

PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG DÒNG THẨM ĐẾN CHUYỂN VỊ HỐ ĐÀO TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG HÀM VƯỢT NÚT GIAO THEO PHƯƠNG PHÁP ĐÀO HỖ

ANALYSIS OF INFLUENCE OF FLUID FLOW ON EXCAVATION DISPLACEMENT DURING THE PROCESS OF CONSTRUCTION OF TUNNELS UNDER INTERSECTION USING OPENCAST METHOD

Phan Khắc Hải, Đỗ Hữu Đạo

*Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng;
khachai.ts@gmail.com, huudaod1203@gmail.com*

Tóm tắt - Bài báo này nghiên cứu ảnh hưởng dòng thấm đến chuyển vị hố đào qua 2 phương án gia cường hố đào, dùng cừ Larsen và cọc xi măng đất (SCP-Soil Cement Pile). Sử dụng phần mềm FLAC2D phân tích 4 giai đoạn thi công chính, kết hợp việc bơm hút liên tục để giữ cho bề mặt hố đào luôn khô nước. Kết quả cho thấy ảnh hưởng của mực nước ngầm hạ khi đào móng dẫn tới tốc độ dòng thấm tăng nhanh trong phương án 1 (cừ Larsen), nhiều hơn 400 lần so với phương án 2 (cọc SCP). Hiện tượng lún sụt nền đường sau lưng tường là do tường dịch chuyển vào trong hố móng khi khai đào và hút nước. Phạm vi lún sụt nền đường nhiều nhất nằm cách tường vây khoảng 0,5 lần chiều sâu hố đào trong phương án 1 và sát ngay sau tường trong phương án 2. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa quan trọng cho kỹ sư công trình trong việc dự đoán chuyển vị khi thi công hố móng, tránh các sự cố đáng tiếc xảy ra cho công trình hầm và các công trình lân cận.

Từ khóa - hố đào; tường vây; cừ Larsen; cọc xi măng đất; phương pháp đào hồ.

Abstract - This paper analyses the influence of fluid flow on displacement of diaphragm wall through two solutions reinforcing the excavation such as using Larsen piles and the soil cement piles wall (SCP) by using FLAC2D software to analyze four phases combined with the continuous suction pump to keep the excavation surface dry. The results show that the influence of ground water on speed of fluid flow in solution 1 (Larsen pile) grows more than 400 times compared that in solution 2 (SCPile). The subsidence of the back wall is caused by the wall moving into the hole when digging and pump-absorbing water. The scope of embankment behind the side-wall has the most valuable displacement locating away from the back-wall about 0.5 the height of excavation in solution 1 and close behind the wall in solution 2. The results are important for engineers in predicting displacement during construction of deep excavation to avoid the unfortunate incidents that may occur to the tunnel and adjacent works.

Key words - excavation; diaphragm wall; larsen piles; soil cement piles; opencast method.

1. Đặt vấn đề

Sự thay đổi mực nước ngầm là một trong những tác nhân gây nên biến dạng nguy hiểm đến hố đào trong quá trình khai đào đất, dòng thấm phát triển từ dưới chân hố đào gây hiện tượng đẩy nổi đất dưới đáy hố móng. Việc hạ mực nước ngầm trong quá trình đào hố móng làm tăng thêm độ lún tại các điểm nằm sau lưng tường, gây ảnh hưởng đến các kết cấu công trình giao thông hiện trạng.

Hiện tượng mực nước ngầm làm sụt cát và khối bê tông nằm dưới đáy móng là vấn đề thường gặp trong quá trình thi công cho các tầng hầm tại những tòa nhà cao tầng. Các sự cố lún, sụt hố móng nhà cao tầng trong quá trình thi công kéo theo lún lệch và nứt tòa nhà lân cận xuất phát từ việc hạ mực nước ngầm, đã được nghiên cứu bởi Nguyen (2007). Một số kết quả nghiên cứu về sự phá hoại hố móng do nước ngầm cùng với sự tăng độ lún tại các điểm nằm sau lưng tường, gây ảnh hưởng đến các kết cấu công trình giao thông hiện trạng Korff (2009). Ngoài ra, nghiên cứu của Nguyen and Phienweij (2015) cũng đã cho thấy nước ngầm còn có thể xâm nhập vào hố đào làm tăng nhanh sự phá hoại tường và hố móng trong quá trình thi công. Korff đã tập hợp một số nghiên cứu về dự đoán nguyên nhân và các mối nguy hại đến hố đào có liên quan đến các giai đoạn thi công, và Nguyen (2011) đã đưa ra các giải pháp trong quá trình thiết kế và thi công công trình, nhằm hạn chế các sự cố cho các công trình xung quanh hố đào. Liên quan về tác động của dòng thấm trong quá trình thi công đến sự ổn định hố đào, nhiều tác giả đã đưa ra phương án hạ mực nước ngầm, cùng những dự đoán chuyển vị tường vây và mặt đất nền sau lưng tường,

diễn hình như của Ou (2006), Ergun (2008), Sadeghpour và cộng sự (2008), Vermar và cộng sự (2013). Những kết quả quan trắc diễn tiến lún, kiểm soát các đầu đo áp lực nước từ giếng bơm hút kết hợp với mô phỏng số của Wang và cộng sự (2012) đã đưa ra trực quan về diễn biến dòng thấm trong quá trình thi công. Theo Xu và cộng sự (2017), đó là mô hình vị trí đặt các giếng hạ mực nước ngầm ở trong và ngoài hố đào, nhằm quan sát và kiểm soát tốc độ lún của tường và đất nền xung quanh. Mặt khác, quá trình thi công khai đào đất cho đến khi xây dựng các công trình nền móng, hầm có mặt mực nước ngầm vẫn đang là thách thức không nhỏ đối với các kỹ sư thiết kế. Điều này đặt ra sự cần thiết phải nghiên cứu các phương án, sơ đồ hố đào phù hợp để áp dụng vào điều kiện thi công thực tế nhằm kiểm soát chuyển vị tường vây và dự đoán sự dịch chuyển đất nền xung quanh hố đào.

