VẬT LIỆU & XÂY DỰNG
Tạp chí Vật liệu và Xây dựng
ISSN 1859 - 381X
Website: www. jomc.vn

Quản lý rủi ro an toàn của các công trình xung quanh trong quá trình xây dựng tuyến tàu điện ngầm tại thành phố Hà Nội

Nguyễn Công Giang[1*]

[1] Khoa xây dựng, Trường đại học Kiến trúc Hà Nội

TỪ KHOÁ

Quản lý rủi ro
Thi công đường hầm
Giám sát và đo lường
Tiêu chí kiểm soát
Toà nhà
Độ lún
Độ nghiêng

TÓM TẮT

Thành phố Hà Nội đang đẩy nhanh quá trình hiện đại hoá đô thị và tầm quan trọng trong việc nâng cao hạ tầng giao thông là không thể phủ nhận. Điều này không chỉ thúc đẩy sự phát triển của giao thông đô thị mà còn đáp ứng được yêu cầu đặc thù của thành phố Hà Nội. Tuy nhiên, tác động của việc xây dựng hệ thống tàu điện ngầm đối với các công trình xung quanh không hề nhỏ. Điều này đặt ra những thách thức lớn trong việc thi công, đòi hỏi các biện pháp kiểm soát độ lún và độ nghiêng của các công trình xây dựng bên trên mặt đất để đảm bảo an toàn và hiệu quả cho cả hệ thống tàu điện ngầm và môi trường xung quanh. Mục tiêu của bài báo này là đánh giá mức độ ảnh hưởng của việc xây dựng tuyến tàu điện ngầm đối với các công trình lân cận và đề xuất các phương pháp quản lý, bảo vệ phù hợp. Bằng cách này, chúng ta có thể tạo ra các hướng dẫn rõ ràng và thực tiễn để thúc đẩy việc xây dựng hạ tầng giao thông đô thị một cách bền vững và hiệu quả.

KEYWORDS

Risk management
Tunnel construction
Monitoring and measuring
Control criteria
Buildings
Settlement
Tilt

ABSTRACT

Hanoi City is accelerating the process of urban modernization, and the importance of improving transportation infrastructure is undeniable. This promotes urban transportation development and meets Hanoi city's specific requirements. However, the impact of constructing the urban tunnel system on surrounding structures is not tiny. This poses significant challenges in construction, requiring measures to control settlement and tilt of above-ground construction works to ensure safety and efficiency for the entire tunnel system and surrounding environment. This article aims to evaluate the impact of the subway line's construction on surrounding buildings and propose appropriate management and protection methods. In this way, we can create precise and practical guidelines to promote urban transport infrastructure's sustainable and efficient construction.

1. Đặt vấn đề

Đầu thế kỉ 21 là giai đoạn quan trọng để phát triển hệ thống giao thông ngầm đô thị, các dự án đường hầm và dự án không gian ngầm. Để giải quyết vấn đề thiếu hụt quỹ đất trầm trọng để xây dựng bãi đỗ xe, khu trung tâm thương mại, hệ thống thông tin liên lạc, cấp thoát nước, cấp điện và các dự án kỹ thuật khác, thành phố Hà Nội cần hướng tới phát triển và tận dụng mạnh mẽ không gian ngầm. Với sự phát triển về cơ sở hạ tầng, các công trình ngầm đang được xây dựng tại các khu vực đô thị, đặc biệt là ở các khu vực trung tâm, nơi có mật độ xây dựng trên mặt đất dày đặc, nên việc xây dựng tàu điện ngầm có thể gây nguy hiểm cho sự an toàn của các công trình xung quanh. Vì vậy việc quản lý rủi ro trong quá trình thi công tàu điện ngầm là rất cần thiết. Trước khi thi công cần tìm hiểu rõ ràng về kết cấu, loại hình, tuổi, tình trạng sử dụng… của các công trình dọc theo tuyến dự án, đánh giá các công trình trước khi thi công, xác định biến dạng hiện có của công trình và khả năng chống lại các biến dạng tồn dư của công trình. Thứ hai, việc giám sát, đo lường, phải được thực hiện trong quá trình xây dựng và đưa ra các nhận định dựa trên các chỉ số đánh giá để đánh giá công trình. Bằng cách này, có thể đưa ra các quyết định kỹ thuật hợp lý hơn và các biện pháp dự phòng tại chỗ để giải quyết tác động của việc xây dựng công trình ngầm đô thị đối với các toà nhà. Cuối cùng, thực hiện việc đánh giá sau xây dựng của toà nhà.

Hiện nay có nhiều tài liệu nghiên cứu trong nước và trên thế giới về đánh giá tác động của việc xây dựng tàu điện ngầm đối với các toà nhà xung quanh. Chúng mô tả tác động của việc xây dựng tàu điện ngầm đối với các toà nhà và các biện pháp bảo vệ được thực hiện đối với các toà nhà đó, tuy nhiên tất cả đều chỉ đang được thực hiện ở trường hợp riêng lẻ và không có phần giới thiệu hệ thống và cách tiến hành đánh giá rủi ro an toàn của các toà nhà và mức độ biến dạng dư mà toà nhà có thể chịu được trong quá trình xây dựng tàu điện ngầm (tức là đánh giá hiện trạng của toà nhà). Vì vậy, từ những quan điểm nêu trên, bài báo này đề xuất các bước đánh giá rủi ro an toàn xây dựng từ các khía cạnh tác động của việc xây dựng tuyến tàu điện ngầm đối với các toà nhà và công tác quản lý, nhằm cung cấp tài liệu tham khác cho các dự an tương tự khác.

