

PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO ĐỘ LÚN MẶT ĐẤT KHI XÂY DỰNG ĐƯỜNG HẦM THÀNH PHỐ BẰNG MÁY KHIÊN ĐÀO

ĐỖ NGỌC THÁI

Trường Đại học Mỏ-Địa chất

Email: dongocthai@gmail.com

1. Tổng quan

Hiện nay, ở nước ta nhu cầu xây dựng các đường hầm tàu điện ngầm trong thành phố là rất lớn, Thành phố Hồ Chí Minh và Hà Nội đang bắt đầu xây dựng hệ thống tàu điện ngầm để đáp ứng nhu cầu phát triển kinh tế xã hội. Thi công đường hầm tàu điện ngầm trong thành phố có những tác động gây dịch chuyển, sụt lún mặt đất gây ảnh hưởng tới độ ổn định của các công trình trên bề mặt như nhà, cầu, đường, các công trình hạ tầng kỹ thuật khác. Vì vậy, việc dự báo giá trị độ lún mặt đất có vai trò rất quan trọng.

Hiện nay, có nhiều phương pháp dự báo độ lún mặt đất, có thể kể đến một số phương pháp chính như phương pháp phân tích lý thuyết; phương pháp bán thực nghiệm và phương pháp mô hình số. Phương pháp phân tích lý thuyết được đề xuất bởi các nghiên cứu điển hình như Chow (1994) [1]; Sagaseta (1987) [10]; Loganathan và Poulos (1998) [5] phương pháp đưa ra các giá trị độ lún bề mặt, kết quả dự báo được sử dụng làm cơ sở thiết kế sơ bộ ban đầu cho nhiều các dự án xây dựng đường hầm trên thế giới. Phương pháp bán thực nghiệm ban đầu được đề xuất bởi Peck (1969) [8]; O'Reilly và New (1982) [7] các nhà nghiên cứu đã xây dựng được phương trình xác định lún mặt đất từ các số liệu đo quan trắc tại các công trình thực tế. Hầu hết các tác giả đều đề xuất đường cong lún mặt đất có dạng đường cong phân phối chuẩn. Phương pháp mô hình số ngày càng được sử dụng rộng rãi, phương pháp có chú ý tới nhiều các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị dịch chuyển của khối đất xung quanh, độ lún mặt đất. Những nghiên cứu điển hình như Dias et al. (2000) [2]; Guedes de Melo và Santos Pereira 2002 [4] và Vermeer (2001) [12]. Phương pháp có thể mô phỏng quá trình thi công một cách gần đúng nên cho kết quả

gần đúng với thực tế, đồng thời kết quả đưa ra cũng rất đa dạng.

Cách giải quyết bài toán khác nhau và các cơ sở dữ liệu được khai thác khác nhau, tuy nhiên, các phương pháp đều đặc biệt chú trọng đến các yếu tố ảnh hưởng đến độ lún mặt đất khi thi công đường hầm như: đặc tính địa kỹ thuật khối đất đá mà đường hầm thi công qua, các thông số kỹ thuật đường hầm và công nghệ thi công đường hầm,...

2. Đặc điểm và yêu cầu xây dựng các đường hầm tàu điện ngầm trong điều kiện thành phố

Sự phát triển cơ sở hạ tầng và không gian ngầm trong thành phố là điều rất cần thiết, tuy nhiên, yêu cầu quá trình xây dựng, phát triển cơ sở hạ tầng và không gian ngầm một cách bền vững. Yêu cầu đặt ra đối với các nhà quy hoạch, các nhà thiết kế và xây dựng là bảo đảm chất lượng công trình và an toàn lao động, hoàn thành theo tiến độ dự án và dự toán kinh tế. Không giống như các đường hầm thi công tại khu vực ngoại ô, nông thôn hay vùng đồi núi, các đường hầm tàu điện ngầm thi công trong thành phố có những đặc điểm và yêu cầu sau:

➤ Vị trí bố trí đường hầm có liên hệ chặt chẽ với mục đích và chức năng sử dụng. Ngày nay, kỹ thuật xây dựng có thể tiến hành ở các vị trí khác nhau, tuy nhiên, vị trí bố trí đường hầm vẫn bị hạn chế bởi nhiều yếu tố khác nhau như sự tồn tại của các tòa nhà trên mặt đất, các công trình đường hầm kỹ thuật hay các kiến trúc ngầm khác;

