

Phân tích thực nghiệm chuyển vị ngang tường vây bê tông cốt thép tầng hầm nhà cao tầng, thi công theo phương pháp Top-Down

Experimental Analysis of Lateral Displacement of Reinforced Concrete Diaphragm Wall in High-Rise Buildings Constructed Using the Top-Down Method

> TS NGUYỄN NGỌC THẮNG

Bộ môn XDDD và CN, Trường Đại học Thủy lợi, Email: thangnn@tlu.edu.vn

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, tác giả trình bày phân tích, đánh giá kết quả thực nghiệm đo chuyển vị ngang của tường vây bằng phương pháp đo nghiêng Inclinometer xác định chuyển vị của tường vây tại dự án chung cư B7 - BID Kim Liên, phường Kim Liên, quận Đống Đa, Hà Nội. Kết quả thực nghiệm được phân tích và so sánh với mô phỏng số bằng phần mềm Plaxis 3D có sử dụng mô hình toán Hardening Soil. Kết quả tính toán cho thấy khá phù hợp với số liệu quan trắc đo được nên có thể sử dụng để phân tích đánh giá ảnh hưởng của độ cứng sàn tới chuyển vị của tường vây bê tông cốt thép thi công theo phương pháp Top-Down.

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

ABSTRACT

In this study, the analysis and evaluation of the experimental results measuring the lateral displacement of diaphragm walls using the Inclinometer method to determine the displacement of the retaining walls in the B7 - BID Kim Lien apartment project, Dong Da District, Hanoi. The experimental results are analyzed and compared with numerical simulations using Plaxis 3D software with the Hardening Soil mathematical model. The calculation results show a reasonable correlation with the observed data, indicating that we can be used to analyze and assess the impact of floor stiffness on the displacement of reinforced concrete diaphragm walls constructed using the Top-Down method.

Keywords: Top-Down; diaphragm wall; Plaxis 3D; wall thickness.

1. TỔNG QUAN VỀ TƯỜNG VÂY BÊ TÔNG CỐT THÉP THEO CÔNG NGHỆ THI CÔNG TOP-DOWN

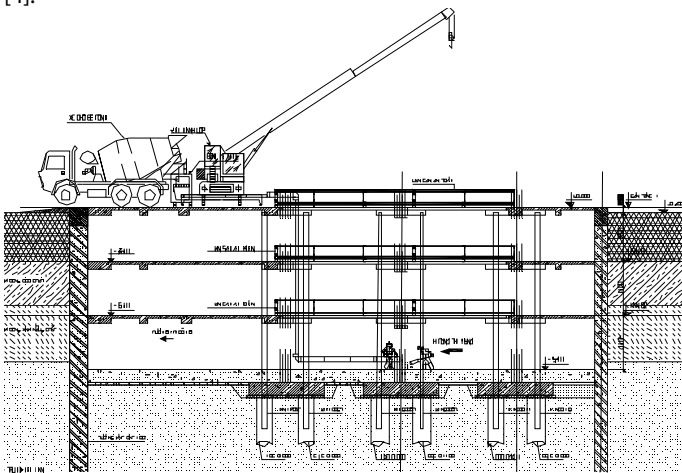
Thi công Top - Down là công nghệ thi công phần ngầm của công trình nhà theo phương pháp từ trên xuống dưới đã trở nên khá phổ biến ở nước ta từ những năm 2000 cho đến nay. Mặc dù nhiều công trình với nhiều tầng hầm ở độ sâu lớn đã được xây dựng từ trước đó khá lâu trên thế giới cũng như gần đây tại Việt Nam theo công nghệ này; nhưng do mức độ khó khăn, phức tạp, ẩn chứa nhiều rủi ro của nền đất nên việc thi công tầng hầm công trình cũng đã xảy ra không ít sự cố, tai nạn, ảnh hưởng đến sự ổn định tổng thể kết cấu công trình. 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]. Để giữ ổn định vách hố đào sâu tầng hầm công trình, giải pháp tường vây bê tông cốt thép hay còn gọi là tường Barret đang được trở nên phổ biến với nhiều ưu điểm vượt trội, đặc biệt phù hợp thi công theo công nghệ thi công Top-down. Tuy vậy đi kèm với việc áp dụng phổ biến là yêu cầu về việc tính toán thiết kế đòi hỏi sự chính xác và mức độ an toàn cao, kiểm soát chặt chẽ biến dạng và chuyển vị ngang của tường. 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 [2].