*Liên hệ tác giả: gianglientca@gmail.com
Nhận ngày 17/04/2024, sửa xong ngày 04/05/2024, chấp nhận đăng ngày 09/05/2024
Link DOI: https://doi.org/10.54772/jomc.03.2024.693

2. Đánh giá rủi ro an toàn cho các công trình xung quanh tuyến tàu điện ngầm

Trong quá trình xây dựng hệ thống tàu điện ngầm, sự xáo trộn của đất đá là không thể tránh khỏi và điều này sẽ ảnh hưởng đến kết cấu của các toà nhà lân cân. Để đảm bảo an toàn cho các toà nhà trong quá trình triển khai dự án, cần thực hiện một quá trình điều tra cẩn thận và đánh giá tỉ mỉ hiện trạng của các toà nhà, dự đoán phạm vi, mức độ ảnh hưởng của việc xây dựng tàu điện ngầm đối với các toà nhà và kịp thời có biện pháp ứng phó tương ứng. Mục tiêu là đảm bảo rằng quá trình xây dựng tàu điện ngầm diễn ra một cách an toàn và có trật tự, và đồng thời đảm bảo rằng hoạt động hàng ngày của các tòa nhà xung quanh không bị ảnh hưởng nhiều. Để đạt được mục tiêu này, cần tiến hành năm khía cạnh công việc cơ bản sau đây:

- Khảo sát thông tin các toà nhà xung quanh
- Đánh giá hiện trạng các toà nhà xung quanh
- Dự đoán tác động của việc xây dựng tàu điện ngầm đối với các toà nhà xung quanh
- Xây dựng tiêu chuẩn kiểm soát việc xây dựng tuyến tàu điện ngầm
- Xây dựng các quy trình quản lý và kiểm soát quá trình xây dựng tuyến tàu điện ngầm

2.1. Khảo sát thông tin các toà nhà xung quanh

Mục đích của khảo sát thông tin các toà nhà xung quanh là nắm bắt chính xác dữ liệu thực tế của chúng, và mối quan hệ không gian của chúng với tuyến tàu điện ngầm. Việc điều tra dữ liệu toà nhà bao gồm các khía cạnh sau:

2.1.1. Khảo sát thông tin liên quan đến toà nhà

Các số liệu điều tra liên quan đến công trình chủ yếu bao gồm: bản vẽ thiết kế ban đầu và bản vẽ hoàn công, báo cáo địa chất công trình (đối với những thông tin trước đây chưa có hoặc còn thiếu thì phải tiến hành khảo sát bổ sung khi cần thiết), bản vẽ thiết kế gia cố, cải tạo trước đó, báo cáo xử lý sự cố và hồ sơ nghiệm thu hoàn thành; tình trạng xây dựng ban đầu (dữ liệu ban đầu về điều kiện sử dụng tòa nhà);

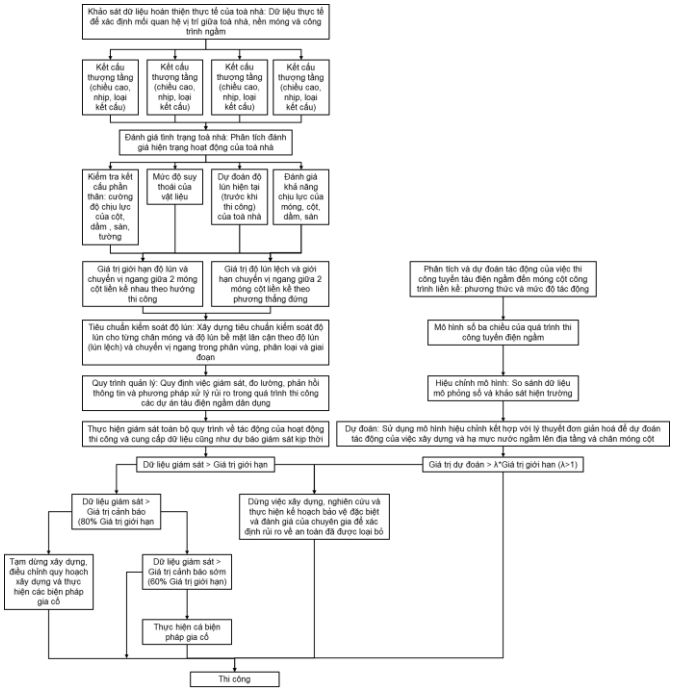
2.1.2. Khảo sát thông tin liên quan đến kết cấu tuyến tàu điện ngầm

Việc khảo sát số liệu liên quan đến kết cấu tuyến tàu điện ngầm chủ yếu bao gồm: sơ đồ mặt bằng; bản đồ số liệu địa chất khu vực xây dựng; số liệu thiết kế, bao gồm hình dạng, kích thước mặt cắt dọc và mặt cắt ngang của tuyến và nhà ga; sơ đồ quan hệ vị trí với công trình hiện hữu; đặc tính vật liệu kết cấu và các thông số hình học. Phân tích, tính toán và phân tích các thành phần kết cấu, đo đạc tại chỗ và kiểm tra kết cấu khi cần thiết.