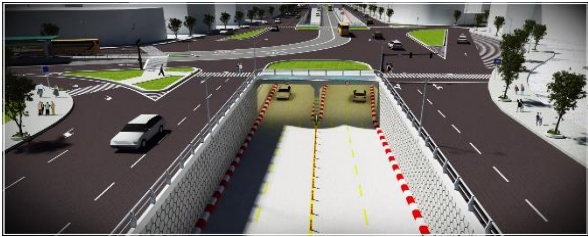
Với 2 phương án tường vây gia cố hố đào trong quá trình thi công hầm hồ, dùng cọc cừ Larsen và cọc SCP đâm xuyên qua lớp cát vào sâu dưới lớp sét. Hai phương án nghiên cứu được đánh giá thông qua mô phỏng số tính toán theo lý thuyết sai phân hữu hạn sử dụng phần mềm Flac 2D. Kết quả dự báo mức độ ảnh hưởng của dòng thấm đến sự dịch chuyển tường vây và phạm vi lún sụt nền đất xung quanh tường qua quá trình thi công hố đào.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1. Mô tả sơ lược dự án

Dự án nghiên cứu là công trình nút giao thông khác mức Điện Biên Phủ - Nguyễn Tri Phương. Công trình nút giao được thiết kế với tổng chiều dài hầm là 371,2 m, trong đó,

chiều dài hầm kín là 80 m và đường dẫn vào hai đầu hầm dài 291,2 m. Hầm được đặt trực tiếp trong đất nền thiên nhiên với điều kiện địa chất gồm 2 lớp chính: lớp thứ nhất là lớp đất cát lẫn bụi kết cấu rất rời rạc - chặt vừa có chiều dày trung bình 20,0 m; lớp thứ 2 là lớp đất sét ít dẻo trạng thái nửa cứng. Mức nước ngầm tại điểm nghiên cứu ổn định ở độ sâu so với địa hình là -1,50 m.



Hình 1. Dự án nút giao Điện Biên Phủ - Nguyễn Tri Phương

2.2. Phương án đề xuất

Phương án 1 sử dụng cọc cừ Larsen SP-IV (400x170x15,5) dài $L_1 = 17,0$ m và phương án 2 dùng hai hàng cọc đất gia cố xi măng SCP dài $L_2 = 22,0$ m có đường kính $D=1.000$ mm. Cả hai phương án chỉ sử dụng một tầng khung chống chữ H (400x400x45x70). Các giai đoạn thi công hố đào qua 4 giai đoạn chính, mức nước ngầm luôn được bơm hút liên tục và giữ cho hố móng luôn ở trạng thái khô nước, thi công hố móng theo trình tự như sau:

Giai đoạn I: Thi công kết cấu tường vây, đào hố móng đến cao độ thiết kế -2 m, đồng thời lắp đặt khung chống tại công trình ngang với mặt đất.

Giai đoạn II: Thi công hố móng đến cao độ -4 m.

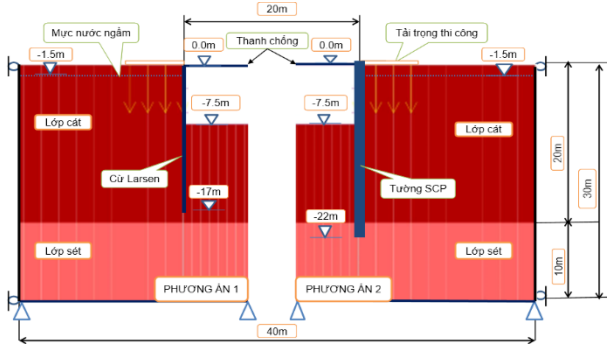
Giai đoạn III: Thi công hố móng đến cao độ -6 m.

Giai đoạn IV: Thi công hố móng đến cao độ -7,5 m.

2.3. Phân tích và mô phỏng số

Mô hình sai phân hữu hạn: một phần mềm về địa kỹ

thuật tính toán theo phương pháp sai phân hữu hạn (FLAC 2D), version 5.0 đã được sử dụng cho phân tích. Mô hình mặt cắt ngang, các điều kiện biên và các kích thước cho mô hình số được sử dụng cho các kịch bản phân tích này được trình bày ở Hình 2. Hố đào có chiều rộng $B = 20$ m, chiều sâu hố đào $h_e = 7,5$ m. Khoảng cách bố trí khung chống theo phương dọc hầm là 2 m.



Hình 2. Mô hình sơ đồ tính bằng Flac 5.0

Đất nền được giả thiết theo mô hình đàn hồi dẻo Mohr-Coulomb với ứng xử thoát nước cho toàn bộ các lớp đất. Các đặc tính của đất, cừ Larsen, tường SCP và thanh chống được thể hiện ở Bảng 1. Các số liệu ở đây đều được tham khảo và trích dẫn từ hồ sơ địa chất của công trình nút giao thông khác mức Điện Biên Phủ - Nguyễn Tri Phương của Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng Công trình Giao thông 5 (TECCO 5) – Đà Nẵng – Việt Nam; và tham khảo một vài dữ liệu từ phân hướng dẫn sử dụng FLAC version 5.0 (2005). Phần tử tiếp xúc giữa đất nền-tường vây (soil-wall interface) là tương đối nhẵn, các thông số về cường độ thường thấp hơn so với các lớp đất liền kề, góc nội ma sát của phần tử interface là 14° và lực dính đơn vị bằng $0,5 \text{ kN/m}^2$. Tường vây và khung chống sử dụng phần tử Elastic Beam. Tải trọng trong quá trình thi công được lấy tối đa là $P=10 \text{ kN/m}^2$.

