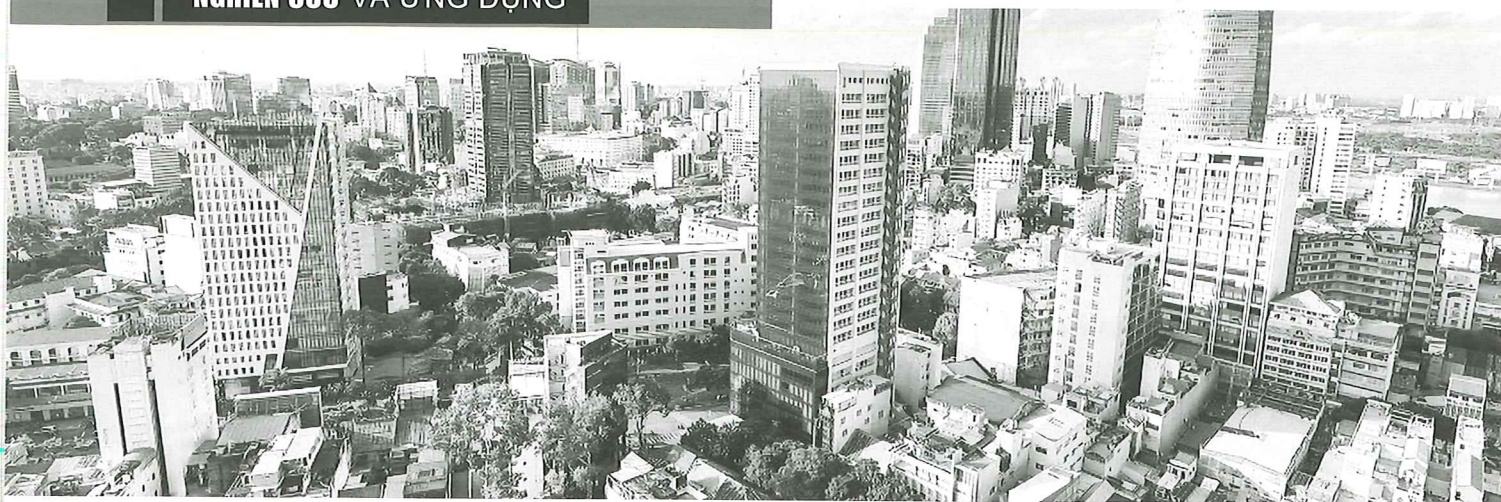




NHỮNG VẤN ĐỀ THƯỜNG GẶP KHI THIẾT KẾ & THI CÔNG HỒ ĐÀO SÂU BẰNG PHƯƠNG PHÁP ĐÀO MỎ

(Khảo sát trên địa bàn quận Long Biên, Hà Nội)

/ |Ths. Trịnh Xuân Vinh*

Tóm tắt: Bài viết trình bày về vấn đề thi công xây dựng tầng hầm công trình nhà cao tầng, những yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị ngang của tường chắn và đất nền. Một số vấn đề thiết kế, thi công hồ đào sâu bằng phương pháp đào mở trên địa bàn quận Long Biên, Hà Nội như công tác khảo sát, công tác thiết kế, công tác thi công cũng được tác giả triển khai nghiên cứu.

Từ khóa: Thiết kế, thi công hồ đào sâu, phương pháp đào mở, đất nền, Long Biên - Hà Nội.

Abstract: The article presents the problem of constructing basement of high-rise buildings, factors affecting horizontal displacement of retaining walls and ground soil. Some issues when designing and constructing deep holes dug by open excavation method in Long Bien district, Hanoi such as survey work, design work, construction work are also researched by the author.

Keywords: Design, constructing deep holes, open excavation method, ground soil, Long Biên - Hà Nội.