➤ Do việc cân nhắc lựa chọn phương án xây dựng theo các tiêu chí về chức năng sử dụng hay chi phí xây dựng,... nên các đường hầm trong đô thị thường được bố trí tại độ sâu không lớn, điều đó dẫn đến có những tác động kỹ thuật làm ảnh hưởng đến cấu trúc các lớp đất đá gần mặt đất;

➤ Lớp đất đá phân bố ở độ sâu không lớn có đặc tính cơ lý mềm yếu, kém ổn định và đây chính

là nguyên nhân gây ra những khó khăn trong thiết kế và quá trình thi công đường hầm;

➤ Việc bố trí đường hầm nằm nông thường gây ra các hiện tượng lún mặt đất, mặc dù quá trình xây dựng đường hầm được thiết kế và thi công một cách khoa học với công nghệ tiên tiến;

➤ Lớp trực tiếp dưới mặt đất, luôn được dành riêng cho hệ thống thoát nước, điện cáp, thông tin liên lạc gọi chung là các đường hầm kỹ thuật. Nếu hệ thống đường hầm kỹ thuật đã được xây dựng thì cần xác định sự hiện diện của chúng, khả năng sẽ gây ra những cản trở, tiềm tàng những rủi ro trong quá trình thi công đường hầm, hệ thống đường hầm kỹ thuật nên được di dời đến vị trí khác;

➤ Rất nhiều các thành phố có giá trị lớn về mặt lịch sử như có các khu di tích lịch sử, do đó các di tích khảo cổ có thể được tìm thấy tại các lớp gần mặt đất. Vấn đề đó cần được cảnh báo sớm và có các giải pháp tìm kiếm và bảo tồn;

➤ Cần có các giải pháp khảo sát và cập nhật đầy đủ điều kiện địa chất công trình, địa chất thủy văn;

➤ Các dự án xây dựng đường hầm đô thị, thông thường là các dự án cơ sở hạ tầng chiến lược có tầm quan trọng ảnh hưởng đến an ninh chính trị. Do đó được Nhà nước và các tổ chức tài trợ rất quan tâm và có những yêu cầu đòi hỏi cao nhất về chất lượng xây dựng công trình, chi phí xây dựng và tiến độ thực hiện dự án.

Các phương pháp chính để thi công đường hầm bao gồm phương pháp đào lộ thiên, phương pháp đào thông thường hay phương pháp đào hầm mới của Áo (NATM) và phương pháp sử dụng máy khoan hầm. Ngày nay, phương pháp thi công bằng máy khoan hầm đặc biệt là máy khiên đào được áp dụng rộng rãi khi xây dựng các đường hầm tàu điện ngầm trong điều kiện thành phố. Phương pháp thi công bằng máy khiên đào ngoài việc đảm bảo chất lượng, sự ổn định cao cho đường hầm còn giảm thiểu được những ảnh hưởng chấn động, dịch chuyển lún mặt đất hay bảo vệ các công trình xung quanh khu vực thi công.

Máy khiên đào là máy đào hầm ở giới có nhiều chức năng được tập trung thống nhất như đào, chống giữ bảo vệ, lấp đặt vỏ hầm, vận chuyển đất đá. Máy khiên đào thích hợp cho việc thi công đường hầm qua vùng đất đá mềm yếu, phức tạp có nguy cơ mất ổn định cao, đất đá có khả năng sụt lún ngay vào không gian khai đào nếu không có kết cấu bảo vệ như lớp vỏ khiên. Tổ hợp máy khiên đào có phần đầu cắt được trang bị hệ thống đĩa cắt có nhiệm vụ phá vỡ khối đất đá, phần kế tiếp có bố trí các kích đẩy cho phép đầu cắt tiến về phía trước, phần đuôi khiên có nhiệm vụ lấp đặt vỏ hầm, vận chuyển đất đá về phía sau và đưa ra ngoài, bơm

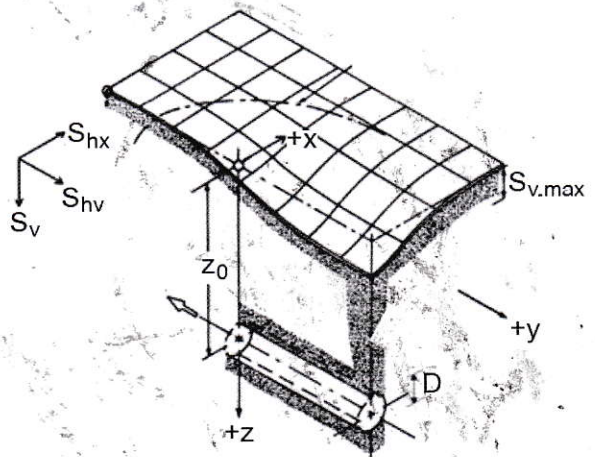
phụt vữa lấp đầy khoảng trống phía sau vỏ hầm.