Bảng 1. Bảng thông số cơ lý của đất nền

Tên vật liệu	γ (kN/m^3)	E_0 (kN/m^2)	C (kN/m^2)	φ ($^\circ$)	n (%)	k ($\text{m}^2/(\text{Pa}\cdot\text{s})$)	ν	I (m^4)	S (m^2)
Lớp cát	18,9	$1,5 \times 10^4$	1,0	28	0,5	$1,18 \times 10^{-9}$	0,3	-	-
Lớp sét	19,89	$4,0 \times 10^4$	20,1	21	0,42	$1,18 \times 10^{-12}$	0,3	-	-
Cừ Larsen	78,5	2×10^8	-	-	-	-	0,2	0,24	$3,9 \times 10^{-3}$
Cọc SCP	20,0	5×10^5	-	-	-	-	0,25	0,34	1,6
Thanh chống	78,5	2×10^8	-	-	-	-	0,2	3×10^{-3}	0,077

Ghi chú: γ - Dung trọng tự nhiên; E_0 - Mô-đun đàn hồi; C - Lực dính; φ - Góc nội ma sát; n - Độ rỗng; k - Chi số thấm; ν - Hệ số nở hông; I - Mô-men quán tính; S - Diện tích

3. Phân tích kết quả

3.1. Phân tích diễn biến mực nước ngầm trong quá trình thi công đến ổn định hố móng

3.1.1. Diễn biến mực nước ngầm và tốc độ thấm

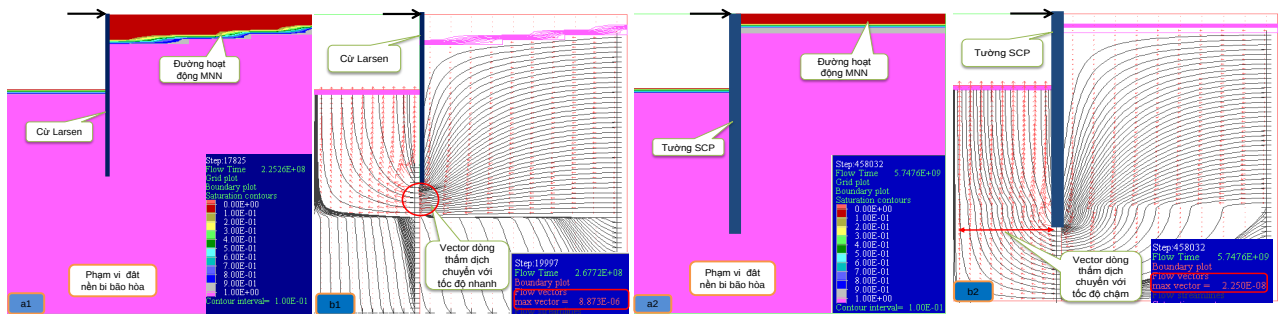
Mức nước ngầm trong đất ban đầu ổn định ở độ sâu so với mặt đất là -1,5 m, sau khi hạ mực nước ngầm và làm khô hố móng trong quá trình khai đào, vùng đất nền bị bão hòa được phân bố lại tùy thuộc mức độ hạ giảm mực nước ngầm trong đất (thể hiện bằng một dải đường hoạt động mực nước ngầm ở Hình 3). Hình 3a₁ thể hiện vùng bão hòa ở phương án 1 chiếm một tỷ lệ nhỏ hơn so với diện phân

bổ vùng bão hòa ở phương án 2 (Hình 3a₂). Điều này được lý giải do mực nước ngầm sau lưng tường ở phương án 2 chỉ bị biến động nhẹ và hầu như không thay đổi, trong khi mực nước ngầm ở phương án 1 giảm hơn 20% so với mực nước tại đáy hố móng.

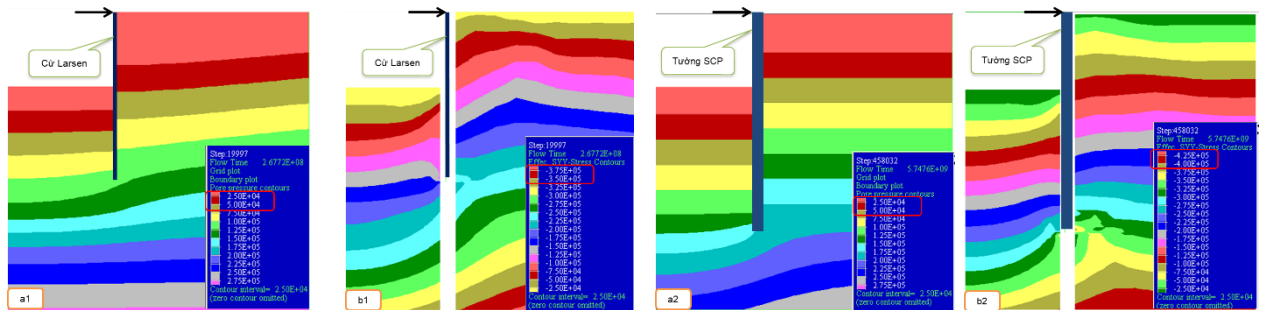
Các véc-tơ dòng thấm thể hiện tốc độ và hướng dịch chuyển của dòng thấm xung quanh hố đào của hai phương án nghiên cứu cũng được thể hiện ở Hình 3. Theo đó, mực nước ngầm càng hạ xuống thấp, dẫn đến mật độ dòng thấm xuất hiện bên dưới hố đào ở phương án 1 (Hình 3b₁) càng dày và tốc độ dịch chuyển các véc-tơ thấm càng cao. Trong khi phương án 2 (Hình 3b₂) thì ngược lại, mực nước ngầm

hầu như không thay đổi trong quá trình làm khô hố móng, do đó, mật độ và tốc độ dịch chuyển các véc-tơ thấm bên dưới hố đào cũng nhỏ hơn so với phương án 1. Tốc độ dòng thấm được thể hiện qua thông số "Flow Vectors", thông số này ở phương án 1 xấp xỉ $8,876 \times 10^{-6}$ (m/s), nhiều hơn 400

lần so với phương án 2 chỉ đạt $2,25 \times 10^{-8}$ (m/s). Điều này cho thấy, ở phương án 1, bên dưới đáy hố đào phải chịu một áp lực đẩy nổi từ dòng thấm hướng dưới lên, do đó, cần có biện pháp ngăn cản triệt để tác động từ dòng thấm có thể làm bục đáy hố.