Nhận ngày 20/2/2022, chỉnh sửa ngày 25/2/2022, chấp nhận đăng ngày 10/3/2022.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, nhiều nhà cao tầng xây dựng có từ 3-5 tầng hầm đã và đang được xây dựng khá phổ biến ở TP. Hà Nội nói chung và quận Long Biên nói riêng. Điều này phần nào làm thay đổi cơ bản bộ mặt của

khu dân cư trong địa bàn quận Long Biên, thể hiện sự phát triển kinh tế - xã hội của quận Long Biên và sự phát triển về công nghệ xây dựng trong giai đoạn này. Khai thác không gian ngầm giải quyết được nhiều vấn đề kinh tế - xã hội, đất đai xây dựng đô thị, môi trường... đặc biệt trong điều kiện thành phố phát triển nhanh chóng về dân cư mà quỹ đất xây dựng hạn hẹp. Vì vậy, xây dựng công trình nhà cao tầng có tầng hầm đang trở thành một xu hướng tất yếu trong xây dựng các đô thị hiện đại.

Quận Long Biên nằm ở vùng Đồng bằng châu thổ sông Hồng, trên nền trầm tích địa chất Đệ Tứ có điều kiện địa chất công trình - địa chất thủy văn tương đối phức tạp. Nằm gần bề mặt đất chủ yếu là các lớp đất mềm yếu, thêm vào đó có rất nhiều xã, huyện có các hệ thống sông lớn chảy qua nên việc xây dựng công trình ngầm đòi hỏi phải có sự quan tâm, chú ý; đặc biệt trong các khâu thiết kế và thi công xây dựng. Xây dựng công trình ngầm là một vấn đề khó trong thi công xây dựng, liên quan đến nhiều vấn đề phức tạp về địa chất công trình, địa chất thủy văn, nền và móng, năng lực thi công của các nhà thầu... Trong đó, vấn đề ổn định tường chắn và hệ chống đỡ, ổn định chống đẩy nổi đáy và dòng thấm ở đáy hồ đào cũng như giới hạn chuyển vị của đất nền luôn được đặt ra nhằm đảm bảo ổn định cho bản thân công trình và hạn chế những ảnh hưởng bất lợi đến những công trình lân cận nằm trong vùng ảnh hưởng của hồ đào.

*ĐH Kiến trúc Hà Nội

2. NHỮNG VẤN ĐỀ THƯỜNG GẶP KHI THIẾT KẾ VÀ THI CÔNG HỐ ĐÀO SÂU TRONG QUÁ TRÌNH THI CÔNG PHẦN NGẦM, TẦNG HẦM NHÀ CAO TẦNG

Các yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị ngang của tường chắn và nền móng của công trình

Khi thi công hố đào mở, những yếu tố ảnh hưởng đến chuyển vị ngang của tường chắn và đất nền, bao gồm:

Ảnh hưởng của sự thay đổi điều kiện ứng suất trong đất nền: Khi đào đất, cả ứng suất theo phương đứng và phương ngang đều giảm đi và thay đổi sự cân bằng áp lực nước lỗ rỗng trong đất. Một trong những hiệu ứng quan trọng nhất của quá trình này là chuyển vị của đất nền ở đáy và xung quanh hố đào.

Điều kiện nước dưới đất: Sự thay đổi mực nước ngầm ảnh hưởng đến ổn định của tường chắn cùng hệ chống đỡ và độ lún của công trình xung quanh hố đào. Chênh lệch áp lực nước ở phía ngoài và phía trong hố đào có thể xảy ra hiện tượng bùng nẩy, cát chảy ở phần đáy. Bơm hút nước để thi công hố đào, mực nước ngầm bị hạ thấp làm tăng độ lún của đất nền ở khu vực xung quanh hố.

Kích thước hố đào: Hố đào càng sâu, ứng suất tổng giảm càng lớn. Như vậy, chuyển vị của tường chắn càng lớn.

Ứng suất ngang ban đầu trong đất: Khi đào đất với giá trị hệ số áp lực ngang ban đầu của đất K_0 lớn, chuyển dịch của đất và tường lớn, thậm chí cả khi hố đào nông.

