

Nghiên cứu mô phỏng chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu cho công trình xây dựng tại thành phố Vĩnh Long

Horizontal displacement of deep excavation diaphragm wall for construction project in Vinh Long city

Lâm Hoàng Khang^{1,*}

¹ Công ty TNHH T&T Land Phước Thọ

* Email: Lamhoangkhang2601@gmail.com

■ Nhận bài: 04/07/2024 ■ Sửa bài: 08/08/2024 ■ Duyệt đăng: 10/09/2024

TÓM TẮT

Các sự cố xảy ra do ảnh hưởng khi thi công hố đào sâu của các công trình, đặc biệt là chuyển vị ngang của tường vây gây mất ổn định cho các công trình lân cận dẫn đến có thể bị sụp đổ. Bài báo này tác giả nghiên cứu chuyển vị ngang của tường vây hố đào sâu cho công trình xây dựng tại Vĩnh Long bằng phần mềm Plaxis tại độ sâu đào -1.8m chịu ảnh hưởng của nhà lân cận 1 tầng trong hai trường hợp không và có xét cố kết đất nền.

Từ khóa: sự cố, chuyển vị ngang, cố kết, plaxis, hố đào sâu.

ABSTRACT

The occurrence of incidents can be attributed to the effects of deep excavation in construction projects, particularly the horizontal displacement of the diaphragm wall. This displacement can result in instability for nearby structures, potentially leading to collapse. The author of this paper investigates the horizontal displacement of the diaphragm wall during deep excavation for construction in Vinh Long. The study focusses on the use of Plaxis software and analyses the effects of consolidation on a 1-storey house at an excavation depth of -1.8m.

Keywords: incidents, horizontal displacement, consolidation, plaxis, deep excavation

1. GIỚI THIỆU

Tải trọng của các công trình lân cận tác dụng trong quá trình thi công đào tầng hầm cũng làm cho tường vây hố đào sâu có khuynh hướng chuyển vị vào bên trong, khi chuyển vị lớn sẽ gây ảnh hưởng nghiêm trọng. Các ảnh hưởng này có thể gây thiệt hại về tài sản và thậm chí là tính mạng của con người. Chính vì đã có khá nhiều sự cố xảy ra nên việc nghiên cứu về các vấn đề trong công trình xây dựng phần ngầm và các biện pháp phòng ngừa sự cố đã thu hút sự quan tâm của nhiều chuyên gia và nhà nghiên cứu hàng đầu trong lĩnh vực xây dựng.

Trong đó, không thể không nhắc đến các tác giả như: Ké, N. B. [1] đã giới thiệu và phân tích các nguyên nhân các sự cố hố đào sâu và đưa ra nhiều phương pháp xử lý sự cố khi thi

công hố đào sâu.

Một số phương pháp thực nghiệm tiêu biểu được đề xuất để dự đoán dịch chuyển do hố đào gây ra, bao gồm phương pháp của Peck (1969) [2], Lambe (1970) [3], O'Rourke (1981) [4]. Việt, L. H. (2013) [5] trình bày kết quả nghiên cứu tính toán ổn định và chuyển vị của tường vây liên tục bằng bê tông cốt thép, cũng như chuyển vị của nền đất xung quanh công trình hố đào sâu trong quá trình thi công. Phương pháp tính toán sử dụng phần tử hữu hạn (phần mềm Plaxis) và kết quả dự báo được kiểm chứng bằng số liệu đo đạc và quan trắc thực tế tại một công trình ở thành phố Hồ Chí Minh. Bài báo cũng đề cập đến ưu và nhược điểm của việc sử dụng tường vây liên tục bằng bê tông cốt thép trong các công trình hố đào sâu trên nền đất sét yếu bão hoà nước.

Quý, L. N. và Hạnh, T. T. M. (2023) [6] đánh giá khả năng mất ổn định của đáy hố đào sâu do sự thay đổi trạng thái ứng suất ban đầu và áp lực nước gây phá hoại. Các kết quả tính toán bằng các phương pháp cơ học kết hợp với việc mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D được sử dụng để phân tích, so sánh và tìm ra chiều sâu thích hợp của hố đào trong điều kiện tầng chứa nước có áp đảm bảo điều kiện ổn định. Kết quả tính toán và phân tích so sánh

cho thấy độ sâu đào tối đa của đáy hố đào trong trường hợp bài toán cụ thể là 5,4 m, phù hợp với kết quả mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 2D không xét đến sức chống kéo của đất. Khi xét sức chống cắt của đất nền, độ sâu đào tối đa tính toán được là 7,1m là không an toàn do không xét đến ứng xử thực tế của đất nền.