2.2. Đánh giá hiện trạng các toà nhà xung quanh

Để hiểu được hiện trạng hoạt động của các tòa nhà trước khi xây dựng tuyến tàu điện ngầm và làm cơ sở cho việc xây dựng các tiêu chuẩn kiểm soát độ lún (độ nghiêng) của mặt đất và phương án kỹ thuật trong quá trình xây dựng tuyến tàu điện ngầm, cần đánh giá hiện trạng của các tòa nhà trong phạm vi ảnh hưởng của dự án. Mục đích của việc đánh giá là:

- Xác định chính xác mức độ nguy hiểm của công trình, kịp thời quản lý, gia cố công trình để đảm bảo an toàn;
- Thông qua việc phát hiện và phân tích, đánh giá hiện trạng làm việc của tòa nhà và khả năng chống biến dạng bổ sung của tòa nhà;
- Cung cấp cơ sở để xây dựng các giá trị kiểm soát giới hạn biến dạng bổ sung của công trình (như độ lún, độ lún vi sai, chuyển vị ngang và độ nghiêng, v.v.).



Hình 1. Sơ đồ quản lý rủi ro an toàn khi thi công tuyến tàu điện ngầm.

2.2.1. Phạm vi đánh giá

Dựa trên phạm vi ảnh hưởng của việc xây dựng tuyến tàu điện ngầm và thiệt hại mà các tòa nhà có thể gặp phải trong quá trình xây dựng tàu điện ngầm. Về nguyên tắc, các tòa nhà được đánh giá sẽ nằm trong phạm vi 30m tính từ tim trục đường hầm. Đối với các ga, phạm vi này sẽ là 50m. Đối với mỗi tòa nhà, cần đưa ra đánh giá toàn diện dựa trên mối quan hệ vị trí giữa tòa nhà và kết cấu tàu điện ngầm, tính chất của tòa nhà, hình thức nền móng và tầm quan trọng của tòa nhà để xác định liệu tòa nhà có nên được đánh giá về khả năng chịu lực hay không cũng như trạng thái an toàn hiện tại của nó.

2.2.2. Nội dung đánh giá

a) Đánh giá an toàn công trình

Đánh giá an toàn công trình gồm 4 phần: Tính toán, đánh giá khả năng chịu lực của nền móng và kết cấu phần thân; Biến dạng kết cấu và các mối nối; Xác định mức độ an toàn hiện tại của tòa nhà dựa trên các tiêu chuẩn và quy trình liên quan để đánh giá an toàn tòa nhà.

b) Giá trị kiểm soát độ lún công trình

Căn cứ vào độ lún trước khi thi công (hoặc độ lún lệch) của công trình, kiểm tra khả năng chịu lực và khả năng chịu lực còn lại của kết cấu công trình, cuối cùng xác định khả năng biến dạng còn lại (độ lún hoặc độ lún lệch) của công trình.

2.2.3. Phương pháp đánh giá

a) Ước tính độ lún hiện tại của nền móng

Để tính toán độ lún trước khi thi công (hoặc độ lún lệch) của nền móng, sử dụng TCVN 9362-2012 Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình và sử dụng phương pháp quan trắc nghiêng công trình, từ đó tính toán độ lún lệch trước khi thi công của công trình.

b) Ước tính khả năng chịu lực hiện tại của toà nhà

Các tính toán thực hiện dựa trên giá trị độ lún (hoặc độ lún lệch) của nền móng công trình cũng như kết cấu móng và điều kiện địa chất hiện tại (điều kiện về địa chất hiện nay có thể đã thay đổi so với khảo sát địa chất lúc mới bắt đầu xây dựng toà nhà, như mực nước ngầm giảm, và nội đô Hà Nội tập trung nhiều chung cư cao tầng cũng làm đất nền bị suy yếu đi).

Trên cơ sở phân tích khả năng chịu lực của kết cấu phần thân của công trình, đánh giá được khả năng chống biến dạng của kết cấu. Trong kiểm tra kết cấu, cần đánh giá mức độ suy thoái của vật liệu, ước tính độ lún trước khi thi công và khả năng chịu lực của nền móng, căn cứ vào khả năng chịu tải và biến dạng của kết cấu phần thân, xây dựng giá trị khuyến nghị cho độ lún dư (độ lún lệch) trước khi xây dựng tuyến tàu điện ngầm. Đồng thời, xác định giá trị khống chế chuyển vị ngang (hoặc chuyển vị ngang tương đối) giữa các chân cột liền kề.

2.3. Dự đoán tác động của việc xây dựng tàu điện ngầm đối với các toà nhà xung quanh (độ lún bề mặt, chuyển vị ngang)

2.3.1. Ảnh hưởng của hạ mực nước ngầm

Theo số liệu khảo sát địa chất, khi khử nước trong quá trình thi công cần xem xét vị trí hạ mực nước ngầm bất lợi nhất; đồng thời, cần xem xét phương án thoát nước nào sẽ tạo ra độ lún mặt đất nhỏ hơn. Sự gia tăng ứng suất hữu hiệu trong đất khi hạ mực nước ngầm cũng cần được tính toán để đưa ra độ lún lớn nhất trên mặt đất.