Đặc tính của đất nền: Trong đất sét, chuyển vị ngang lớn nhất của tường chắn phụ thuộc vào độ bền của đất. Chuyển vị ngang của tường chắn và lún nền đất cho đất sét cứng và đất rời nhỏ hơn so với đất sét mềm yếu.

Độ cứng của tường chắn và hệ chống đỡ: Chuyển vị ngang của tường chắn phụ thuộc vào độ cứng (chiều dày) của tường và hệ chống đỡ, khoảng cách bố trí các thanh chống và chiều sâu chôn tường trong đất.

Gia tải trước thanh chống: Chuyển vị ngang lớn nhất của tường giảm khi áp dụng gia tải trước thanh chống.

Biện pháp thi công: Khi rung hoặc ép tường cừ chế tạo sẵn hoặc khi thi công tường trong đất.

Trình độ và chất lượng thi công: Kỹ thuật thi công kém dẫn đến chuyển vị ngang của tường chắn lớn.

Thời gian thi công: Thời gian thi công lâu làm tăng chuyển vị của đất nền xung quanh hố đào.

Tính chất và quy mô của công trình lân cận.

Có thể thấy rằng, trong các yếu tố ảnh hưởng nêu trên, tư vấn thiết kế hầu như không kiểm soát được hết tất cả các yếu tố. Mana (1978) đã phân ra 3 nhóm theo mức độ kiểm soát được của thiết kế:

Bảng. Mức độ kiểm soát được của thiết kế

Những thông số thiết kế kiểm soát được	Những thông số thiết kế kiểm soát được một phần	Những thông số thiết kế không kiểm soát được
1. Kiểu hệ chống đỡ 2. Độ cứng của hệ chống đỡ 3. Mức độ chôn tường chắn 4. Mức độ gia tải trước cho chống	1. Phương pháp thi công hệ chống đỡ 2. Chu kỳ thi công 3. Phương pháp thi công kết cấu công trình trong khi đào 4. Độ lớn của tải trọng bề mặt 5. Thời tiết	1. Điều kiện và tính chất của đất nền 2. Các công trình xung quanh 3. Hình dạng hố đào và chiều sâu

Độ lớn và phạm vi mở rộng độ lún xung quanh hố đào phụ thuộc nhiều vào phương pháp thi công cũng như bất kỳ yếu tố nào kể trên. Cho dù thiết kế có thể chỉ rõ phương pháp thi công và biện pháp chống đỡ, vẫn không thể kiểm soát chính xác sự phối hợp của các yếu tố trên vì chúng thay đổi từng ngày trên công trường. Chính vì vậy, mô phỏng chính xác quá trình thi công trong phân tích bằng phương pháp số, sử dụng phần mềm chuyên dụng là phức tạp và khó khăn. Đây có thể là nguyên nhân cho sự phân tán trong kết quả tính toán theo phương pháp số và số liệu quan trắc hiện trường.

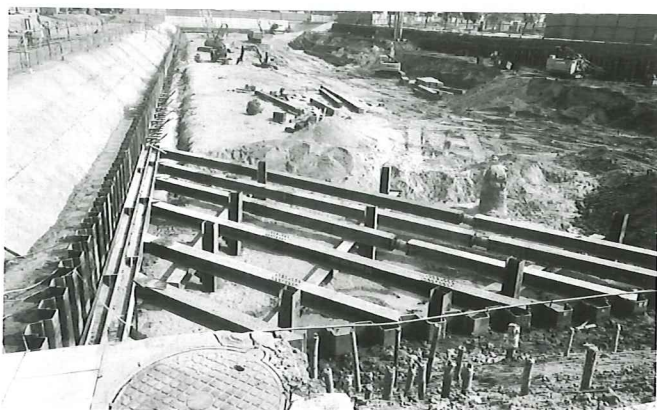
3. MỘT SỐ VẤN ĐỀ RỦI RO TRONG THI CÔNG VÀ QUẢN LÝ HỐ ĐÀO Ở CÁC CÔNG TRÌNH TRÊN ĐỊA BÀN QUẬN LONG BIÊN - HÀ NỘI