Những nghiên cứu hiện trường về hố đào sâu:

Bảng 1: Những nghiên cứu hiện trường về hố đào sâu

Tác giả	Phạm vi nghiên cứu	Kết quả khám phá
Winter, Horvitz, Armour	Nghiên cứu và phân tích sự cải tiến và đổi mới trong việc sử dụng hệ neo ở Seattle	Nhấn mạnh ứng xử do quan trắc và các công cụ dự đoán để thiết kế hiệu quả, tiết kiệm chi phí.
Hashash, Marulanda, Ghaboussi, Jung (2003) [7]	Giới thiệu phương pháp mới rút ra mô hình cơ bản của ứng xử đất trực tiếp từ đo đạc hiện trường tại hố đào sâu.	Đề xuất sử dụng mô hình mạng lưới thích ứng lồng nhau (Nested Adaptive Neural Network) dựa trên mô hình đất cơ bản
Gue, Tan (2005)[8]	Giới thiệu hai trường hợp hố đào tầng hầm gây ra chuyển vị đất nền lân cận do việc hạ mực nước ngầm.	Đề xuất những biện pháp mới kiểm soát mực nước và ngăn chặn sự phá hoại thủy lực trong quá trình đào hầm.
Parkinson and Pham (2008).	Mô tả sự cố sập tường vây tại trạm bơm xử lý nước thải ở Thái Lan và đề xuất giải pháp khắc phục	Không tuân thủ nghiêm túc quy trình thi công đào đất đã thiết kế là nguyên nhân chính gây ra sập tường vây và một hệ tường vây khác được thi công để khắc phục sự cố với các thiết bị quan trắc thực hiện chi tiết.
Osouli, Hashash (2010).[9]	Nghiên cứu khả năng và giới hạn của phương pháp phân tích ngược phát triển hiện nay để dự đoán thi công hố đào sử dụng ứng xử của đất từ đáp ứng của hố đào có quan trắc.	Chứng minh rằng phương pháp phân tích ngược SeftSim hữu ích trong việc dự đoán hiệu quả thi công đào hố trong môi trường đô thị

Thành Phố Vĩnh Long có các công trình xây dựng tầng hầm như: Tòa nhà Viettel, tòa nhà Mobifone, Khách sạn Sài Gòn – Vĩnh Long , Trung tâm thương mại Vincom Plaza Vĩnh Long, Bệnh viện Đa khoa Vĩnh Long và một số công trình khác. Địa chất tại Thành phố Vĩnh Long yếu có lớp đất bùn sét xen kẹp cát pha lẫn hữu cơ màu xám ghi, xám xanh, xám nâu; trạng thái chảy đến chảy dẻo dày 28m có sức chịu tải bé $R=0.4\text{kG/cm}^2$, đất có tính nén lún lớn $a=0,321\text{ kG/cm}^2$; hệ số rỗng e lớn $e=1,888$; độ sệt lớn $B=1,15$; modun biến dạng bé $E=3,7\text{ kG/cm}^2$; khả năng chống cắt (C)

bé, khả năng thấm nước bé; hàm lượng nước trong đất cao, độ bão hòa nước $G=89.01\%$ ($G>80\%$) dung trọng bé. Qua đó cho thấy địa chất của Thành phố Vĩnh Long là loại đất yếu. Việc xây dựng công trình có hố đào sâu trên loại đất này sẽ đối mặt với nhiều thách thức và ảnh hưởng không nhỏ như: Nguy cơ lún, nghiêng, sụt nhà lân cận cao. Do đó, việc hiểu rõ về đặc tính của địa chất tại Thành phố Vĩnh Long và áp dụng các biện pháp phòng tránh và cải thiện là cực kỳ quan trọng để đảm bảo sự bền vững và an toàn cho các công trình xây dựng tại địa phương này.