Hình 1. Thi công tầng hầm nhà cao tầng bằng công nghệ Top-Down [3, 4]

Trong công nghệ thi công Top-Down [3, 4], trình tự thi công các tầng hầm được thực hiện gồm thi công phần tường vây (tường barrette) quanh chu vi công trình, sau này tường vây sử dụng làm tường bao của toàn bộ các tầng hầm) và thi công hệ cọc khoan

nhồi (nằm dưới chân các móng cột) bên trong mặt bằng nhà. Tường vây thi công tương tự công nghệ thi công cọc nhồi bê tông tới cao độ nền tầng 1, các cọc khoan nhồi thi công tới ngang cao độ móng (không tính phần bê tông đầu cọc nhồi sẽ tẩy bỏ). Phần trên, ngay bên dưới móng của các cọc khoan nhồi được đặt sẵn các cốt thép bằng thép hình, chờ dài lên trên tới cao độ nền tầng 1 để làm trụ đỡ (cột biện pháp kingspot) cho các tầng nhà hình thành trong quá trình đào đất, được tính toán để chịu toàn bộ tải trọng trước khi thi công xong phần ngầm (bao gồm các tầng hầm và tải trọng từ một số hữu hạn các tầng thuộc phần thân dự kiến thi công trước). Nền tầng 1 được thi công trực tiếp trên mặt đất nền, nền được sử dụng để làm khuôn hoặc một phần của khuôn đúc dầm và sàn bê tông cốt thép tại cao độ đó. Khi thi công bê tông sàn nền tầng 1 để chừa lại phần sàn lấy lối đào đất và đưa đất lên khi thi công tầng hầm, thường sử dụng vị trí lối chừa thang bộ lên xuống tầng ngầm, thang máy, vị trí thông tầng. Sàn được liên kết với các cột thép hình làm trụ đỡ chờ sẵn và liên kết biên với gối đỡ chịu lực là hệ tường vây đã thi công trước. Sau khi bê tông dầm, sàn tại cao độ nền tầng 1 đạt cường độ để tiến hành tháo ván khuôn và thực hiện đào đất thông qua các lỗ chờ sàn đã định sẵn đến hết cao độ sàn hầm 1. Tiến hành thi công bê tông sàn tầng hầm ngay trên mặt đất vừa đào tương tự thi công như sàn tại cốt tầng 1, rồi tiến hành lắp ghép cốt thép cột tầng hầm, lắp khuôn cột tầng hầm. Các bước đào đất, thi công bê tông cốt thép các tầng hầm sau thực hiện tương tự cho đến cao độ tầng móng. Tại tầng hầm cuối cùng tiến hành thi công cùng với kết cấu móng và đài móng [4].



Hình 2. Minh họa bước thi công đào đất và thi công dầm sàn tầng hầm 3 cùng móng theo công nghệ Top-Down [5]

Theo đặc điểm của công nghệ Top-Down như mô tả trên đây, kết cấu sàn được mô hình hóa dưới liên kết cứng vào tường vây bê tông cốt thép, hình thành gối tựa cứng ngăn cản chuyển vị ngang của tường. Tuy nhiên độ cứng của các gối tựa này là hữu hạn, phụ thuộc vào độ cứng bản thân tường vây (tức là phụ thuộc vào chiều dày của tường), chuyển vị ngang của tường trong giai đoạn thi công và độ cứng ngang của sàn tầng hầm (thông số này do chiều dày của sàn và diện tích, hình dạng lỗ mở sàn tương ứng quyết định). Do vậy để đánh giá chính xác nội lực và chuyển vị tổng thể của tường vây cần phân tích chuyển vị ngang của tường vây trong mỗi giai đoạn thi công từ trên xuống, đánh giá thông số độ cứng ngang sàn hầm để mô phỏng trong tính toán để so sánh với kết quả quan trắc thu được [6]. Võ Phan và Ngô Đức Trung [7] 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