Nếu công trình tàu điện ngầm tiếp giáp với một tòa nhà có nguy cơ cao và việc hạ mực nước ngầm có thể có tác động lớn đến tòa nhà thì cần thiết kế một phương án hạ mực nước ngầm đặc biệt.

2.3.2. Ảnh hưởng của quá trình thi công đào hầm

Sử dụng mô phỏng 3D để mô phỏng quá trình thi công theo một phương pháp thi công nhất định. Phân tích ảnh hưởng đến các tầng của toà nhà và nền móng công trình. Cách thức: Sử dụng số liệu đo đạc sẵn để "hiệu chỉnh" mô hình số (xác định các thông số đầu vào của mô hình). Sau đó, mô hình số "đã hiệu chỉnh" được sử dụng để dự đoán mức độ tác động của các quá trình xây dựng tiếp theo đối với độ lún công trình.

2.4. Xây dựng tiêu chuẩn kiểm soát độ lún bề mặt

Về tiêu chuẩn kiểm soát độ lún bề mặt, hiện nay ở Việt Nam chưa có tiêu chuẩn thống nhất hoàn toàn, nhưng cả đơn vị thiết kế và đơn vị thi công đều có một quy định bất thành văn, đó là trong quá trình thi công các tuyến tàu điện ngầm nông và sâu, bề mặt giá trị độ lún phải được kiểm soát trong vòng 30 mm. Ví dụ như khi thi công tuyến tàu điện ngầm Bến Thành – Suối Tiên trong thành phố Hồ Chí Minh, luôn cố gắng kiểm soát độ lún bề mặt dưới 30mm, cụ thể độ lún tối đa đo được là 27mm, còn lại độ lún trung bình trong khoảng 10mm. Thực tế, trên thế giới, qua phân tích thống kê của tác giả về giá trị độ lún bề mặt của 12 đoạn tuyến ngầm và 7 nhà ga ngầm đặt nông và đặt sâu của Tuyến tàu điện ngầm số 5 Bắc Kinh, Trung Quốc, giá trị độ lún bề mặt lớn nhiều hơn 30 mm (như nhà ga Puhuangyu, giá trị độ lún của hầu hết các điểm đo bề mặt đều vượt quá 200 mm), nhưng các tòa nhà xung quanh không gặp nguy hiểm. Vì vậy, vấn đề về tiêu chuẩn kiểm soát độ lún bề mặt cần được phân tích dựa trên yếu tố môi trường trong phạm vi xây dựng tàu điện ngầm.

Hầu như không thể đào một đường hầm mà hoàn toàn không bị lún, biến dạng hay nứt, v.v. Mấu chốt của vấn đề là làm thế nào để kiểm soát chúng trong phạm vi cho phép. Về vấn đề này, các thông số kỹ thuật thiết kế có liên quan đã có quy định cụ thể (TCVN 9362-2012). Biến dạng do nền móng lún không đều và các yếu tố khác, cần có biện pháp kiểm soát độ nghiêng cục bộ đối với kết cấu chịu lực bằng gạch xây. Tỷ số giữa độ lún giữa hai điểm chân móng có nhịp từ 6 đến 10m là 0,002 đối với đất có sức chịu tải trung bình trở lên và 0,003 đối với đất có sức chịu tải thấp; đối với kết cấu khung bê tông cốt thép và kết cấu khung nhà xưởng công nghiệp, cần kiểm soát độ lún lệch của các chân cột liền kề, với kết cấu khung nhà xưởng công nghiệp (có nhịp 6m) là 200 mm, độ lún lệch giữa các chân cột liền kề của kết cấu khung bê tông cốt thép đối với đất có sức chịu tải trung bình trở lên là là 0,002L, và độ lún của kết cấu khung bê tông cốt thép đối với đất có sức chịu tải thấp là 0,003 L (L là tâm khoảng cách giữa các chân cột liền kề); đối với nhà nhiều tầng nhiều nhịp hoặc nhà cao tầng hay nhà chọc trời, cần có biện pháp kiểm soát giá trị độ nghiêng (xem Bảng 1 và Bảng 2), nếu cần thiết cũng phải kiểm soát độ lún trung bình và giới hạn độ lún trung bình của móng công trình là 200 mm, còn đối với nhà dân dụng thì giá trị này là 80 mm.

Bảng 1. Giá trị cho phép của độ nghiêng tổng thể của nhà nhiều tầng nhiều nhịp và nhà cao tầng (mm).

Chiều cao công trình (m)	H ≤ 24	24 < H ≤ 60	60 < H ≤ 100	H > 100
Giá trị độ nghiên cho phép	0,004	0,003	0,0025	0,002

Bảng 2. Giá trị cho phép của móng đối với nhà chọc trời.