Bảng 2: Thống kê một số công trình có tầng hầm ở Vĩnh Long

TT	Tên công trình	Quy mô công trình	Địa điểm công trình
1	Vincom Plaza Vĩnh Long	Tổng diện tích thương mại trên 8.000 m ² ; bao gồm 4 tầng nổi, 1 tầng hầm	Phường 4, TP Vĩnh Long, Tỉnh Vĩnh Long
2	Khách sạn Sài Gòn - Vĩnh Long	Tổng diện tích sàn xây dựng 12.109m ² , với 1 tầng bán hầm và 12 tầng nổi	Phường 1, TP.Vĩnh Long, Tỉnh Vĩnh Long
3	Văn phòng công ty Điện lực Vĩnh Long	Tổng diện tích sàn xây dựng là 5.500 m ² , bao gồm: 1 tầng hầm, 7 tầng lầu và 1 sân thượng	Phường 1, TP.Vĩnh Long Tỉnh Vĩnh Long
4	Dự án khu căn hộ và nhà ở cao cấp Trường An Riverside	Tổng diện tích sàn 02 khối nhà chung cư 35.520 m ² ; Số tầng: 11 tầng (10 tầng nổi, 01 tầng hầm); Chiều cao công trình 39,9 m.	Phường Trường An, TP. Vĩnh Long, Tỉnh Vĩnh Long
5	Trung tâm thương mại – dịch vụ TM4 thuộc dự án Khu dân cư Phước Thọ 1	Tổng diện tích sàn 6.160,1m ² ; chiều cao công trình 28.7m, Số tầng: 7 tầng nổi , 1 tầng tum mái và 2 tầng hầm	Phường 3, TP. Vĩnh Long, Tỉnh Vĩnh Long
6	Khách sạn TM1 thuộc dự án Khu dân cư Phước Thọ 2	Xây dựng trên khu đất có tổng diện tích 4544,1 m ² ; quy mô 10 tầng nổi và 1 tầng hầm	Khu dân cư Phước Thọ 2, Khóm 4, Phường 3, TP. Vĩnh Long, Tỉnh Vĩnh Long

Việc thi công hố móng sâu cho các công trình cao tầng tại Thành phố Vĩnh Long tiềm ẩn nhiều nguy cơ ảnh hưởng đến các công trình lân cận do sự thay đổi ứng suất - biến dạng và điều kiện địa chất thủy văn trong đất. Nếu không có biện pháp xử lý hiệu quả, những ảnh hưởng này có thể dẫn đến những hậu quả nghiêm trọng cho các công trình xung quanh.

Mặc dù trong một số trường hợp, việc chấp nhận thiệt hại nhẹ và sửa chữa sau đó cho các công trình lân cận vì lý do kinh tế có thể được cân nhắc, biện pháp tối ưu nhất vẫn là lựa chọn phương pháp thi công phù hợp nhằm hạn chế tối đa hoặc ngăn ngừa hoàn toàn nguy cơ hư hại cho các công trình xung quanh.

Cần lưu ý rằng sau khi hoàn thành công trình, ứng suất trong nền đất bên dưới sẽ tăng. Điều này có thể gây hại cho các công trình lân cận. Ma sát âm lên cọc có thể gây lún lệch cho công trình lân cận do sự thay đổi đáng kể ứng suất hiệu quả trong nền do áp lực đáy móng hoặc áp lực nước lỗ rỗng trên cao trình đáy móng cọc.

Do đó, việc lựa chọn giải pháp thi công phù hợp, tính toán kỹ lưỡng các biện pháp bảo

vệ và theo dõi thi công chặt chẽ là vô cùng quan trọng để đảm bảo an toàn cho các công trình lân cận khi thi công hố móng sâu tại Thành phố Vĩnh Long

Đôi khi vì điều kiện kinh tế, có thể chấp nhận các công trình lân cận bị hư hỏng nhẹ và sửa chữa sau đó. Tuy nhiên biện pháp tốt nhất vẫn là xem xét phương pháp thi công để tránh hư hỏng hoặc giảm thiểu ngăn ngừa chuyển dịch cho các công trình lân cận.

Vì vậy việc sơ lược về đất yếu khu vực thành phố Vĩnh Long, cho thấy rằng trong quá trình thi công hố đào sâu trong vùng địa chất yếu này cần phải xét tới ảnh hưởng bởi công trình hiện hữu lân cận đến chuyển vị ngang của tường vây hố đào.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Một số nguyên nhân gây ra sự cố:

Có rất nhiều nguyên nhân, đặc biệt là do ảnh hưởng của địa chất công trình và tường chắn giữ hố đào.