3.1. Rủi ro trong công tác khảo sát thiết kế

Theo quy định về xây dựng công trình, tất cả các công trình xây dựng đều phải tiến hành khảo sát trước khi thiết kế. Tuy nhiên trong thời gian qua chưa có sự kết hợp chặt chẽ giữa đơn vị thiết kế và đơn vị khảo sát trong việc lập nhiệm vụ khảo sát xây dựng. Có thể chủ trì thiết kế biện pháp thi công hố đào chưa nắm bắt hết những thông số về đất nền phục vụ cho tính toán hay do chưa hiểu rõ về phần mềm sử dụng để tính toán hố đào nên trong giai đoạn lập nhiệm vụ khảo sát đã không yêu cầu đơn vị khảo sát thí nghiệm xác định các thông số phù hợp để tính toán. Dẫn tới khi thiết kế tính toán hố đào sử dụng một số thông số giả định hay thông số kinh nghiệm, những thông số này có giá trị dao động tương đối lớn. Điều này làm ảnh hưởng không nhỏ đến độ chính xác khi tính toán hố đào.

Ngoài ra, các phần mềm tính toán yêu cầu những thông số đầu vào phải phù hợp với mô hình đất nền lựa chọn để tính toán (VD: Mô hình đàn hồi - tuyến tính; Mô hình Mohr-Coloum; Mô hình đất cứng; Mô hình từ biến của đất mềm; Mô hình đất yếu). Giá trị của các thông số này được xác định trong thí nghiệm nén 3 trục theo các sơ đồ thí nghiệm khác nhau, thời gian thí nghiệm lâu, đòi hỏi những cán bộ thí nghiệm phải có trình độ và kinh nghiệm mới thực hiện được. Hiện nay, ở Hà Nội, có rất ít phòng thí nghiệm đáp ứng được yêu cầu này.

Thiết kế và thi công hố đào chủ yếu được thực hiện trong xây chen ở Hà Nội. Chủ trì thiết kế khi lập nhiệm vụ khảo sát mới chỉ yêu cầu khảo sát đất nền tại vị trí khu vực thi công hố đào. Chưa chú trọng đến công tác điều tra, khảo sát hiện trạng các công trình lân cận nằm trong phạm vi ảnh hưởng của hố đào. Khi cần thiết, cần kiến nghị biện pháp xử lý đất nền hoặc gia cường kết cấu công trình lân cận nhằm ngăn ngừa và giảm thiểu những ảnh hưởng bất lợi có thể xảy ra, cũng như đề xuất các nội dung quan trắc hố đào và công trình lân cận ngay khi bắt đầu thi công.



Hình ảnh thi công hố đào mở

3.2. Rủi ro trong công tác thiết kế

Tình hình thiết kế biện pháp thi công hố đào tại Hà Nội nói chung đã được quan tâm trong những năm gần đây nhưng vẫn chưa đáp ứng được hết nhu cầu của các dự án, đặc biệt các dự án nhà cao tầng. Các công ty tư vấn chưa đầu tư mua sắm phần mềm chuyên dụng, đầu tư chất xám vào nghiên cứu nâng cao tay nghề, khả năng tính toán hố đào cho đội ngũ kỹ sư của mình. Các kỹ sư thiết kế chưa đủ kinh nghiệm để lường trước tất cả các vấn đề phát sinh trong quá trình thi công, không đủ kinh nghiệm để đưa ra một giải pháp hố đào hợp lý vừa an toàn vừa mang lại hiệu quả về kinh tế.

