuyển vị tại mũi tường, khi tăng lực kích trước trong các hệ chống ngang **S2, S3**, sẽ làm tăng độ cứng tổng thể của tường và làm giảm đáng kể giá trị chuyển vị ngang của tường vây tại cao trình lân cận đáy hố đào.

Với phạm vi nghiên cứu của đề tài hạn chế tại hố đào thi công của công trình Etown 5 và giới hạn về dữ liệu địa chất sử dụng trong nghiên cứu chưa đủ lớn, gọn trong phạm vi công trình Etown 5, quận Tân Bình, TP.HCM. Cần thiết thực hiện thêm các nghiên cứu tại khu vực lân cận, sử dụng nguồn dữ liệu địa chất

rộng hơn để đánh giá tổng quan hơn về các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu.

Lời cảm ơn

Nhóm tác giả xin cảm ơn đơn vị Chủ đầu tư, Ban Quản lý Dự án Etown 5 và Tổng thầu thiết kế và thi công dự án, đã hỗ trợ và cung cấp các tài liệu liên quan, phục vụ nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Tổng hợp - NAGECCO, Báo cáo khảo sát địa kỹ thuật - Cao ốc văn phòng cho thuê khu E-Etown, 2016.
- [2] Công ty Cổ phần Xây dựng Central, Hồ sơ thiết kế biện pháp thi công - Cao ốc Văn phòng Etown 5, 2018.
- [3] Goh, Assessment of basal stability for braced excavation systems using the finite element method, Computers and Geotechnics 10, 1990, pp. 325-338.
- [4] Honggui Di, Yuyin Jin, Shunhua Zhou, Xiaohui Zhang, Di Wu, & Huiji Guo, Experimental study on the adjustments of servo steel struts in deep excavations, Acta Geotechnica, 2023.
- [5] I. H. Wong, T. Y. Poh, & H. L. Chuah, Analysis of case histories from construction of the Central Expressway in Singapore, Canadian Geotechnical Journal, 1996, Vol. 33, pp. 732-746.
- [6] L. S. Bryson and D. G. Zapata-Medina, Wall installation effects of excavation support systems, Conference Paper, July 2007.
- [7] Lings, ML., Nash, DFT., Ng, CWW., & Boyce, MD., Observed behaviour of a deep excavation in gault clay: A preliminary appraisal, In Tenth European Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Florence, 1991, Vol. 2, pp. 467-470.
- [8] Muhammad Hafizuddin Hamzah, Aizat Mohd Taib, Suraya Sharil, Ahmad Bukhari Ramli, & Dayang Zulaika Abang Hasbollah, The stability of diaphragm wall for deep excavation, International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, 2019, Vol.8, No.1.6, pp.303-309.
- [9] Peng-fer Chen, Xiao-nan Gong, The influence of the parameters of the diaphragm wall on the deformation of the excavation, E3S Web of Conferences 198, 2020.
- [10] R. N. Hwang and L. W. Wong, Effects of preloading of struts on retaining structures in deep excavations, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, 2018, Vol. 49, No. 2, pp. 104-114.
- [11] R. N. Hwang and L. W. Wong, Evaluation of performance of walls in deep excavations using wall deflection paths, Springer Series in Geomechanics and Geoengineering, 2018, pp. 978-981.
- [12] Tạ Quốc Hùng, Đặng Đỗ Bảo Sang, & Trần Thanh Danh, 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, Tạp chí Xây dựng số 11/2021, tr. 45-51.
- [13] Tewodros Fekadu, Analysis and parametric study of deep excavation with diaphragm wall using finite element based software, A thesis of Masters of Science in Civil Engineering, 2010.
- [14] Toru Masuda, Herbert H. Einstein, & Toshiyuki Mitachi, Prediction of lateral deflection of diaphragm wall in deep excavations, Journal of Geotechnical Engineering, 1994, No. 505, pp.19-29.
- [15] W. Hidayat, Horizontal wall movement and ground surface settlement analysis of braced excavation based on support spacing, Universitas Kadiri Riset Teknik Sipil, 2021, Vol. 5, No. 2, pp. 158-173.
- [16] Zaw Zaw Aye, Thayanan Boonyarak, Sereyroath Chea, Chanraksmei Roth, & Nuthapon Thasnanipan, Rigid diaphragm wall response to deep excavation works in Bangkok, SA02, SA06, 2020.