Hình 3. Diễn biến mực nước ngầm và tốc độ thấm trong hai phương án nghiên cứu



Hình 4. Phân bố áp lực nước và ứng suất hữu hiệu xung quanh hố đào

3.1.2. Đường bao áp lực nước và ứng suất hữu hiệu

Phạm vi phân bố áp lực nước và ứng suất hữu hiệu ứng với giai đoạn thi công tới cao độ thiết kế được thể hiện ở Hình 4. Hình 4a₁ và 4a₂ thể hiện phạm vi phân bố áp lực cột nước tác dụng trực tiếp lên lưng tường trong 2 phương án nghiên cứu. Theo đó, phương án 1 có điện áp lực nước tác dụng lên lưng tường trung bình nhỏ hơn, xấp xỉ khoảng 17% so với phương án 2. Lý do dẫn đến hiện tượng này là sự suy giảm mực nước ngầm trong quá trình làm khô hố móng. Đường biểu diễn quá trình hạ mực nước ngầm như trong Hình 3 thể hiện rất rõ về sự biến thiên mực nước ngầm trong phương án 1, trong khi sự biến động này ở phương án 2 hầu như là rất bé. Quá trình thi công tường vây trong phương án 2 sử dụng cọc SCP đã làm thay đổi hoàn toàn sự phân bố ứng suất trong hố móng. Theo Hình 4b₁ và 4b₂, phạm vi phân bố ứng suất hữu hiệu nằm bên dưới hố đào trong phương án 2 luôn nhiều hơn trung bình khoảng 1,15 lần so với phương án 1 sử dụng cọc cừ Larsen. Như vậy, với áp lực nước nhỏ hơn không có nghĩa sẽ làm tăng được ứng suất hữu hiệu phân bố xung quanh hố móng, mà phụ thuộc vào loại kết cấu tường vây gia cố hố đào trong quá trình thi công.

3.1.3. Đường bao chuyển vị đứng đất nền xung quanh hố móng

Đường bao chuyển vị đứng cho đất nền xung quanh hố móng qua 4 giai đoạn đào thi công và hút khô nước trong hố móng được trình bày trên Hình 5. Kết quả phân tích số cho 2 phương án cho thấy độ lún phát triển tăng dần trong quá trình khai đào hố móng qua các giai đoạn, thể hiện rõ ở tâm đáy hố đào và phạm vi đất nền sau lưng tường chắn. Tương ứng với 4 giai đoạn thi công, độ lún tại bề mặt hố đào trong

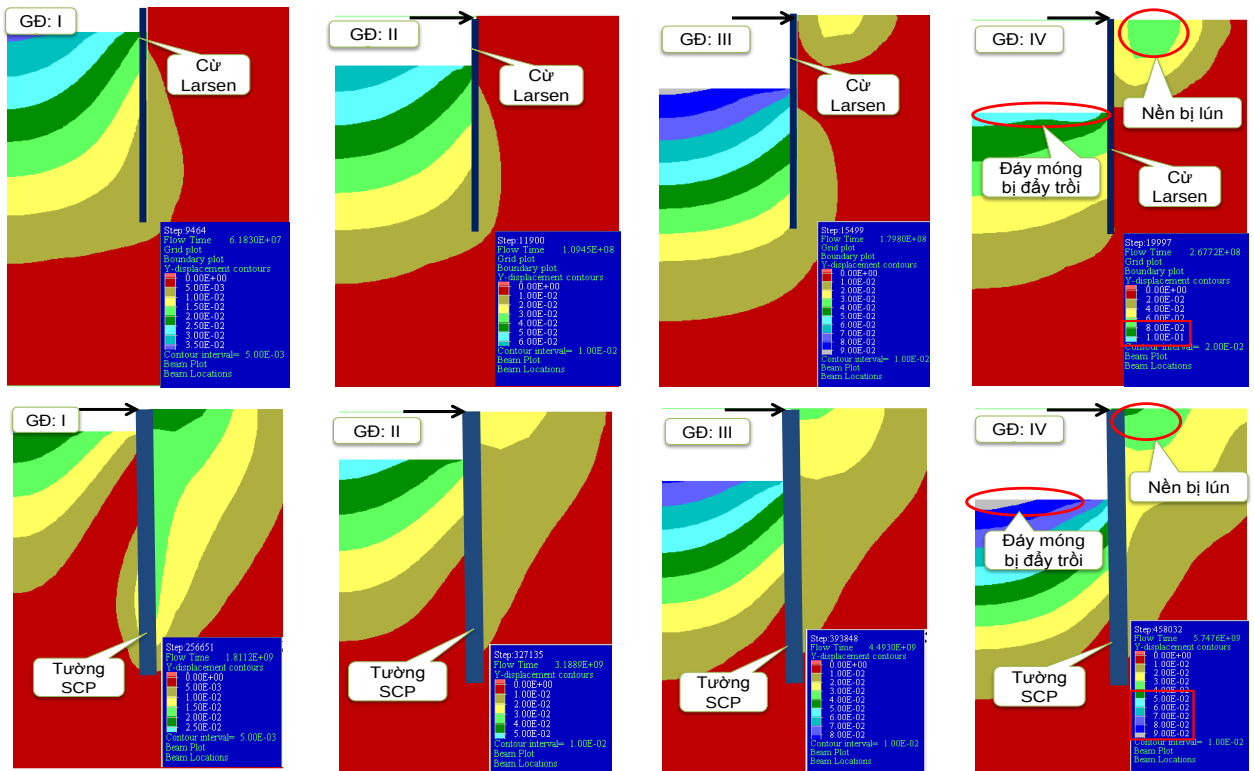
phương án 1 luôn nhiều hơn trung bình khoảng 25% (giai đoạn I và II) và 10% (giai đoạn III và IV) so với phương án 2. Mặt đất sau lưng tường có giá trị độ lún tối đa nằm cách tường trong khoảng 0,5 he (he - chiều sâu đào) ở phương án 1, trong khi phương án 2 có vùng lún phát triển tối đa bắt đầu ngay từ mặt tường và giảm dần khi càng xa tường. Điều này cho thấy rằng, với kết cấu tường là cọc SCP, do ảnh hưởng từ trọng lượng bản thân nên khi thi công đào hố móng đã kéo theo sự dịch chuyển mặt đất sau lưng tường ngay từ những giai đoạn đầu thi công. So với phương án 1 thì điều này chỉ thấy rõ trong những giai đoạn thi công cuối.