3.2.1. Hàm lượng ứng dụng công nghệ tin học trong thiết kế chưa cao

Trên thế giới đã phát triển một số phần mềm chuyên dụng như: Plaxis, Geo Slope, FB-Pier, CYPE, VEX... tính toán được hầu hết các thông số yêu cầu của hố đào: Chuyển vị của tường chắn đất, chuyển vị của đất nền xung quanh công trình hố đào, chuyển dịch của dòng thấm,... Các phần mềm giá tương đối cao. Hiện nay ở Hà Nội, hệ thống tư vấn thiết kế chưa có những đơn vị chuyên sâu đủ mạnh về thiết kế phần ngầm, các đơn vị tư vấn chưa đầu tư nhiều vào phần mềm tính toán hố đào do chưa có nhiều việc. Sử dụng các phần mềm chuyên dụng này đòi hỏi phải hiểu rõ phương pháp phân tích ứng suất tổng hay phân tích ứng suất hữu hiệu được tính toán trong phần mềm, từ đó sử dụng số liệu đầu vào của đất nền cho phù hợp với điều kiện thực tế. Tuy nhiên, số liệu khảo sát phụ thuộc rất lớn

ở người khảo sát và thí nghiệm nhưng lại chưa có sự kết hợp chặt chẽ giữa đơn vị thiết kế và đơn vị khảo sát. Do đó, khi sử dụng kết quả khảo sát để tính toán thường có sự sai khác nhiều so với thực tế. Ngoài ra, vì lý do kinh tế nên ở một số nơi sử dụng không có bản quyền (phần mềm bê khóa), kết quả tính toán không đảm bảo độ tin cậy khi sử dụng phần mềm này.

3.2.2. Đội ngũ tham gia thiết kế

Hiện nay, đội ngũ tham gia công tác thiết kế hố đào thường là kỹ sư xây dựng nhưng không phải ai cũng thông thạo các vấn đề về đất nền. Ngược lại, người kỹ sư địa kỹ thuật có kiến thức sâu về đất nền thì khả năng về thiết kế xây dựng chưa được đào tạo chuyên sâu. Trong khi đó, để thiết kế được một công trình hố đào hoàn chỉnh đòi hỏi người kỹ sư phải am hiểu cả về địa kỹ thuật và kết cấu xây dựng. Đây là một vấn đề tương đối khó với mô hình đào tạo hiện nay. Để giải quyết vấn đề này đòi hỏi phải kết hợp một cách bài bản giữa kỹ sư xây dựng và kỹ sư địa kỹ thuật.

Cán bộ thiết kế vẫn đang thiết kế với những phương pháp cổ điển, chưa có điều kiện để học hỏi và nghiên cứu những phương pháp thiết kế mới. Nhiều người chưa được đào tạo, chưa được cập nhật và đào tạo sử dụng các phần mềm thiết kế hố đào, vì vậy họ vẫn thiết kế một cách tùy tiện, hiểu thế nào thì thiết kế như vậy. Điều đó gây khó khăn cho công tác quản lý và kiểm soát chất lượng hố đào. Hậu quả là đã có những trường hợp để xảy ra sự cố hố đào, gây ảnh hưởng đến các công trình lân cận.

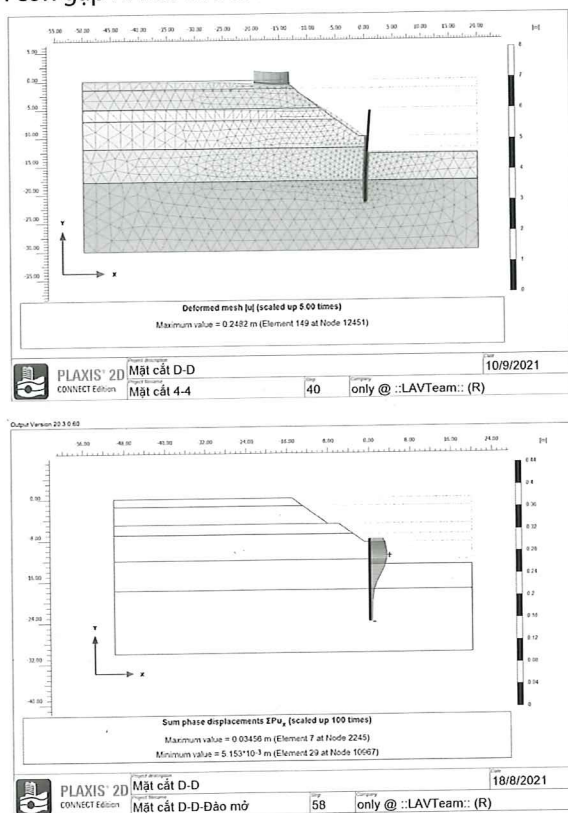
3.2.3. Các phương pháp tính toán thiết kế kết cấu giữ an toàn hố đào