Khoang công tác ở phía sau mâm cắt luôn được duy trì áp lực nhằm cân bằng áp lực đất đá và áp lực nước ngầm để giữ ổn định cho gương hầm và giảm những dịch chuyển lún trên mặt đất. Theo nguyên lý chống giữ gương hầm bằng các phương pháp cân bằng áp lực gương hầm thì máy khiên đào được chia thành những loại chính như sau: khiên cân bằng áp lực khí nén; khiên cân bằng áp lực vữa và khiên cân bằng áp lực đất.

3. Phương pháp dự báo độ lún mặt đất

3.1. Phương pháp bán thực nghiệm

Phương pháp bán thực nghiệm được các nhà nghiên cứu R.B. Peck, (1969) [8] và Schmidt, (1974) [10] là những người đầu tiên đề xuất bằng cách đo một số điểm tại hiện trường, kết quả thu được là dưới tác động của quá trình thi công đường hầm thì trên mặt đất sẽ hình thành máng lún (hình H.1), đường cong lún mặt đất có thể được biểu thị bằng hình dạng của đường cong phân phối chuẩn (hình H.2).



H.1. Hình dạng máng lún trên mặt đất sau khi thi công đường hầm

Khi thi công đường hầm trong môi trường đất đồng nhất, đẳng hướng thì gây ra độ lún trên bề mặt có giá trị (S_v) được xác định theo công thức (1), đường cong lún mặt đất được Peck, (1969) [8] giả định có dạng hàm phân phối chuẩn Gauss hay đường cong phân phối chuẩn, với điểm lún cực đại $S_{v,max}$ nằm ngay trên trục thẳng đứng của đường hầm:

$$S_v = S_{v,max} \cdot e^{-\left[\frac{x^2}{2 \cdot i^2}\right]} \quad (1)$$

Trong đó: $S_{v,max}$ - Giá trị độ lún lớn nhất theo phương thẳng đứng dọc trục đường hầm, m; x - khoảng cách từ trục hầm theo phương nằm ngang, m; i - Khoảng cách từ tâm đường hầm đến điểm uốn theo phương nằm ngang, m.

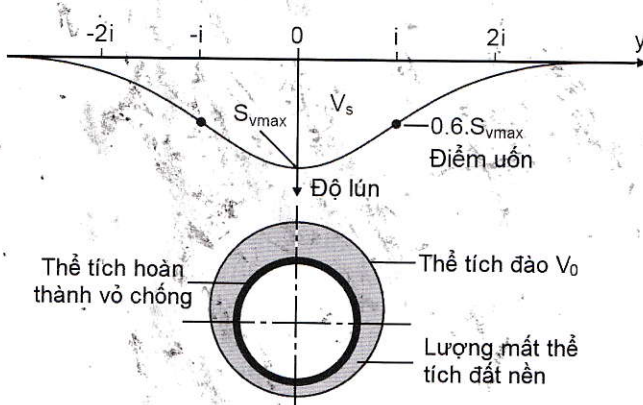
Theo O'Reilly and New (1982) [7] giá trị khoảng cách từ tâm đường hầm đến điểm uốn theo phương nằm ngang (i) được xác định theo công thức:

$$i = (K \cdot z_0) \quad (2)$$

Trong đó: K - Tham số chiều rộng máng lún, phụ thuộc vào điều kiện và loại đất mà đường hầm thi công qua, ví dụ đối với cát trong điều kiện nước ngầm, ta có $K=0,2+0,3$ và đối với sét, ta có $K=0,4+0,7$; z_0 - Chiều sâu bố trí đường hầm, m.

Thể tích máng lún (V_S) trên mỗi đơn vị chiều dài đường hầm được xác định theo công thức:

$$V_S = \int_{-\infty}^{\infty} S_{v,max} \cdot e^{-\left[\frac{x^2}{2 \cdot i^2}\right]} = \sqrt{2\pi} \cdot i \cdot S_{v,max} \quad (3)$$



H.2. Đường cong lún mặt đất và lượng mất thể tích

Lượng mất thể tích đất (V_L) là tỷ số giữa thể tích của máng lún và thể tích đào lý thuyết tính cho một đơn vị chiều dài.