3.1.4. Đường bao chuyển vị ngang đất nền xung quanh hố móng

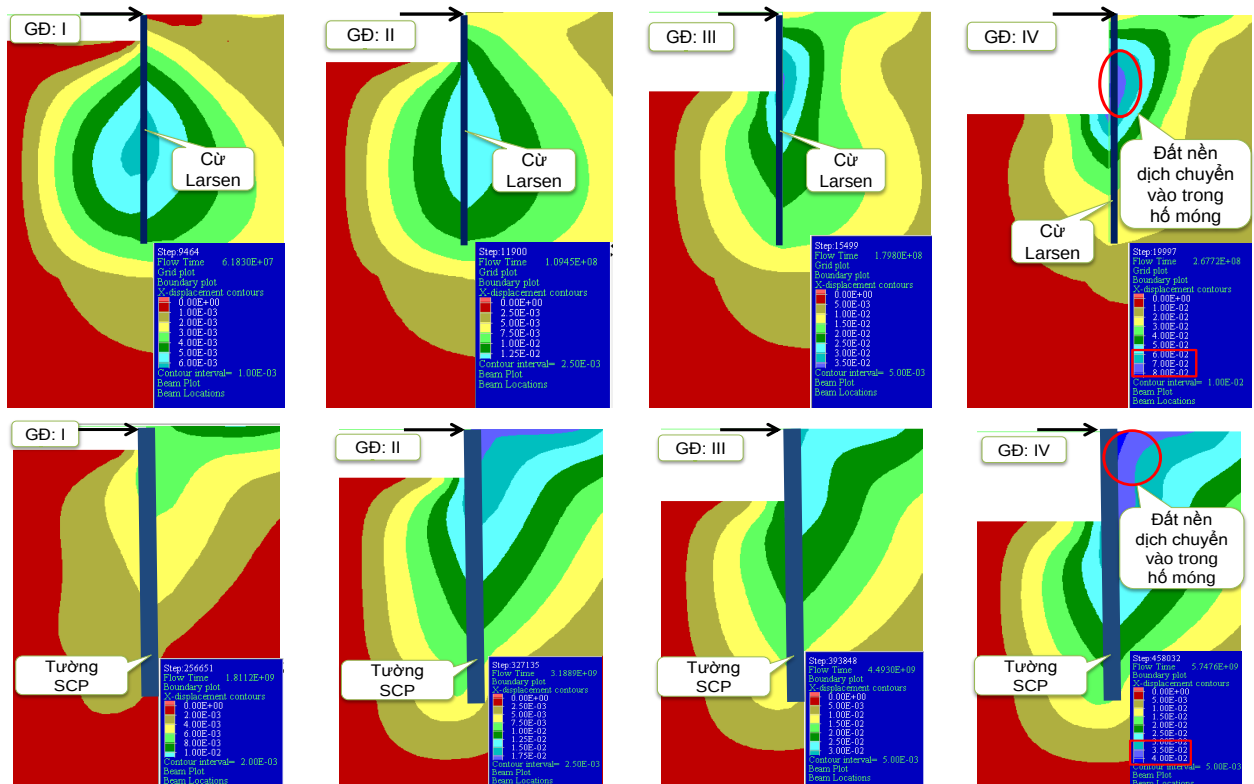
Đường bao chuyển vị ngang cho đất nền xung quanh hố móng qua 4 giai đoạn đào thi công và hút khô nước trong hố móng được trình bày trên Hình 6. Kết quả thể hiện đường bao chuyển vị ngang của đất nền xung quanh hố móng đã cho thấy rằng, vùng chuyển vị tối đa tập trung dọc theo chiều dài tường và tăng dần qua các giai đoạn khai đào hố móng. Cụ thể, trong phương án 1, vùng chuyển vị ngang có giá trị lớn tập trung tại vị trí bằng $0,5L_1$ (L_1 - chiều dài tường cừ Larsen) trong các giai đoạn đầu thi công I và II. Giá trị chuyển vị ngang trung bình tăng lên hơn 80% về phía chân đáy hố đào nằm sát tường (he) trong các giai đoạn thi công tiếp theo, III và IV. Phương án 2, chuyển vị ngang cũng tăng dần theo quá trình thi công hố móng và phát triển tối đa tại đỉnh tường, sau đó giảm dần theo độ sâu. Phạm vi tại chân hố móng sát tường cũng hình thành nên dải chuyển vị nhưng có giá trị khá bé so với chuyển vị tại đỉnh tường, thấp hơn trung bình khoảng 1,3 lần.