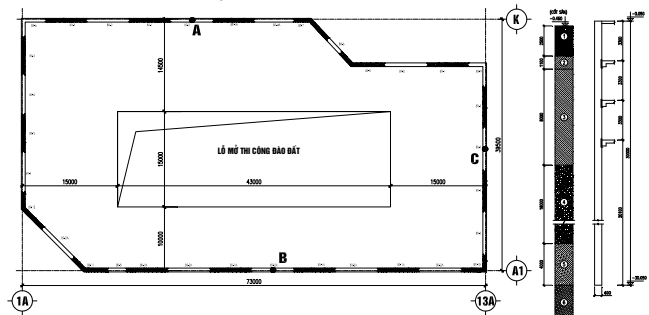
Thị Nghè, TP.HCM. Phân tích được thực hiện với sự hỗ trợ của phần mềm Plaxis 2D trên hai mô hình nền là Morh Coulomb và Hardening Soil. So sánh với kết quả quan trắc, tác giả nhận xét mô hình Morh Coulomb cho kết quả phân tích chuyển vị ngang của tường lớn hơn so với mô hình Hardening Soil. Việc sử dụng phương pháp PTHH với mô hình Hardening Soil cho kết quả phù hợp với thực tế hơn khi sử dụng mô hình Morh Coulomb. N N Thang (2013) trong [8] đã sử dụng Plaxis 3D mô phỏng tính toán tường vây theo phương pháp phần tử hữu hạn bằng việc sử dụng mô hình nền Hardening Soil (HS) để khảo sát đánh giá lựa chọn chiều dày tường vây bê tông cốt thép. Kết quả tính toán nội lực và chuyển vị tường vây cho các trường hợp chiều dày tường vây khác nhau đã kiến nghị lựa chọn chiều dày tường vây theo số tầng hầm chiều sâu hố đào; đồng thời đánh giá biến thiên mômen trong tường khi độ cứng tường vây thay đổi.

Trong nghiên cứu của bài báo, tác giả trình bày phân tích đánh giá kết quả thực nghiệm đo chuyển vị ngang của tường vây bằng phương pháp đo nghiêng Inclinometer, tương tự như phương pháp trong [8, 9], để đo gián tiếp chuyển vị của tường vây thông qua chuyển vị của ống chuyên dụng tại dự án chung cư B7 - B10 Kim Liên, phường Kim Liên, quận Đống Đa, Hà Nội. Kết quả thực nghiệm được phân tích và so sánh với mô phỏng số bằng phần mềm Plaxis 3D.

2. KHẢO SÁT CHUYỂN VỊ TƯỜNG VÂY

2.1 Giới thiệu về công trình

Dự án chung cư B7 - B10 Kim Liên tại phố Phạm Ngọc Thạch, phường Kim Liên, quận Đống Đa, TP Hà Nội là dự án Chung cư tái định cư Kim Liên do UBND TP Hà Nội thí điểm, thực hiện chủ trương xây mới nhà chung cư cũ và xuống cấp trong khu vực phường Kim Liên nhằm phục vụ nhu cầu cải thiện môi trường sống của dân cư tại đây và đồng thời là biện pháp tăng quỹ nhà ở. Dự án thực hiện xây dựng đồng bộ và hoàn chỉnh hệ thống cơ sở hạ tầng kỹ thuật bên ngoài khu vực nhà chung cư gồm sân đường nội bộ, hệ thống cấp điện, cấp thoát nước, chiếu sáng ngoài nhà, hệ thống phòng cháy chữa cháy... đảm bảo phù hợp với hạ tầng theo quy hoạch của tòa nhà. Công năng nhà ở chung cư được thiết kế 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 12 tầng nổi, 03 tầng hầm với tổng độ sâu đào trung bình 9.35m, hố đào sâu nhất là -10.8m (vị trí đáy hố pit thang máy) so với mặt đất tự nhiên được sử dụng làm hầm để xe, phòng kỹ thuật. Cao độ sàn tầng hầm 1 là -2.85m, cao độ sàn hầm 2 là -6.15m, sàn hầm 3 là -9.45m.