Sự cố xảy ra gần đây khi các công trình xây dựng đang thi công phần ngầm. Các nguyên nhân có thể bao gồm việc không tuân

thủ các quy định của Nhà nước, năng lực hành nghề không đầy đủ và các lỗi kỹ thuật như khảo sát không đầy đủ, đánh giá điều kiện địa chất không chính xác và chỉ tính toán kết cấu móng mà không tính toán kết cấu nền đất. Trong trường hợp một công trình bị chậm tiến độ, các bên liên quan có thể vi phạm các quy trình kỹ thuật và phải sử dụng các trang thiết bị, số liệu tính toán và chủng loại vật liệu không phù hợp. Điều này dẫn đến sự gia tăng và tích tụ các rủi ro xấu.

Khu ngoại giao đoàn Hà Nội đã thực hiện các công trình sau: Thiết kế cọc barrette không phù hợp với các lớp địa chất dưới móng vì số liệu khảo sát không đầy đủ. Do đó, các công trình cọc tháp trong khu vực này đều bị lún từ 50 đến 1m50. Ngoài ra, các công trình đợt II phải cắt tầng, từ tầng 5 đến tầng 3.

Các công trình có từ hai tầng hầm trở lên thường được thiết kế và thi công theo giải pháp: tường vây, kết cấu neo trong đất, cọc khoan nhồi, cọc barrette, xử lý gia cường mũi cọc và thân cọc barrette, cọc bê tông cốt thép đúc sẵn và thi công theo công nghệ Top-Down, sơ mi Top-Down.

Nghiên cứu tại các công trình có sự cố cho thấy hồ sơ khảo sát địa chất chưa đầy đủ và chính xác về điều kiện địa chất thực tế. Hồ sơ chỉ đề cập đến độ sâu mực nước ngầm xuất hiện và ổn định trong lỗ khoan. Do đó, sẽ có sai sót khi tính toán. Trong quá trình thiết kế bản vẽ thi công, các nhà thầu lập và tư vấn giám sát thường mắc sai lầm trong việc tính toán đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng đến công trình, chẳng hạn như kiến thức về bản chất kỹ thuật và thiết kế kết cấu nền móng trên nền đất yếu

Tư vấn thiết kế không thể lường trước được mức độ phức tạp và sự thay đổi trong quy định, vì vậy sau khi được phê duyệt, phần ngầm vẫn phải được thiết kế lại để phù hợp với quy định mới. Trong thực tế, trong nhiều trường hợp, chất lượng hiện trạng của nhà lân cận không được khảo sát trước khi xảy ra sự cố.

Nhà lân cận nằm trong vùng đất yếu, thường bị cung trượt do đào tầng hầm dài và sâu qua nhiều móng. Vì vậy, không chỉ nhà lân cận sát tường tầng hầm mà cả một dải nhiều nhà lân cận bị nghiêng lệch theo một hướng khi xảy ra sự cố.

Khi thi công tầng hầm do phải liên tục hút nước, nước ngấm lại quá nhiều, làm tăng ứng suất hiệu quả trong đất yếu, mà hậu quả cuối cùng là lún cổ kết, làm lún nứt công trình lân cận.

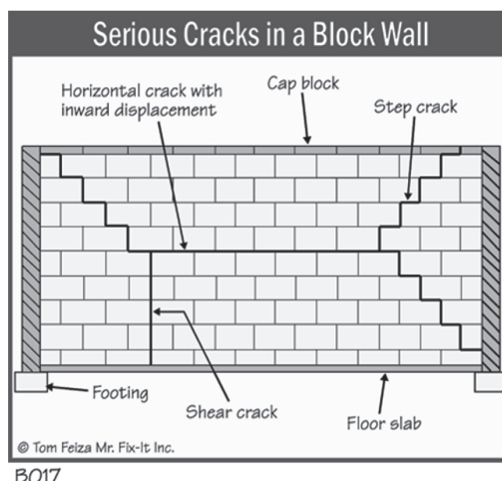
Khi đào hố móng sâu được thực hiện, sự phân bố ứng suất trong nền đất sẽ thay đổi, dẫn đến đất biến dạng, dẫn đến khả năng sụt lún. Mực nước ngầm cao cũng là một yếu tố gây nguy hiểm cho mất ổn định. Do đó, thiết kế các công trình chống đỡ đáy và vách hố móng là cần thiết khi tiến hành đào hố móng sâu. Các tình trạng giới hạn khác nhau có thể xảy ra khi áp lực đất và nước ngầm tương tác với hệ thống tường chắn và hệ thống chống đỡ vách. Điều quan trọng nhất khi thiết kế tường chắn và hệ thống chống đỡ vách hố móng là đảm bảo rằng giới hạn chịu tải không bị vượt quá. Điều này có thể dẫn đến vách và đáy hố móng mất ổn định và ảnh hưởng đến các công trình kế cận. Mất cân bằng lực, phá vỡ hệ thống chống đỡ và không kiểm soát được mực nước ngầm là những dấu hiệu chính của vượt quá giới hạn chịu tải.