Dải giá trị chuyển vị ngang lớn nhất trong phương án 2 ở hai giai đoạn thi công I và II nhiều hơn khoảng 26% so với phương án 1, tuy nhiên, trong giai đoạn III và IV, giá trị chuyển vị ở phương án 1 có xu hướng tăng lên xấp xỉ 6% và 79% so với phương án 2. Như vậy, vùng bao chuyển

vị của đất nền xung quanh hố đào đã bị chi phối bởi quá trình khai đào với công tác hút khô nước hố móng tương ứng, đồng thời kết cấu cầu làm tường vây cũng ảnh hưởng đến giá trị chuyển vị trong các vùng đáy hố đào và phạm vi mặt đất sau lưng tường.



Hình 5. Phổ chuyển vị theo phương đứng Y trong quá trình thi công đào hố móng

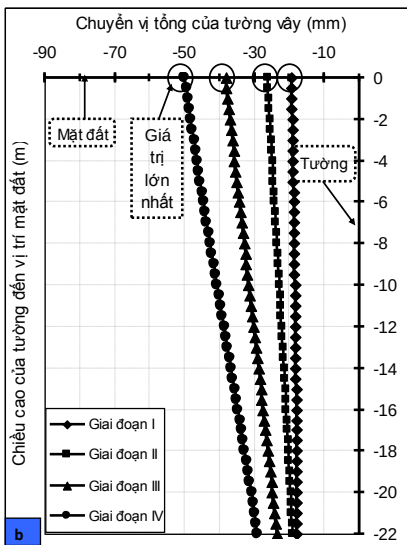
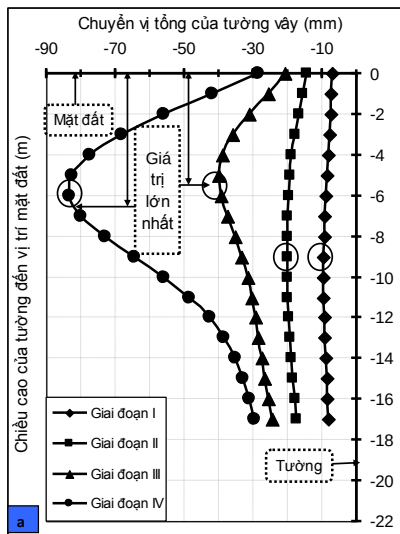


Hình 6. Phổ chuyển vị theo phương ngang X trong quá trình thi công đào hố móng

3.2. Phân tích chuyển vị tổng của hố đào qua các giai đoạn thi công hố móng

3.2.1. Chuyển vị tổng trong tường vây

Chuyển vị tổng của tường vây cho cả hai phương án được thể hiện ở Hình 7a và 7b. Nhìn chung, chuyển vị tổng tăng dần theo quá trình khai đào hố móng, cả hai phương án đều đạt giá trị lớn nhất ở giai đoạn cuối cùng (giai đoạn IV). Xu hướng chuyển vị ở phương án 1 được trình bày ở Hình 7a, qua đó, trong hai giai đoạn ban đầu I và II, giá trị chuyển vị tổng hầu như không thay đổi dọc theo chiều dài tường, giá trị chuyển vị lần lượt là 9,5 mm và 20 mm. Tuy nhiên, trong hai giai đoạn thi công tiếp theo III và IV, giá trị chuyển vị tổng tăng nhanh tại các vị trí đáy hố đào tương ứng các cao độ là -6 m và -7,5 m. Giá trị chuyển vị tăng lên tối đa lần lượt bằng 40,1 mm và 83,3 mm tương ứng với các giai đoạn III và IV.



Hình 7. Chuyển vị tổng của hố đào qua các giai đoạn thi công hố móng

Hình 7b thể hiện chuyển vị tổng của tường vây trong phương án 2 dùng cọc SCP, chuyển vị lớn nhất tại đỉnh tường và giảm dần theo chiều sâu tương ứng với các giai đoạn thi công hố móng. Cụ thể, giai đoạn thứ I và II có giá trị chuyển vị xấp xỉ bằng 19,4 và 26,2 mm. Chuyển vị tổng tăng lên khoảng 38,3 mm trong giai đoạn thứ III và đạt giá

trị lớn nhất tại giai đoạn thứ IV, xấp xỉ 50 mm. Giá trị chuyển vị tổng đạt tối đa trong hai phương án thiết kế chênh nhau gần 40%, xét tại giai đoạn cuối cùng (giai đoạn IV).

Như vậy, chuyển vị tổng của tường đã chịu ảnh hưởng từ việc thay đổi ứng suất hiệu quả trong quá trình thi công tường vây. Phương án 1, mặc dù áp lực nước sau lưng tường giảm xuống do quá trình thi công hố móng, tuy nhiên, do loại vật liệu sử dụng tường vây dùng cọc SCP đã làm thay đổi ứng suất có hiệu trong đất nền, điều đó dẫn đến chuyển vị trong phương án 2 thấp hơn nhiều so với phương án 1.

3.2.2. Chuyển vị tổng tại mặt đáy hố đào

Chuyển vị tổng tại đáy hố đào cho cả 2 phương án được thể hiện ở Hình 8a₁ và 8b₁. Giá trị chuyển vị tổng tăng dần theo quá trình khai đào hố móng và đạt giá trị lớn nhất ở giai đoạn cuối cùng (giai đoạn IV). Chuyển vị ở phương án 1 được trình bày ở hình Hình 8a₁, trong 3 giai đoạn ban đầu I, II và III, giá trị chuyển vị tổng lớn nhất tập trung ở tâm của hố đào, có giá trị lần lượt là 37,04, 67,7 và 93,28 mm. Tuy nhiên, ở giai đoạn thứ IV, chuyển vị tăng nhanh cục bộ tại các vị trí cách tường 0 - 3m, đạt giá trị xấp xỉ 129 mm. Tại vị trí này, giá trị chuyển vị nhiều hơn các điểm gần tâm hố đào xấp xỉ 16%.