Hình 3. Mặt bằng kết cấu tường vây và các vị trí quan trắc chuyển vị ngang tầng hầm (điểm A, B, C là trung điểm đoạn tường) tại Dự án chung cư B7 - B10 Kim Liên thi công theo công nghệ Top-Down

2.2 Quan trắc chuyển vị tường vây

Quan trắc chuyển vị của tường vây bằng phương pháp đo nghiêng, tương tự như phương pháp trong [8, 9], nguyên lý như

sau: Khi đo chuyển vị, thông qua đầu dò có các bánh xe trượt trên rãnh được thả xuống ống đã lắp đặt sẵn để vẽ lên 1 đồ thị quỹ đạo đường đi lần đầu tiên. Lấy đồ thị đầu tiên này làm mốc để so sánh với các lần đo sau này ở các chu kỳ đo. Chuyển vị sẽ được xác định ở trên tất cả các điểm của tường vây có đặt ống Inclinometer, số liệu thu thập qua phần mềm chuyên dụng, Phần mềm xử lý số liệu chuyển vị ngang có tên Inclinometer_SiteMaster là một trong những sản phẩm được công ty cổ phần thiết bị quan trắc Địa kỹ thuật và Môi trường Việt Nam mua bản quyền và phân phối tại Việt Nam hiện nay (minh họa Hình 4). Khi thi công tường vây, ống thép đường kính D110 được đặt sẵn vào trong tường vây và bịt kín đảm bảo không lẫn bê tông trong quá trình thi công. Khi tiến hành đo chuyển vị của tường sẽ lắp đặt bổ sung một ống chuyên dụng (có các rãnh trượt) vào trong ống thép và lắp chặt vừa vào phía ngoài ống nhằm cố định các ống với tường vây. Như vậy, chuyển vị tường vây được xác định thông qua chuyển vị của ống.



Hình 4. Thiết bị Inclinometer và lắp đặt đo chuyển vị ngang của tường vây

2.3 Mô phỏng bài toán bằng Plaxis 3D

Công trình sử dụng phương pháp thi công Top – Down, tường vây Bê tông cốt thép có chiều dày 0.6m, sâu 30m tựa vào lớp đất 5. Điều kiện địa chất công trình tính từ mặt đất nền hiện hữu đến độ sâu khảo sát, địa tầng cơ bản gồm 6 lớp, chiều dày lấy trung bình, thể hiện trong Bảng số 1; Các thông số tường vây được liệt kê trong Bảng 2 và Bảng 3 chi tiết các số liệu 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.

Trình tự thi công công trình theo phương pháp Top – Down 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 -2.85m; Giai đoạn 4: Thi công sàn hầm 1 (-2.85m); Giai đoạn 5: Đào đất đến độ sâu -6.15m; Giai đoạn 6: Thi công sàn hầm 2 (-6.15m); Giai đoạn 7: Đào đất đến sàn hầm 3 (-9.45m) độ sâu -9.45m và Đào đất đến độ sâu -10.8m (vị trí hố thang máy); Giai đoạn 8: giai đoạn đào đất cục bộ, lắp hệ chống khu vực hố thang máy và thi công đào đất (-10.8m), minh họa mô phỏng trong Plaxis ở hình vẽ 5.

Bảng 1. Thông số địa chất tại vị trí xây dựng công trình

Lớp	Mô tả	Trạng thái	Độ sâu m	Chiều dày m	N _{SPT}	K
1	Lớp đất đắp: Bê tông, cát, đá	-	2.5	2.5	0	1000
2	Cát sét, nâu đỏ, chặt vừa	chặt vừa	3.6	1.1	6	1100
3	Cát bụi, màu vàng, chặt vừa	chặt vừa	11.6	8.0	12	2500
4	Cát sét, cát bụi, hồng vàng	chặt vừa	24.8	13.2	20	3000
5	Cát bụi, hồng vàng nâu, chặt vừa	chặt vừa	28.8	4.0	22	3200
6	Cát sét, cát bụi, lẫn sạn sỏi	chặt	37.6	8.8	25	4200

Bảng 2. Thông số tường vây bê tông cốt thép

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)