Các kỹ sư thiết kế hiện đang thiết kế theo 2 nhóm phương pháp thiết kế hố đào: Nhóm 1: Thiết kế kết cấu chắn giữ hố đào như một cấu kiện chịu áp lực đất; Nhóm 2: Thiết kế kết cấu chắn giữ hố đào làm việc đồng thời với đất. Hai nhóm phương pháp này tuy được áp dụng đồng thời trong thiết kế hố đào nhưng vẫn còn rất nhiều khó khăn, tùy từng nhóm phương pháp mà có những khó khăn khác nhau.

Với nhóm phương pháp 1, không xác định được chuyển vị của nền đất xung quanh hố đào, không xác định được độ lún của các công trình lân cận. Do vậy, độ chính xác không cao với nhiều giả thiết gần đúng. Không phân tích được sự làm việc đồng thời với đất nền.

Với nhóm phương pháp 2 đòi hỏi phải có những phần mềm chuyên dụng để tính toán như: Plaxis, Geo5... Qua đó, ta xác định được chuyển vị chính xác của tường chắn đất, chuyển vị của đất nền xung quanh hố đào và dự báo được chuyển vị của đất nền các công trình lân cận. Tuy nhiên, những phần mềm này có giá tương đối cao. Không chỉ khó khăn về mặt kinh tế, để sử dụng các phần mềm này đòi hỏi số liệu đầu vào phải chính xác. Vì những khó khăn liên quan đến công tác thí nghiệm xác định chính xác giá trị

của các thông số đầu vào nên việc áp dụng phần mềm tính toán còn gặp nhiều khó khăn.



Hình ảnh tính toán hố đào mở bằng phần mềm Palxis

3.3. Rủi ro trong quá trình thi công xây dựng

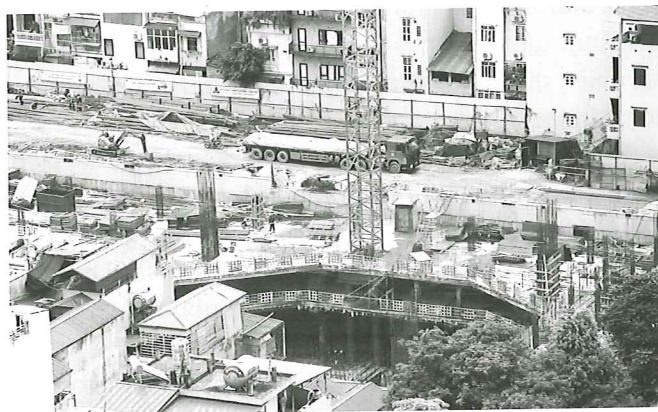
Thi công hố đào sâu khi xây chen trong thành phố là công việc tuy không còn mới nhưng với diện tích không gian xây dựng ngày càng chật hẹp, các đơn vị thi công không có nhiều lựa chọn giải pháp thi công, đặc biệt với phương pháp đào mở hố móng. Với những đặc thù riêng về cấu trúc đất nền ở Hà Nội nói chung và Long Biên nói riêng, lựa chọn biện pháp thi công nào để đảm bảo an toàn cho chính công trình hố đào và công trình lân cận luôn là vấn đề khó khăn cho đơn vị thi công và có độ rủi ro cao trong quá trình triển khai xây dựng.