Hình 8b₁ thể hiện chuyển vị tổng của đáy hố đào trong phương án 2, giá trị chuyển vị lớn nhất nằm tại tâm hố đào qua các giai đoạn thi công hố móng. Cụ thể, giai đoạn thứ I có giá trị bằng 25,32 mm. Ba giai đoạn đào tiếp theo có sự tăng nhanh về giá trị chuyển vị tổng. Cụ thể, các giai đoạn II, III và IV lần lượt giá trị chuyển vị tăng lên 2,2, 3,2 và 3,8 lần so với giai đoạn thứ I. Giá trị chuyển vị tổng tối đa trong hai phương án thiết kế chênh nhau xấp xỉ 26%, xét tại giai đoạn cuối cùng (giai đoạn IV).

Như vậy, chuyển vị tổng tại đáy hố đào đã chịu ảnh hưởng từ áp lực nước đẩy nổi bên dưới đáy hố móng. Một mặt, trong phương án 2, tường vây cắm sâu qua lớp sét nên phần nào đã ngăn chặn được áp lực nước đẩy nổi tác động lên bên dưới hố đào. Mặt khác, khi đào móng đạt cao độ thiết kế, đường thấm ngăn lại nên tốc độ thấm tăng cao trong phương án 1 cũng là nguyên nhân làm cho chuyển vị tăng tại vị trí lân cận tường vây.

3.2.3. Chuyển vị tổng tại bề mặt đất sau lưng tường

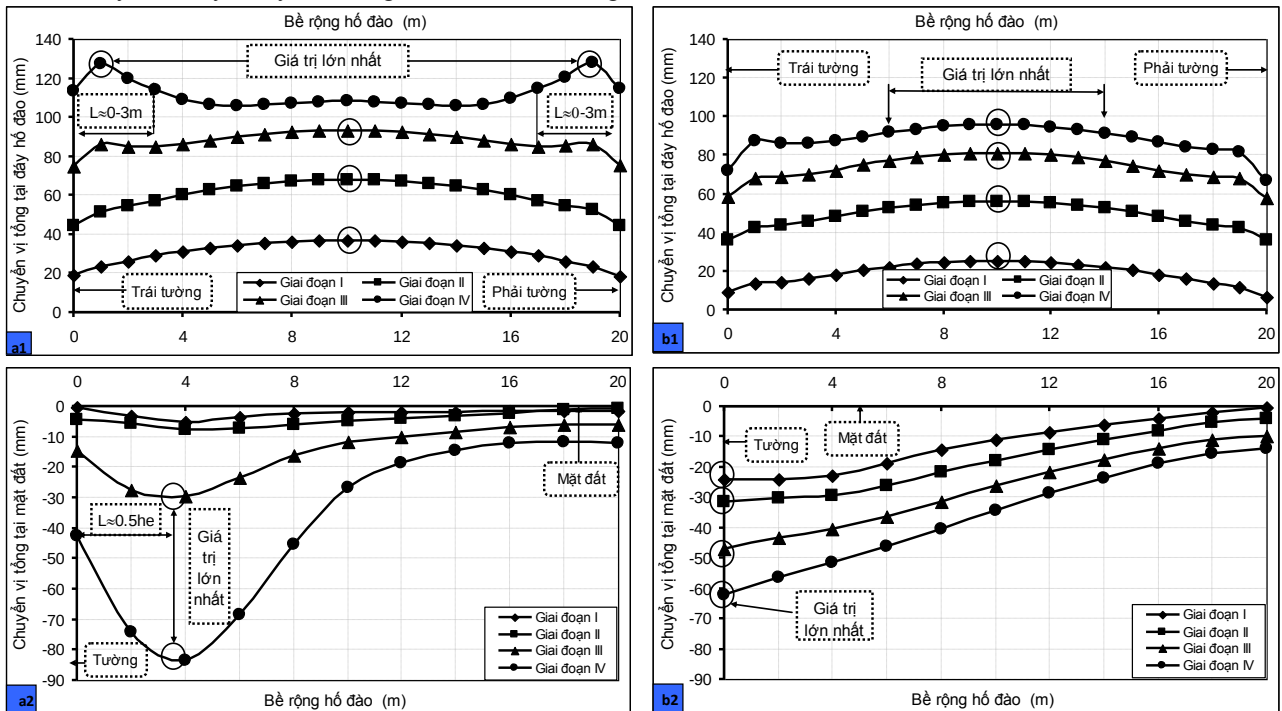
Chuyển vị tổng tại mặt đất sau lưng tường vây cho cả 2 phương án được thể hiện ở Hình 8a₂ và 8b₂. Kết quả kiểm tra chuyển vị tổng nằm trong phạm vi 20 m tính ra mỗi bên theo mép tường vây, tương ứng với phạm vi nền đường hiện trạng. Trong phương án 1 được trình bày ở Hình 8a₂, trong 2 giai đoạn đầu I và II, giá trị chuyển vị tổng hầu như chỉ dao động nhẹ trong phạm vi khảo sát, giá trị chuyển vị lần lượt là 5,1 mm và 7,6 mm tại vị trí cách tường vây khoảng 3,5 - 4m (~0,5 he). Tuy nhiên, trong 2 giai đoạn thi công tiếp theo III và IV, chuyển vị lớn nhất tăng nhanh xấp xỉ 4,6 và 13 lần so với giá trị trung bình của hai giai đoạn đào ban đầu (xét tại cùng vị trí).