Chiều cao công trình (m)	H ≤ 20	20 < H ≤ 50	50 < H ≤ 100	100 < H ≤ 150	150 < H ≤ 200	200 < H ≤ 250
Giá trị độ nghiêng cho phép	0,008	0,006	0,005	0,004	0,003	0,002

2.4.1. Cơ sở xây dựng tiêu chuẩn kiểm soát độ lún

- Các tiêu chuẩn, thông số kỹ thuật và quy trình kỹ thuật liên quan do nhà nước, các bộ, uỷ ban và cơ quan hành hính địa phương ban hành;
- Số liệu thiết kế, thi công từng tuyến ngầm, nhà ga (bao gồm những thay đổi trong thiết kế, dữ liệu thi công);
- Báo cảm thẩm định của bộ phận thẩm định an toàn công trình về việc kiểm tra hình thức bên ngoài và đánh giá sơ bộ kết cấu công trình;
- Báo cáo tính toán và phân tích số về tác động của việc xây dựng tuyến tàu điện ngầm đến các công trình lân cận;
- Tham khảo kinh nghiệm thi công từ các dự án tương tự trong và ngoài nước;
- Các thông số kỹ thuật, thủ tục và tài liệu liên quan khác

2.4.2. Nguyên tắc xây dựng tiêu chuẩn kiểm soát độ lún

Trong cùng một toà nhà, do mỗi phần của kết cấu có các vị trí không gian khác nhau so với kết cấu tuyến tàu điện ngầm nên khi xây dựng các tiêu chuẩn kiểm soát độ lún của mặt đất, các tiêu chuẩn kiểm soát độ lún của mặt đất có thể được xây dựng theo yêu cầu của các bộ phận khác nhau của kết cấu. Các phần khác nhau trong kết cấu của toà nhà không cần phải được kiểm soát theo các tiêu chuẩn kiểm soát độ lún thống nhất. Vì vậy, tiêu chuẩn kiểm soát độ lún (hoặc độ lún lệch, hoặc chuyển vị ngang) có thể được xây dựng theo phân vùng, phân loại và giai đoạn.

Phân vùng: đề cập đến việc áp dụng các chỉ số kiểm soát khác nhau dựa trên các dạng kết cấu phần thân khác nhau của toà nhà.

Phân loại: Thống nhất phân loại các cấp công trình thành các cấp bảo vệ khác nhau tuỳ theo tầm quan trọng của công trình cũng như mức độ nguy hiểm của chúng.

Giai đoạn: đề cập đến việc chia quá trình xây dựng của tòa nhà thành nhiều giai đoạn xây dựng chính và đề xuất các chỉ số kiểm soát ứng với mỗi từng giai đoạn.

Mô tả chi tiết về phân vùng, phân loại và giai đoạn cần được phân tích toàn diện dựa trên tính chất cụ thể của công trình, hình thức móng, vị trí của công trình, v.v.

2.4.3. Tiêu chuẩn kiểm soát độ lún được khuyến nghị

Dựa trên những phân tích trên, khuyến xây dựng các tiêu chuẩn kiểm soát độ lún ở 4 khía cạnh:

- Độ lún (nếu công trình sử dụng móng cọc hoặc móng đơn thì phải kể đến độ lún ở mỗi đài cọc);
- Tốc độ lún (nếu công trình sử dụng móng cọc hoặc móng đơn thì phải kể đến độ lún ở mỗi đài cọc);
- Độ lún lệch giữa các móng liền kề theo phương thi công thẳng đứng;
- Độ lún lệch giữa các móng liền kề theo hướng thi công tuyến tàu điện ngầm.

3. Xây dựng các biện pháp kiểm soát rủi ro

3.1. Giám sát quá trình thi công

Giám sát và đo lường (quan trắc) là phương tiện không thể thiếu trong việc thiết kế thông tin và xây dựng các công trình ngầm. Do việc xây dựng tàu điện ngầm chắc chắn sẽ tác động đến các toà nhà trong khu vực xung quanh, gây ra các vết nứt, nghiêng, thậm chí gây sập. Do đó, việc quan trắc toà nhà nên được đưa vào để đánh giá rủi ro cho toà nhà như một quá trình quan trọng không thể thiếu.

Trong quá trình xây dựng tàu điện ngầm, toàn bộ quá trình tác động đến các công trình lân cận phải được giám sát, đồng thời phải cung cấp thông tin giám sát và dự báo kịp thời để đánh giá tác động của việc xây dựng tàu điện ngầm đối với các công trình đó và dự đoán các mối nguy hiểm có thể xảy ra. Trong quá trình giám sát, giá trị giám sát của từng hạng mục có thể được kiểm soát ở ba cấp độ: giá trị cảnh báo sớm, giá trị cảnh báo và giá trị giới hạn:

- Giá trị cảnh báo sớm là giá trị độ lún lệch lớn nhất có thể đạt được mà không gây hư hại cho công trình. Giá trị cảnh báo sớm cho từng chỉ tiêu trên được lấy bằng 60 % giá trị giới hạn;
- Giá trị cảnh báo là giá trị mà tại đó cần thực hiện các biện pháp cần thiết để ngăn chặn khi độ lún quá lớn hoặc độ lún tăng quá nhanh. Giá trị cảnh báo của từng chỉ tiêu trên được lấy bằng 80 % giá trị giới hạn;
- Giá trị giới hạn đề cập đến giá trị kiểm soát độ lún tối đa (hoặc độ lún lệch, hoặc chuyển vị ngang) có thể đạt được trong quá trình thi công. Nếu vượt quá giá trị này, kết cấu của toà nhà sẽ bị hư hại. Khi bất kỳ chỉ tiêu nào trên đạt hoặc tiệm cận giá trị giới hạn thì phải dừng thi công ngay và báo cáo lại đội ngũ chuyên môn để kiểm tra, phân tích và xác định biện pháp xử lý cụ thể;
- Khi mỗi chỉ số trên nhỏ hơn giá trị cảnh báo, thì việc thi công có thể tiến hành thuận lợi;
- Khi bấy kỳ chỉ tiêu nào vượt trên giá trị cảnh báo quá sớm thì cần xây dựng và thực hiện kịp thời các biện pháp cần thiết để giảm độ lún (hoặc độ lún lệch)
- Bất kỳ chỉ số nào vượt qua giá trị cảnh báo, cần tổ chức một nhóm chuyên gia kịp thời để tiến hành kiểm tra và phân tích, đồng thời

thực hiện các biện pháp bảo vệ tương ứng để đảm bảo an toàn cho kết cấu toà nhà.