2.2. Các giải pháp gia cố thành hố đào sâu:

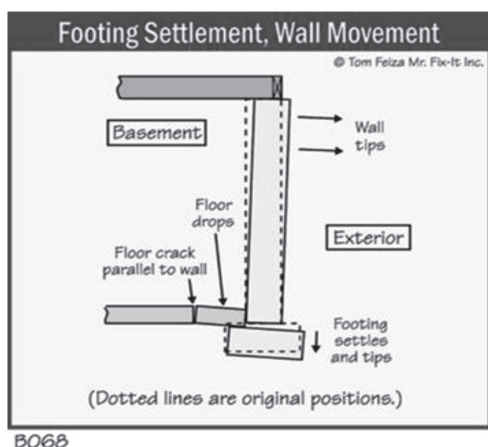
Có rất nhiều giải pháp gia cố thành hố đào khác nhau, về cơ bản có thể chia thành 03 nhóm giải pháp như sau:

- Nhóm thứ nhất: Đào mở
- Nhóm thứ hai: Gia cố thành hố đào.
- Nhóm thứ ba: Chống đỡ thành hố đào

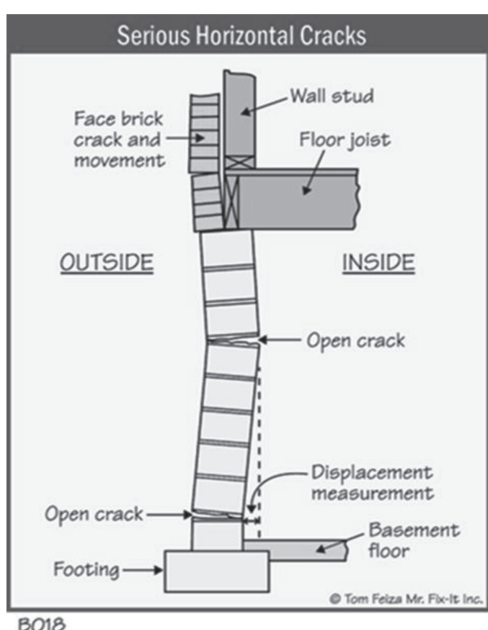
Một số hình ảnh về ảnh hưởng của chuyển vị ngang:



Hình 1. Vết nứt tường nguy hiểm



Hình 2. Vết nứt sàn tầng hầm

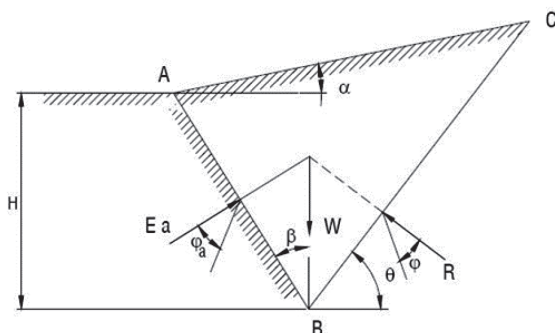


Hình 3. Vết nứt ngang

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích các yếu tố ảnh hưởng tới chuyển vị ngang công trình lân cận

a) Xác định áp lực đất chủ động của đất dính:



Hình 4. Áp lực đất bị động trong đất rời

Tổng áp lực đất bị động của đất rời tác dụng lên tường chắn trong trường hợp đặc biệt: mặt đất ngang, lưng tường thẳng đứng và tường hoàn toàn trơn láng:

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

b) Áp lực đất bị động trong đất dính

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right) + 2c.H.\tan \left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right)$$

c) Lý thuyết Rankine

$$\sigma_{1,3} = \frac{\sigma_x + \sigma_z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_z}{2} \right)^2 + \tau_{xz}^2}$$

3.2. Áp dụng tính bài toán tường vây theo phương pháp giải tích

a) Nguyên lý

Tải tác dụng vào kết cấu được bổ sung dần theo từng đợt. Do vậy nội lực và chuyển vị cũng được cộng bổ sung tuần tự theo các đợt bổ sung tải trọng:

+ Giai đoạn đào thứ nhất, với sơ đồ tính và tải trọng của giai đoạn này ta có nội lực và chuyển vị của tường vây ở giai đoạn này;