Hình 8b₂ thể hiện chuyển vị tổng trong phương án 2, giá trị chuyển vị tổng có xu hướng tăng dần từ giới hạn vùng biên tính toán đến mép tường vây. Cụ thể, giai đoạn thứ I và II, giá trị chuyển vị lớn nhất lần lượt xấp xỉ bằng 24,12 và 31,33 mm. Chuyển vị tổng tăng lên khoảng 46,9 mm trong giai đoạn thứ III và đạt giá trị lớn nhất tại giai đoạn thứ IV, xấp xỉ 62 mm. Giá trị chuyển vị tổng tối đa trong

hai phương án thiết kế chênh nhau gần 26%, xét tại giai đoạn cuối cùng (giai đoạn IV).

Điều này cho thấy, chuyển vị tổng của mặt đất sau lưng

tường không những phụ thuộc vào loại kết cấu sử dụng làm tường vây mà còn phụ thuộc vào quá trình làm khô hồ móng, khiến cho mực nước ngầm sau lưng tường bị giảm xuống.



Hình 8. Chuyển vị tổng tại đáy hố đào và mặt đất sau lưng tường qua các giai đoạn thi công

4. Kết luận

Việc hạ giảm mực nước ngầm khi khai đào hồ móng thường dẫn đến đất xung quanh hố đào có xu hướng dịch chuyển về phía hố đào, gây hiện tượng lún mặt đường hiện trạng. Tốc độ dịch chuyển dòng thấm càng nhanh và có nguy cơ gây bực đáy hồ móng khi tường vây dùng cọc cừ Larsen, nhiều hơn xấp xỉ 400 lần so với phương án dùng cọc SCP có cao độ mũi cọc nằm trong lớp sét.

Tường vây trong phương án 2 dùng cọc SCP dẫn tới ứng suất hữu hiệu xung quanh tường được tăng lên gần 1,15 lần so với phương án 1 dùng cừ Larsen, điều này làm cho chuyển vị tổng tường và đất sau lưng tường ở phương án 2 luôn nhỏ hơn phương án 1 khoảng 40%.

Chuyển vị tổng tại đáy hố đào trong phương án 1 nhiều hơn khoảng 26% so với phương án 2. Đường thấm nguy hiểm nhất là đường thấm đi men dọc theo tường vây, và theo như kết quả nghiên cứu thì phạm vi nguy hiểm cách tường vây khoảng 0 - 3 m. Do đó, nếu thực hiện công trình hố đào thì cần phải có biện pháp chống hiện tượng bực đáy hồ móng và phải chú ý đến phạm vi nguy hiểm này.

Tương ứng với phương án 1, vị trí có giá trị độ lún tối đa cho mặt nền sau lưng tường nằm cách tường vây trong khoảng 0,5 he (he - chiều sâu đào), xấp xỉ 129 mm. Trong khi đó, ở phương án 2, vùng lún phát triển tối đa ngay tại mặt tường và giảm dần khi càng xa tường, độ lún lớn nhất chỉ đạt khoảng 62 mm.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, chuyển vị đất nền xung quanh hố đào phụ thuộc rất nhiều vào phương án sử dụng tường vây, do đó, các kỹ sư cần cân nhắc kỹ phương án gia

có hợp lý cho hố đào để quá trình thi công hồ móng diễn ra thuận lợi và luôn được kiểm soát được về mặt chuyển vị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Bá Kế, "Kiểm tra ổn định hố đào trong đất có mực nước ngầm cao", *Tạp chí Người xây dựng*, 11-2007, trang 36-40.
- [2] Nguyễn Bá Kế, "Kinh nghiệm nước ngoài trong phòng tránh sự cố công trình ở lân cận hố đào sâu trong đô thị", *Tạp chí Người xây dựng*, 2008, trang 36-40.
- [3] Nguyen Kiet Hung, N.Phienvewj, "Practice and Experience in Deep Excavations in Soft Soil of Ho Chi Minh City, Vietnam", *KSCE Journal of Civil Engineering, Geotechnical Engineering*, pISSN 1226-7988, eISSN 1976-3808, 2008, pp. 1-14.
- [4] Mandy Korff, *Deformations and damage to buildings adjacent to deep excavations in soft soils*, Centrum Ondergronds Bouwen/Delft Custer, Project-1001307-004, 2009, pp. 143.
- [5] Chang - Yu Ou, *Deep excavation theory and practise*, Taylor and Francis/Balkema, P.O. Box 447.2300 AK Leiden, the Netherlands, 2006.
- [6] M. Ufuk Ergun, "Deep excavations", *The Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Bouquet 08, 2008, pp. 1-34.
- [7] H. Sadeghpour, A. Ghanbari, M. Fadaee, *Groundwater Lowering in Deep Excavation (Case Study: Foundation Excavation of Shahid Madani Dam)*, Sixth International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering, Alington, VA. Paper No 5.37, 2008, pp. 1-6.
- [8] A.K Verma & M.S Saini & T.N Singh & Avi Dutt & R.K Bajpai, "Effect of excavation stages on stress and pore pressure changes for an underground nuclear repository", *Arab J Geosci*, DOI 10.1007/s12517-011-0382-8, 2013, pp. 6:635-645.
- [9] Wang J, Guo T, Feng B, Yu H, Yang G, Tang J, "Numerical study of dewatering in a large deep foundation pit", *Environ Earth Sci*, DOI 10.1007/s12665-012-1972-9, 2013, pp. 69:863-872.
- [10] Xu YS, Wu HN, Wang ZFB, Yang TL, "Dewatering induced subsidence during excavation in a Shanghai soft deposit", *Environ Earth Sci*, DOI 10.1007/s12665-017- 6685-7, 2017, pp. 76:351-366.