3.3.1. Lựa chọn đơn vị thi công

Số lượng công trình có hố đào sâu hiện nay tương đối lớn, không phải đơn vị thi công nào cũng có đủ năng lực để thi công hố đào sâu nên vẫn nhiều công trình được thi công bởi những đơn vị không chuyên nghiệp, chưa có kinh nghiệm trong thi công hố đào. Các đơn vị thi công không kiểm soát được chất lượng hố đào một cách toàn diện, nhất là vấn đề kiểm soát chuyển vị của đất nền xung quanh hố đào do chưa có đội ngũ cán bộ phù hợp với tính chất phức tạp của hố đào. Nhiều đơn vị vẫn thi công bằng những máy móc cũ với công nghệ lạc hậu, chưa chú trọng đến các thiết bị quan trắc hố đào, không kiểm tra chính xác được chuyển vị hố đào, không dự báo được chuyển vị tiếp theo của tường. Điều này làm ảnh hưởng nhiều đến chất lượng thi công hố đào.

Biện pháp thi công hố đào ở Hà Nội hiện đang được sử dụng chủ yếu 2 phương pháp: Phương pháp Topdown và Phương pháp thi công đào mở. Các phương pháp này được ứng dụng tùy theo từng công trình, từng đơn vị thi công và chưa có một chuẩn mực nào cho việc ứng dụng này. Điều này gây khó khăn rất nhiều cho các đơn vị khi lựa chọn biện pháp thi công hố đào.

Biện pháp thi công Top- Down: Thi công theo phương án Top-Down thường được sử dụng rộng rãi trong công trình dân dụng, đặc biệt là nhà cao tầng có nhiều tầng hầm. Thi công theo phương án này thường tốn rất nhiều thời gian cho thi công hố đào. Quá trình thi công hố đào càng lâu thì chuyển vị của nền đất xung quanh hố đào càng lớn, đất xung quanh hố đào bị mất nước làm chuyển vị của nền đất xung quanh tăng nhanh theo thời gian. Khi đất xung quanh hố đào chuyển vị sẽ làm các công trình lân cận hố đào bị lún lệch, lún nghiêng. Do đó, nếu thời gian thi công hố đào kéo dài có thể làm công trình lân cận bị ảnh hưởng.



Biện pháp thi công đào mở: Với biện pháp thi công đào mở, phương án này thi công nhanh, đơn giản nhưng chúng thường sử dụng thép hình để chống giữ thành hố đào. Độ ổn định của thanh chống bằng thép hình thường không cao so với việc chống giữ thành hố đào bằng sàn bê tông cốt thép. Điều này gây chuyển vị rất lớn với kết cấu giữ thành hố đào như: Tường cử Larsen, tường vây, cử bê tông cốt thép dự ứng lực,... Những chuyển vị này thường tương đối lớn, độ ổn định không cao gây ảnh hưởng xấu đến các công trình lân cận. Việc sử dụng thép hình để chống đỡ có giá thành tương đối cao nên các đơn vị thi công thường tiết kiệm, chống không đủ độ dày, không đủ độ cứng của hệ thanh chống. Điều này gây ra chuyển vị nhanh và lớn của nền đất xung quanh hố đào, có thể gây sự cố cho công trình lân cận. Với những công trình thi công đào mở thông thường cần có mặt bằng đủ rộng và khoảng cách tới các công trình lân cận tương đối lớn để đảm bảo các điều kiện về ảnh hưởng các công trình lân cận.

Khi thi công đào mở cần tuyệt đối tuân thủ các biện pháp về công tác thi công tường chắn: Bằng cử hoặc



tường vây bê tông cốt thép... và các biện pháp về đào đất theo từng giai đoạn. Trong quá trình thi công phải luôn quan trắc các chuyển vị của tường chắn và các công trình lân cận để cảnh báo các nguy cơ có thể xảy ra trong quá trình đào đất hố móng. Với biện pháp thi công đào mở nếu tính toán và thi công đảm bảo có thể giúp đẩy nhanh tiến độ thi công cho công trình rất nhiều qua đó có thể giảm được giá thành xây dựng công trình.