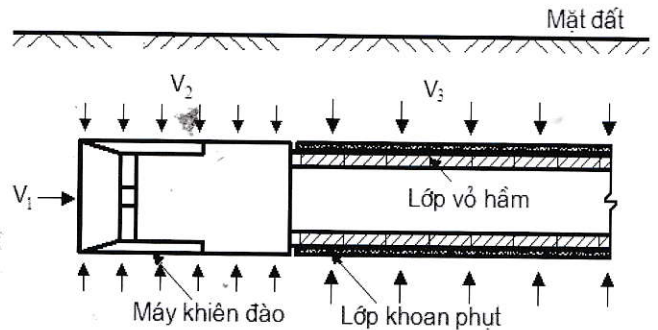
$$V_L = (V_S / V_0) \cdot 100 \% \quad (4)$$

Trong đó: V_0 - Thể tích đào lý thuyết, m^3 .

Lượng mất thể tích là do sự khác biệt về thể tích đào đường hầm và thể tích hoàn thành sau khi lấp đặt vỏ chống. Đất xung quanh đường hầm di chuyển để lấp đầy sự mất thể tích này, cường độ di chuyển lấp thể tích cũng gây ra lượng mất thể tích, giá trị mất thể tích còn phụ thuộc vào phương pháp đào, loại đất công trình đào qua và sự thận trọng của đơn vị thi công đường hầm. Một phần của lượng hao hụt thể tích đất xung quanh hầm sẽ phát triển lên đến bề mặt và tạo ra máng lún. Hay nói cách khác, thể tích máng lún trên mặt đất tương ứng với lượng mất đất xung quanh đường hầm.

Sự dịch chuyển của đất vào trong gương hầm gây lên lượng mất thể tích đất tại gương đào V_1 , do giải phóng ứng suất kéo tại gương. Quá trình dịch chuyển của khiên dọc trục đường hầm gây lên lượng mất thể tích đất tại khiên V_2 , do sự sai lệch kích thước của máy khiên đào. Quá trình dịch chuyển của đất vào lớp khoan phụt vừa lấp đầy

sau vỏ hầm gây lên lượng mất thể tích đất tại đuôi khiên V_3 , do quá trình khoan phụt vừa lấp đầy khoảng trống sau vỏ khiên cộng thêm phần biến dạng lớp vừa khoan phụt. Lượng mất thể tích đối với đường hầm thi công qua lớp sét bằng phương pháp máy khiên đào là 1÷3 % (O'Reilly and New 1982) [7].



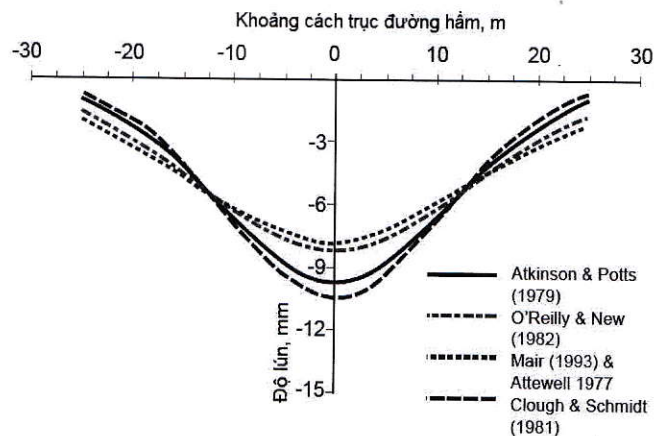
H.3. Các nguồn gây mất thể tích đất trong quá trình đào hầm: V_1 - Lượng mất thể tích tại gương đào, m^3 ; V_2 - Lượng mất thể tích tại khiên, m^3 ; V_3 - Lượng mất thể tích tại đuôi khiên, m^3

Từ các công thức (1), (2) và (3) độ lún tại điểm bất kỳ trên mặt đất được xác định theo công thức:

$$S_v = \frac{V_S}{\sqrt{2\pi} \cdot K \cdot z_0} \cdot e^{-\left[\frac{x^2}{2(K^2 \cdot z_0^2)}\right]} \quad (5)$$

Có rất nhiều công trình nghiên cứu như quan sát thực địa và kiểm tra bằng mô hình số để dự báo các giá trị $S_{v,max}$ và i trong các điều kiện thi công khác nhau. Các giá trị đó phụ thuộc vào đặc tính kỹ thuật đường hầm, điều kiện địa chất khu vực xây dựng đường hầm.