Nếu công trình tuyến tàu điện ngầm liền kề với tòa nhà có nguy cơ cao thì cần thiết kế kế hoạch đo lường và giám sát đặc biệt cho tòa nhà đó.

3.2. Kiểm soát quá trình thi công

Trong phân tích bên trên, sau khi xác định được tiêu chuẩn kiểm soát độ lún (chuyển vị ngang) của từng chân cột. Đầu tiên lựa chọn phương pháp thi công tối ưu và phương pháp thi công phụ trợ, trên cơ sở xác định phương pháp thi công đó, thực hiện kiểm soát độ lún trong quá trình thi công và đảm bảo rằng độ lún nằm trong phạm vi kiểm soát.

(1) Tối ưu hoá biện pháp thi công

Lựa chọn một số phương pháp thi công khả thi (bao gồm các phương pháp thi công hiện có do các đơn vị thiết kế đề xuất) để tiến hành tính toán mô phỏng số nhằm xác định phương pháp thi công tốt nhất khi cần bổ sung các biện pháp phụ trợ cũng cần xác định phương pháp thi công phụ trợ tốt nhất;

(2) Kiểm soát độ lún trong quá trình thi công

Kiểm soát độ lún trong quá trình thi công là kiểm soát chặt chẽ giá trị độ lún bề mặt hoặc giá trị chuyển vị ngang của công trình lân cận trong từng giai đoạn thi công tuyến tàu điện ngầm. Như vậy, toàn bộ giá trị cuối cùng của độ lún bề mặt và giá trị chuyển vị ngang của công trình đều được kiểm soát trong phạm vi cho phép trong tiêu chuẩn. Các bước kiểm soát độ lún:

- Dựa trên khảo sát hiện trường và kinh nghiệm kỹ thuật, căn cứ vào phân tích tính toán, trên cơ sở đáp ứng khả năng chịu lực của kết cấu toà nhà, cần xem xét toàn diện các chỉ tiêu kinh tế, kỹ thuật và xác định các chỉ tiêu kiểm soát tổng thể của các thông số kiểm soát trong quá trình thi công;
- Trên cơ sở đó, kết hợp với các phương pháp thi công trước đây, xác định mục tiêu kiểm soát của từng quá trình. Dựa trên kinh nghiệm đã có, kết hợp với lý thuyết và tính toán số, đưa ra tiêu chuẩn kiểm soát cho từng quá trình;
- Trong quá trình thi công, nếu các thông số kiểm soát của quá trình thi công trước đó nằm trong phạm vi tiêu chuẩn kiểm soát thì việc thi công sẽ tiếp tục. Nếu các thông số này vượt quá phạm vi tiêu chuẩn kiểm soát, quá trình thi công tiếp theo sẽ được điều chỉnh để đảm bảo rằng các thống số này nằm trong phạm vi cho phép;
- Nguyên tắc chung: Trong quá trình thi công tuyến tàu điện ngầm phải đảm bảo giá trị các thông số kiểm soát luôn nằm trong phạm vi cho phép.

4. Các biện pháp bảo vệ và gia cố chung cho công trình

4.1. Biện pháp bảo vệ toà nhà

Trước khi thi công, hãy điều tra khảo sát tất cả công trình trong phạm vi ảnh hưởng, tập trung xác định loại hình kết cấu, nền móng, tuổi công trình, vật liệu xây dựng, tình trạng chất lượng, tình trạng làm việc và mối quan hệ không gian với tuyến tàu điện ngầm. Khi công trình có nguy cơ hư hại cao, cần tuân thủ nguyên tắc: "Gia cố trước, thi công sau".

Các biện pháp gia cố chính trước khi thi công:

(1) Căn cứ vào điều kiện thực tế của dự án, có thể lựa chọn các biện pháp gia cố nền như khoan phụt vữa, cọc cách ly và các biện pháp gia cố đất khác. Trong trường hợp nghiêm trọng có thể sử dụng phương án bổ sung móng cọc, hoặc gia cố kết cấu móng cho công trình;

(2) Khoan phụt vữa (Jet Grouting): Là quá trình bê tông hoá đất. Tia nước và tia vữa phun ra với áp suất cao (200-400 atm) và tận tốc lớn (>100m/s), các phần tử đất xung quanh lỗ khoan bị xới tơi ra và hoà trộn với vữa phụt đông cứng tạo thành một khối đồng nhất "Xi măng – đất"

(3) Cọc cách ly: Cọc cách ly là phương pháp gia cố nền móng phổ biến và được sử dụng rộng rãi trong các toà nhà, cầu, đường hầm và các công trình khác. Chức năng của nó là bơm bê tông hoặc bê tông cốt thép xuống lòng đất xung quanh móng cũ bằng cách khoan hoặc đào lỗ, để tăng cường khả năng chịu lực cũng như nâng cao độ ổn định của nền móng.