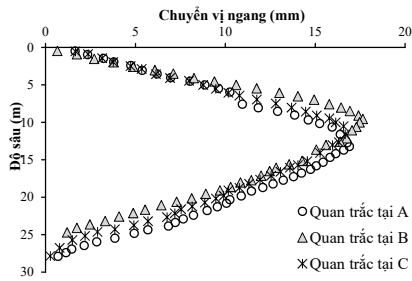
Mô hình	Lớp đất	2	3	4	5	6
Mô hình Hardening Soil (HS)	Ứng xử	Drained	Drained	Drained	Drained	Drained
	γ _{unsat} (kN/m ³)	20.2	20.9	20.6	20.3	26.4
	γ _{sat} (kN/m ³)	20.6	21.3	21	21.1	27.9
	k _x , k _y (m/day)	3.45x10 ⁻⁵	2.45x10 ⁻⁵	5.79x10 ⁻⁵	4.94x10 ⁻⁵	5.48x10 ⁻⁵
	E _{oed} ^{ref} (kPa)	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}	E ₅₀ ^{ref}
	E ₅₀ (kPa)	1000 × N	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}
	c' (kPa)	1	1.11	4.0	11.2	17.2
	φ' (°)	30	28	34.9	31.4	34.2



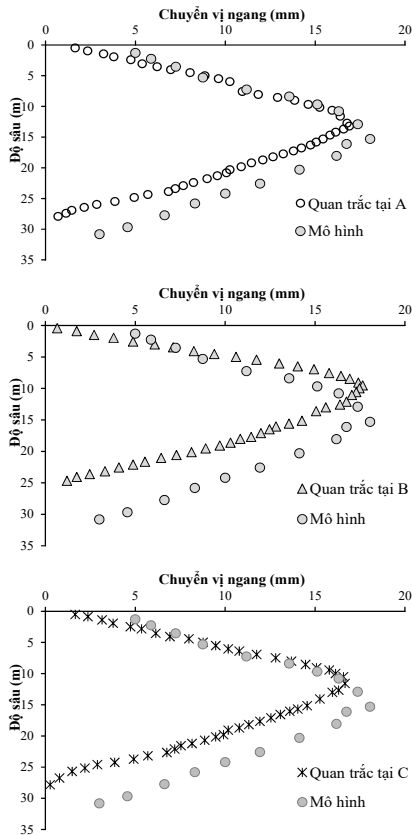
Hình 5. Mô hình tính toán tường vây Bê tông cốt thép bằng Plaxis

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN VÀ NHẬN XÉT

Hình 6 dưới đây biểu diễn tổng hợp sự phân bố chuyển vị ngang của tường vây theo cao độ cho tương ứng tại các điểm quan trắc A, B, C tương ứng. Biểu đồ hình 6 cho thấy sự biến thiên chuyển vị ngang ở thân tường là khá đồng đều tại các điểm đo khác nhau, chuyển vị ở hai đầu tường khá nhỏ và đều cùng đạt giá trị lớn nhất ở độ sâu tương ứng xấp xỉ 12,5m (tương ứng cao độ đáy tầng hầm 3). Biến thiên chuyển vị của tường thay đổi có thể lý giải rằng do ảnh hưởng của độ cứng tường vây tại các điểm quan trắc là không giống nhau, tường vây có chiều dài lớn hơn, độ cứng đơn vị của tường là bé hơn và khi độ cứng thay đổi ở các mức khác nhau giá trị chuyển vị ngang là lớn hơn. Tuy vậy sự thay đổi khá nhỏ, tương ứng đạt giá trị cực đại 16.2mm, 17.7mm và 17.55mm khi chuyển từ điểm A sang B và C.



Hình 6. Biểu đồ chuyển vị ngang tường vây theo số liệu quan trắc tại A, B, C



Hình 7. Biểu đồ chuyển vị ngang tường vây theo tính toán và số liệu quan trắc tại A, B, C

Biểu đồ hình 7 cho thấy kết quả đo thực tế với giá trị khảo sát chuyển vị tường vây bằng mô phỏng số trong Plaxis tại tương ứng các điểm quan trắc. Ở đây sự sai khác thấy được chuyển vị ngang trong quan trắc nhỏ hơn so với tính toán, phản ánh thông số mô phỏng độ cứng bằng phần mềm bé hơn so với độ cứng thực tế của tường vây, sự làm việc thực tế có ảnh hưởng của độ cứng không gian. Bảng 4 tổng hợp chênh lệch giữa kết quả quan trắc và số liệu tính toán. Từ số liệu cũng cho thấy chênh lệch này lớn nhất là 9.37%, thiên về trị số an toàn nên có thể sử dụng mô hình số để đánh giá chuyển vị ngang của tường vây bê tông cốt thép.