+ Giai đoạn đào thứ hai, là quá trình gia tải tiếp cho tường vây. Với sơ đồ tính và tải trọng (tải bổ sung) sinh ra ở giai đoạn đào thứ hai có nội lực và chuyển vị của tường vây ở giai đoạn hai chỉ do tải trọng bổ sung sinh ra. Tổng nội lực và chuyển vị của tường vây khi kết thúc đào giai đoạn đào thứ hai là nội lực và chuyển vị tính được ở giai đoạn đào thứ nhất cộng với nội lực và chuyển vị tính ở giai đoạn đào thứ hai (do tải sinh ra ở giai đoạn đào thứ hai)

+ Giai đoạn đào thứ ba, cũng là quá trình tiếp tục gia tải cho tường vây. Cũng như giai đoạn đào thứ hai, với sơ đồ tính và tải trọng (tải bổ sung) sinh ra ở giai đoạn đào thứ ba có nội lực và chuyển vị của tường vây ở giai đoạn đào thứ ba chỉ do tải trọng bổ sung sinh ra. Tổng nội lực và chuyển vị của tường vây khi kết thúc đào giai đoạn đào thứ ba là tổng nội lực và chuyển vị tính được ở giai đoạn đào

thứ nhất và thứ hai cộng với nội lực và chuyển vị tính ở giai đoạn đào thứ ba;

+ Cứ tiếp tục như vậy cho đến đáy đào cuối cùng. Lưu ý: Nội lực và chuyển vị ở giai đoạn nào chỉ tính với tải trọng (bổ sung) sinh ra ở giai đoạn đó.

b) Tải trọng tính toán

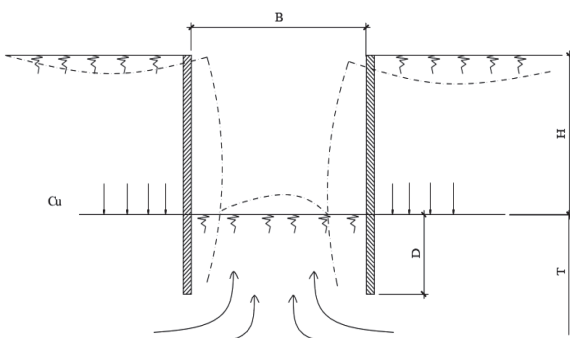
Gồm áp lực ngang thường xuyên p_t do trọng lượng đất và áp lực ngang thay đổi p_h do hoạt tải q trên mặt đất gây ra.

$$p_t = K_0 \sum y_j h_j \quad (2.22)$$

$$p_h = K_0 q \quad (2.23)$$

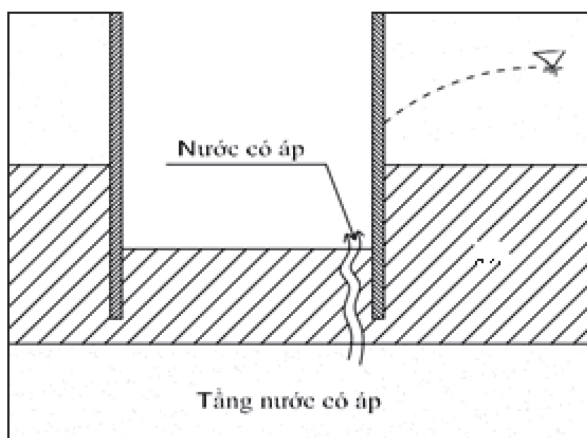
3.3. Tính toán và kiểm tra ổn định hố đào

Các dạng mất ổn định do biến dạng và chuyển vị của tường và đất xung quanh hố đào:



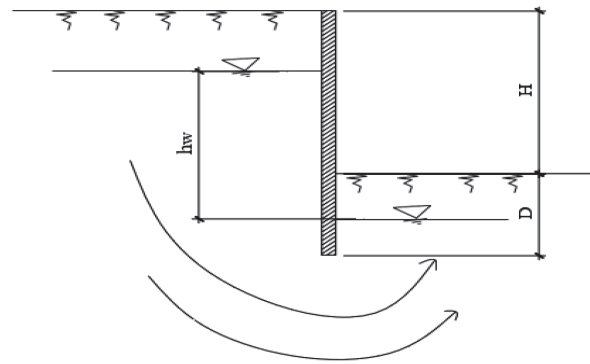
Hình 5. Chuyển vị của đất và biến dạng của tường chắn hố đào

Ảnh hưởng của nước ngầm:



Hình 6. Dòng chảy nước ngầm vào hố đào

Kiểm tra ổn định do tác động của nước ngầm:



Hình 7. Sơ đồ kiểm tra phun trào đáy hố của tường chắn

Kiểm tra ổn định do tác động của nước ngầm:

Bjerrum và Eide (1956) đã nghiên cứu hiện tượng phình trồi ở đáy hố đào và đưa ra công thức xác định hệ số an toàn như sau:

$$FS = \frac{cN_c}{yH}$$

3.4. Phương pháp tính chuyển vị ngang của tường vây bằng phần tử hữu hạn

- + Bước 1: Rời rạc hóa miền khảo sát
- + Bước 2: Chọn hàm xấp xỉ thích hợp
- + Bước 3: Xây dựng phương trình phần tử, tức là thiết lập ma trận độ cứng phần tử $[K]_e$ và véc tơ tải phần tử $\{P\}_e$
- + Bước 4: Ghép nối các phần tử trên cơ sở mô hình mà kết quả là hệ thống phương trình:

$$[\bar{K}] \cdot \begin{Bmatrix} 1 \\ q \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} u \\ P \end{Bmatrix}$$

- + Bước 5: Giải hệ phương trình
- + Bước 6: Hoàn thiện

3.5. Mô phỏng chuyển vị ngang tường vây hố đào sâu cho công trình tại Vĩnh Long

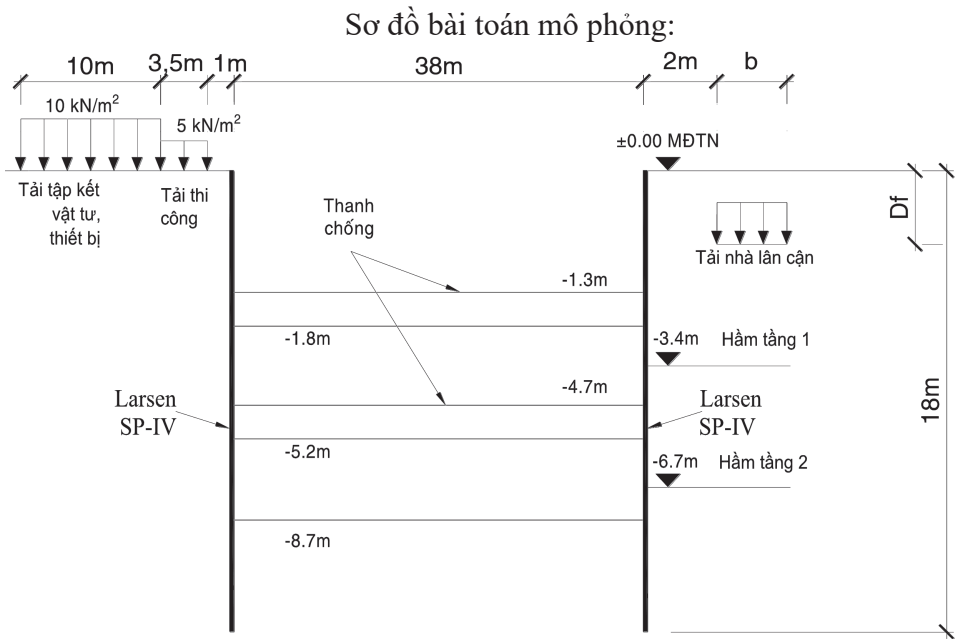
Cấu tạo địa chất công trình:

Lớp 1: Đất san lấp: lẫn gạch đá, sét pha, có bề dày lớp là 1.1m.

Lớp 2: Bùn sét xen kẹp cát pha lẫn hữu cơ màu xám ghi, xám xanh, xám nâu trạng thái chảy – chảy dẻo, có bề dày lớp là 32.2m.

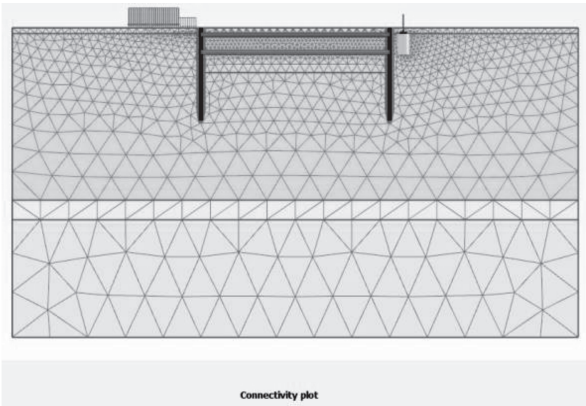
Lớp 4: Sét, sét pha màu xám xanh, xám vàng; Trạng thái dẻo cứng – dẻo cứng có bề dày lớp là 3,8m.