Khi nguy cơ hư hại của các công trình liền kề lớn hơn thì cần xem xét đến việc thi công cọc cách ly xung quanh các đài móng để kiểm soát độ lún.

Khi thi công sử dụng móng cọc, việc bơm vữa giữa các cọc thể thể được xem như phương pháp cải thiện độ cố kết và cường độ của đất nền, tăng các ràng buộc về cùng chịu lực ở đáy cọc và giảm thiểu các tổn thất ma sát xung quanh cọc. Qua đó làm giảm mức độ biến dạng chính của toà nhà.

Nếu móng công trình là móng cọc và chiều dài cọc ngắn thì cần xét đến việc thi công cọc cách ly có độ sâu lớn, mở rộng đài cọc bằng công nghệ gia cố sau đóng cọc và chuyển một phần tải trọng sang cọc cách ly vừa mới thi công sau cho phù hợp với cọc ngắn. Các cọc ngắn cũng chịu tải trọng phía trên truyền xuống và cùng chống biến dạng trong quá trình thi công tiếp theo.

(4) Bổ sung móng cọc, hoặc gia cố kết cấu móng cho công trình.

Khi nguy cơ thiệt hại cho các tòa nhà lân cận là nhỏ, việc thi công và gia cố có thể được thực hiện đồng thời, và tiến quan trắc công trình trong quá trình thi công. Hoặc việc thi công tuyến tàu điện ngầm có thể được thực hiện trước rồi mới gia cố công trình lân cận sau, nghĩa là sau khi xây dựng xong, có thể xác định liệu tòa nhà có cần được gia cố hay không dựa trên các trường hợp cụ thể.

4.2. Biện pháp gia cố trong thi công tuyến tàu điện ngầm

Thi công tuyến tàu điện ngầm trong khu vực đô thị, phương pháp thi công tối ưu nhất là phương pháp thi công bằng khiên đào TBM.

(1) Thi công tuyến tàu điện ngầm bằng khiên đào tuân thủ nghiêm ngặt các bước thi công "chuẩn bị vỏ hầm; phân loại vỏ hầm; cẩu hạ vỏ hầm; cẩu hạ vật tư thiết bị khác phục vụ thi công; quay đầu cắt để cắt đất đá, đồng thời phun dung dịch khoan trộn đều với đất đá tạo thành đất thải; đất thải chuyển ra đến đầu kích của máy tì vào vòng vỏ hầm vừa lắp đặt giúp máy TBM tiến lên đồng bộ với tốc độ khoan,

và sau khi lắp đặt vỏ hầm xong, tiến hành bơm vữa gia cường bên ngoài vỏ hầm; " đồng thời tiến hành quan trắc liên tục trong quá trình thi công nhằm kiểm soát sự hình thành lún bề mặt:

- Tăng độ dày, cường độ bê tông phun nếu cần thiết;
- Trong quá trình thi công, cần chú ý kiểm soát công nghệ thi công và áp dụng các phương pháp như đào từng phần, đảm bảo độ kín khít và bơm vữa nhanh để giảm thiểu sự xáo trộn cho địa tầng;
- Trong quá trình thi công, cần tăng cường giám sát, quan trắc đường hầm và các công trình trên mặt đất, đồng thời lưu giữ hồ sơ; nếu phát hiện có vấn đề thì phải thực hiện các biện pháp hiệu quả kịp thời để khắc phục, đồng thời phản hồi thông tin tới đội ngũ chuyên gia.

(2) Khi dự án tàu điện ngầm đi qua các toà nhà liền kề, cần xem xét các biện pháp sau:

- Đặt giá trị áp lực đất hợp lý để duy trì cân bằng áp lực gương đào và ngăn chặn việc đào quá mức;
- Giảm tốc độ đẩy của kích khi tiến lên, kiểm soát tổng lực đẩy và giảm xáo trộn đất;
- Điều chỉnh tư thế của khiên đào trước khi tiến lên, giảm số lượng và mức độ điều chỉnh trong quá trình tiến lên, đồng thời giảm xáo trộn đất;
- Khi đi qua các tòa nhà liền kề, hãy đảm bảo rằng máy khiên đi qua nó một lần và không thay đổi công cụ giữa chừng. Nếu không thể tránh khỏi việc thay đổi công cụ ở đầu khiên đào, hãy chuẩn bị trước đầy đủ kế hoạch. Đầu tiên, thiết bị gia cố ở phía trước khiên đào được sử dụng để phun vữa và gia cố đất ở phía trên và mặt trước khiên đào để giữ cho bề mặt đào ổn định và chống sập. Sau đó, khoang đào được điều áp và các công cụ được thay thế.

(3) Tăng cường quan trắc và đo đạc các công trình lân cận, thiết lập các giá trị kiểm soát khác nhau tuỳ theo hình thức kết cấu và nền móng v.v. của công trình. Nắm bắt kịp thời biến dạng của công trình thông qua quan trắc và đo đạc, điều chỉnh công nghệ thi công kịp thời và đảm bảo rằng các công trình đó được kiểm soát an toàn.