Biện pháp thi công Semi - Topdown: Đây là biện pháp kết hợp giữa thi công theo phương án Top down và phương án đào mở. Phương án này tuy giảm được thời gian thi công, nhưng chuyển vị đầu kết cấu chắn giữ thành hố đào là tương đối lớn, đây là phương án thuận lợi cho thi công hố đào sâu.

Nhìn chung, với tất cả các biện pháp thi công hố đào hiện nay đều gây ra chuyển vị cho đất nền xung quanh. Những chuyển vị này đều gây ảnh hưởng xấu đến các công trình lân cận. Do đó, trong quá trình thi công hố đào cần thực hiện quan trắc địa kỹ thuật (quan trắc chuyển vị của tường chắn; quan trắc nước dưới đất; quan trắc lún đất nền và công trình lân cận...).

3.3.3. Quan trắc địa kỹ thuật

Ngày càng có nhiều vấn đề liên quan ảnh hưởng đến công trình lân cận khi thi công hố đào sâu bằng phương pháp đào mở trong khu vực đông dân cư có mặt bằng chật hẹp. Mặc dù đã có những cải tiến trong phân tích công nghệ thiết kế và thi công hố đào nhưng chưa thể bao quát hết những thay đổi trong quá trình đào, vì vậy cần bố trí hệ thống quan trắc địa kỹ thuật. Hệ thống quan trắc này không chỉ giúp dự báo và phòng ngừa sự cố xảy ra cho chính công trình đang thi công cũng như các công trình lân cận mà còn góp phần điều chỉnh biện pháp kỹ thuật thi công và giúp điều chỉnh hồ sơ thiết kế cho phù hợp với điều kiện thực tế. Kết quả quan trắc còn góp phần tạo cơ sở, bằng chứng kỹ thuật để giải quyết tranh chấp pháp lý xảy ra khi có khiếu kiện.

3.4. Rủi ro trong công tác quản lý

Các rủi ro dẫn đến cho quá trình thi công hố đào có rất nhiều, một trong số đó có thể kể đến như:

Một số Chủ đầu tư chưa hình dung được mức độ phức tạp khi quản lý dự án xây dựng có tầng hầm, không hình dung được các bước khi thi công tầng hầm; chưa có hệ thống kiểm tra, kiểm soát một cách chặt chẽ ở tất cả các bước từ khảo sát, thiết kế biện pháp thi công, thi công tới xử lý các tình huống phát sinh khi thi công.

Rủi ro từ các nhà thầu tư vấn chưa nắm hết được công nghệ mới trong thi công phần hầm sâu nên thực tế các hồ sơ thiết kế kỹ thuật và bản vẽ thi công còn nhiều điểm không phù hợp với điều kiện thực tế.

Số lượng nhà thầu xây lắp có đủ năng lực thi công công trình có nhiều tầng ngầm và tầng hầm còn ít.

Một số dự án chủ đầu tư, đơn vị tư vấn thiết kế, tư vấn giám sát còn chưa tuân thủ nghiêm túc quy trình và tiêu chuẩn. Biện pháp thi công của nhà thầu chưa được chủ đầu tư thuê đơn vị tư vấn độc lập thẩm định. Chưa có điều tra, khảo sát các công trình lân cận hố đào.

Công tác quan trắc, kiểm tra, đánh giá kết cấu các công trình lân cận nằm trong phạm vi vùng ảnh hưởng của hố đào cũng như cho công tác quan trắc địa kỹ thuật chưa được quan tâm đúng mực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

1. Nguyễn Bá Kế. 2008. Thiết kế và thi công hố móng sâu. NXB Xây dựng.
2. Nguyễn Bá Kế. 2010. Xây dựng công trình ngầm đô thị theo phương pháp đào hở. NXB Xây dựng.
3. Soil Mech (2005). Supported excavations in soft soil deposits. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 131, Issue 2 (February 2005).
4. Moorak Son and Edward J. Cording (2005). Estimation of building damage to excavation - induced ground movements. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, Vol. 131. Issue 2 (February 2005).