Lớp 6: Sét pha màu nâu đỏ, xám vàng, nâu vàng Trạng thái nửa cứng – cứng có bề dày lớp là 6,5m.



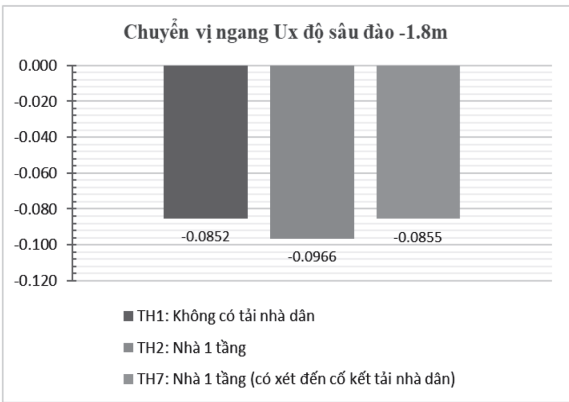
Hình 8. Sơ đồ bài toán mô phỏng

Kết quả mô phỏng:



Hình 9. Kết quả chia lưới phần tử

Chuyển vị ngang U_x độ sâu đào -1.8m:



Hình 11. Chuyển vị ngang U_x TH1, TH2 và TH7

Nhận xét: Ở độ sâu đào -1.8m (Hình 11) Cho thấy rằng TH1 và TH7 có giá chuyển vị ngang là ngang nhau. Tuy nhiên ở TH2, chuyển vị ngang U_x có giá trị lớn nhất và cách trường hợp không có tải nhà dân là 12%. Cùng nhà 1 tầng, nếu không xét cổ kết thì chuyển vị ngang lớn hơn 11% khi có xét đến cổ kết tải nhà dân.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã mô phỏng ảnh hưởng của chuyển vị ngang U_x độ sâu đào là -1.8m bằng mô phỏng Plaxis.

Kết quả mô phỏng cho thấy với công trình lân cận 1 tầng thì chuyển vị ngang của tường vây không xét đến cổ kết tải nhà dân có giá trị lớn nhất và nhỏ nhất cho trường hợp không có

Kết quả tính toán tràn, độ sâu chôn móng $D_f = -1,2$ m, độ sâu mũi cọc -5,2 m cho thấy chuyển vị ngang của tường ở độ sâu đào -1,8 m, là 0,086 m.

tải nhà dân với giá trị là -0.0852m

Với mô phỏng Plaxis cho bài toán này có thể nghiên cứu ở những độ sâu sâu hơn và ảnh hưởng số tầng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kê, N. B. (2009). *Thiết kế và thi công hố móng sâu*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [2]. K. Terzaghi, R. B. Peck, G. Mesri (1996), *Soil Mechanics in Engineering Practice*, John Wiley & Sons, Third edition.
- [3] T. W. Lambe, R. V. Whitman (1970), *Soil Mechanics*, John Wiley & Sons.
- [4] Anders Kullingsjo.(2007). *Effects of deep excavations in soft clay on the immediate surroundings*, Doctoral thesis. Chalmers University of Technology
- [5] Việt, L. H. (2013) *Nghiên cứu tính toán ổn định và biến dạng công trình hố đào sâu trên nền đất sét yếu bão hoà nước*, Trường ĐHXD Miền Tây.
- [6]. Quý, L. N. và Hạnh, T. T. M. (2023) *Nghiên cứu phương pháp đánh giá ổn định đáy hố đào sâu trong điều kiện tầng chứa nước có áp*. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 59, 279-285. DOI: 10.22144/ctu.jvn.2023.054
- [7] Y.M.A.Hashash, C.Marulanda, J.Ghaboussi, s. Jung (2003). *Systematic update of a deep excavation model using field performance data*. DOI: 10.1016/S0266-352X(03)00056-9
- [8] Gue, S. S. & Tan, Y. C. (2005), *Planning of Subsurface Investigation and Interpretation of Test Results for Geotechnical Design*, Sabah Branch, IEM.
- [9] Osouli, A., and Hashash, Y. M. A. (2010). *The interplay between field measurements and soil behavior for capturing supported excavation response*. Journal of geotechnical and geoenvironmental engineering, 136(1), pp 69-84.