(4) Phải áp dụng các biện pháp kỹ thuật thi công đặc biệt đối với những khu vực địa chất yếu như cải tạo đất, giảm tốc độ tiến lên của khiên đào v.v. để ngăn chặn độ lún quá mức;

(5) Nên dự trữ các ống bơm vữa trong quá trình thi công bê tông phun. Sau khi hoàn thành việc lắp các tấm vỏ hầm, bơm vữa xi măng lấp đầy khoảng trống phía sau đuôi khiên đào và gia cố phần đất bị xáo trộn;

(6) Tăng cường các biện pháp bơm vữa và gia cường bên ngoài hầm để kiểm soát độ lún của địa tầng.

5. Đánh giá rủi ro an toàn công trình sau khi thi công xong

Sau khi hoàn thành thi công tuyến tàu điện ngầm, khả năng chịu lực của móng và kết cấu công trình được xem xét dựa trên giá trị độ lún cuối cùng của đất nền và độ nghiêng của công trình để xác định trạng thái an toàn của toà nhà và độ lún hoặc độ nghiêng bổ sung mà nó có thể chịu được. Nếu sau khi xem xét, khả năng chịu lực của móng hoặc kết cấu công trình gần bằng hoặc thậm chí vượt quá khả năng chịu lực giới hạn thì phải thực hiện các biện pháp gia cố cho phần móng hoặc phần thân công trình để đảm bảo công trình có thể được sử dụng an toàn.

6. Kết luận và kiến nghị

Hiện nay có tương đối ít nghiên cứu về tác động của việc đào hầm đối với các công trình trên mặt đất. Đặc biệt đối với các dạng kết cấu khác nhau, kết cấu sẽ tạo ra bao nhiêu vết nứt và biến dạng trong quá trình đào hầm và sau khi hoàn thành việc đào hầm? Nội lực của kết cấu tại các vị trí khác nhau theo phương ngang và ở các cao độ khác nhau theo phương thẳng đứng là bao nhiêu? Mô hình phân phối của nó v.v. nên cần tăng cường nghiên cứu trong lĩnh vực ngày.

Bằng cách phân tích các đặc điểm của việc xây dựng tàu điện ngầm và môi trường xung quanh, một bộ hệ thống quản lý an toàn cho các toà nhà nằm trên tuyến tàu điện ngầm được đề xuất để hướng dẫn việc xây dựng các dự án tương tự.

Các hoạt động cụ thể của các liên kết khác nhau trong hệ thống cần được hoàn thiện hơn nữa. Ví dụ, có nhiều khía cạnh trong việc quan trắc và đo đạc đối với các công trình nhà phố cổ với kết cấu gạch chịu lực khác với việc quan trắc và đo đạc đối với các công trình được thi công mới hiện nay và có thể tiến hành các cuộc thảo luận đặc biệt về vấn đề này.

Sau khi hoàn thành việc thi công, cần thực hiện các sửa đổi theo điều kiện thực tế cụ thể để hệ thống trở nên khoa học và dễ vận hành hơn.

Tài liệu tham khảo

[1]. TS. Nguyễn Công Giang. *Công nghệ thi công công trình ngầm.* NXB Xây dựng, 2019.

[2]. TS. Nguyễn Công Giang. *Sử dụng không gian ngầm đô thị.* Sách dịch. Trường đại học Kiến trúc Hà Nội. 2014

[3]. Yahagi Shuichi, Nguyễn Công Giang, Lê Quang Hanh. *Tiêu chuẩn kỹ thuật đào hầm – 2006: Đào hầm sử dụng khiên đào*. Sách dich. Trường đại học Kiến trúc Hà Nội, 2023

[4]. Attewell P B, et al. *Soil movements induced by tunneling and their effects on pipelines and structures*. [s. l.]: [s. n.], 1986

[5]. GS. TSKH. Nguyễn Văn Quảng, TS. Nguyễn Đức Nguôn. *Tổ chức khai thác không gian ngầm.* NXB Xây dựng, 2006.

[6]. TAO Yu. *The effect and control of the neighbor buildings during metro construction.* Railway Survey and Design, 2004.

[7]. Nguyễn Công Giang, Vũ Hải Hà. *Nghiên cứu những ảnh hưởng bất lợi khi xây dựng các tuyến phố thương mại ngầm.* Tạp chí Xây dựng, Số 3 – 2018.

[8]. Nguyen Cong Giang, Nakayama Toshio, Sugimoto Takao, Kojima Yoshitaka, Katagiri Masaaki, Ohishi Kanta and Kohata Yukihiro. *Considerations of Holocene Ground and Its Soil Properties in Ha Noi City*. Chikyu Kagaku Earth cience -The Association for the Geological Collaboration in Japan. ISSN:0366-6611, 2015

[9]. Nguyễn Công Giang, Yikihiro Kohata. *Mechanical Property of Liquefied Stabilized Soil Reused Vinh Phuc-Clay in Hanoi City for Underground Construction*, Tuyển tập Hội thảo Xây dựng công trình trong điều kiện đặc biệt, 2010.

[10]. LIU Hai-yang, Jiang Yu-song. *The study and analysis of the ground surface and buildings during tunnel excavation.* West-China Exploration Engineering, 2005.

[11]. GS.TS Nguyễn Quang Phích, PGS.TS Đào Viết Đoàn, TS Nguyễn Quang Minh. *Vấn đề quy hoạch không gian ngầm thành phố.* Tạp chí Xây dựng, 2023.

[12]. GB50007 – 2002, *Code for design of building foundation*.