Bảng 4. Kết quả tính toán chuyển vị tường vây tại các điểm tương ứng

Độ sâu (m)	Điểm A			Điểm B			Điểm C		
	Mô hình tính	Số liệu đo	Độ lệch (%)	Mô hình tính	Số liệu đo	Độ lệch (%)	Mô hình tính	Số liệu đo	Độ lệch (%)
-3.3	8.82	6.2	29.7	6.33	6.5	-2.3	9.01	6.81	24.4
-6.9	13.61	10.9	15.3	14.70	13.2	9.79	13.83	11.8	14.6
-12.5	18.17	16.2	9.37	18.39	17.7	3.32	18.69	17.55	6.1

Mặt khác lý giải cho sự khác nhau giữa kết quả quan trắc chuyển vị ngang tại các điểm đo A, B, C ngoài độ cứng đơn vị của tường còn do ảnh hưởng của độ cứng gối đỡ sàn. Trong mặt bằng kết cấu tường vây và lỗ mở sàn thể hiện ở hình vẽ 3 cho thấy kích thước ô sàn tại các điểm quan trắc là không giống nhau nên độ cứng là khác nhau. Để khảo sát ảnh hưởng độ cứng gối đỡ do kích thước lỗ mở sàn tới chuyển vị ngang của tường vây, tiến hành khảo sát bài toán với các thông số EA khác nhau trong các trị số giảm 1.2; 1.3 và 1.4 tương ứng tại A, B, C với cùng thông số địa chất và điều kiện tải trọng, trình tự thi công tương tự nhau. Kết quả số liệu chuyển vị ngang của tường vây được tổng hợp thể hiện trong bảng 6.

4. 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 khá phù hợp khi phân tích chuyển vị ngang của tường. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra trị số thực nghiệm đo được tại các điểm đo có độ cứng đơn vị tường vây khác nhau và kích thước lỗ mở sàn khác nhau là khác nhau, độ cứng lớn, chuyển vị tương ứng sẽ bé hơn nhưng biến thiên chuyển vị ngang là khá nhỏ. Các trị số thực nghiệm thu được chênh lệch với kết quả tính toán từ mô hình theo phương pháp phần tử hữu hạn là từ 3.32% đến 9.37% nhưng đều thiên về bé hơn nên phân tích bằng Plaxis là có cơ sở và độ an toàn khi chọn chiều dày tường vây dựa theo yêu cầu về chuyển vị ngang. Bên cạnh đó, độ cứng gối đỡ sàn cũng ảnh hưởng tới trị số chuyển vị ngang tương ứng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] 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.
- [2] Đỗ Đình Đức (2002), "Thi công hố đào cho tầng hầm nhà cao tầng trong đô thị Việt Nam". Trường Đại học Kiến trúc Hà Nội, Hà Nội.
- [3] Nguyễn Bá Kế (2002), "Thiết kế và thi công hố móng sâu", Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [4] https://vi.wikipedia.org/wiki/C%C3%B4ng_ngh%E1%BB%87_thi_c%C3%B4ng_Top-Down.
- [5] Nguyễn Văn Quảng, 2010, Nền móng và tầng hầm nhà cao tầng, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội.
- [6] 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.
- [7] Võ Phán, Ngô Đức Trung (2015), "Phân tích chuyển vị tường chắn ổn định hố đào sâu", Tạp chí Xây dựng, Hà Nội.
- [8] Nguyễn Ngọc Thắng, Thịnh Văn Thanh (2023), "Ứng Dụng Mô Hình Nền Hardening Soil Và Mohr Coulomb Trong Plaxis 3d Mô Phỏng Tính Toán Chuyển Vị Tường Vây", Tạp chí Khoa học và công nghệ xây dựng IBST, số 7/ 2023.
- [9] Nguyễn Ngọc Thắng, (2023), "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", Tạp chí Xây dựng, số 4 năm 2023, Hà Nội.