Dự đoán độ lún bề mặt đối với đất sét và cát được nhiều các nhà nghiên cứu thực hiện, giá trị thông số máng lún "i" được các nhà nghiên cứu đề xuất trong Bảng 1.



H.4. Đường cong lún trên mặt đất theo các phương pháp dự báo

Bảng 1. Đề xuất phương pháp xác định giá trị *i* theo các nhà nghiên cứu

Tác giả	Giá trị "i"	Ghi chú
Peck (1969)	$\frac{i}{R} = \frac{z_0^2}{4R^2}; n = 0,8 \div 1,0$	Dựa trên các kết quả quan sát thực tế
Atkinson và Potts (1979)	$i = 0,25 \cdot (z_0 + R)$ đối với cát chảy. $i = 0,25 \cdot (1,5 \cdot z_0 + 0,5 \cdot R)$ đối với cát và sét cô kết.	Dựa trên các kết quả quan sát thực tế và kiểm tra bằng mô hình số
O'Reilly và New (1982)	$i = 0,43 \cdot z_0 + 1,1$ đối với đất dính. $i = 0,28 \cdot z_0 - 0,1$ đối với đất rời.	Dựa trên quan sát thực tế các đường hầm tại nước Anh
Mair (1993)	$i = 0,5 \cdot z_0$	Dựa trên quan sát thực tế
Attewell (1977)	$\frac{i}{R} = \alpha \cdot \left(\frac{z_0}{2R}\right)^n; \alpha = 1, n = 1.$	Dựa trên quan sát thực tế các đường hầm tại nước Anh
Clough và Schmidt (1981)	$\frac{i}{R} = \alpha \cdot \left(\frac{z_0}{2R}\right)^n; \alpha = 1, n = 0,8.$	Dựa trên quan sát thực tế các đường hầm tại nước Anh.

Trong đó: *R* - Bán kính đường hầm, m.

H.2 biểu diễn đường cong lún trên mặt đất sau khi thi công đường hầm có đường kính 6,0 m; ở độ sâu 30,0 m trong lớp sét, thể tích hao hụt đất được giả định là 1,0 %.

Giá trị lún lớn nhất (*S_{v,max}*) được dự báo bằng các phương pháp khác nhau có giá trị biến thiên trong khoảng từ 7,0 đến 10,0 mm. Bề rộng bán kính máng lún (*i*) biến thiên trong khoảng 8,3 đến 15,0 m. Kết quả cho thấy kết quả dự báo giá trị lún bề mặt có giá trị khác nhau do cơ sở dữ liệu chiều rộng máng lún (*i*) khác nhau.

3.2. Phương pháp phân tích lý thuyết

Phương pháp phân tích lý thuyết đưa ra các dự báo sơ bộ về quá trình dịch chuyển hay lún mặt đất khi xây dựng đường hầm, kết quả dự báo của phương pháp đã được so sánh kiểm tra với các phương pháp dự báo khác như phương pháp bán thực nghiệm hay phương pháp mô hình số, kết quả dự báo còn làm cơ sở cho việc thiết kế ban đầu của nhiều đường hầm trên thế giới.

Các nhà nghiên cứu Poulos and Davies (1980) [3] bằng mô hình đàn hồi đã đề xuất phương pháp dự báo dịch chuyển thẳng đứng khi xây dựng đường hầm bằng cách giả định tải trọng gây ra bằng đúng trọng lượng khối đất đá khai đào, tuy nhiên, dự báo này không chú ý đến lượng mất thể tích do quá trình thi công.

Nghiên cứu của Sagaseta (1987) [10] cũng được đề xuất bởi Chow [1] sử dụng phương pháp phân tích lý thuyết, giả định môi trường đàn hồi tuyến tính để dự báo độ lún bề mặt đối với đường hầm nằm nông, coi khối đất đá là môi trường biến dạng đàn hồi, bất đẳng hướng bỏ qua những ảnh hưởng từ mặt gương đào. Tác giả đã đưa ra công thức xác định độ lún (*S*):

$$S = -\frac{\gamma D^2 z_0^2}{4G(y^2 + z_0^2)} \tag{6}$$

Trong đó: γ - Dung trọng của đất đá, MN/m³; *G* - Môđun cắt, MPa; *D* - Đường kính đường hầm, m.

Kết quả dự báo bằng phương pháp này được sử dụng để so sánh với kết quả phương pháp đường cong Gauss và các kết quả thu được từ công tác đo đạc tại hiện trường như đường hầm tàu điện ngầm Caracas và đường hầm M-40 ở Madrid và đường ngầm số 5 của thành phố Valencia.

Phương pháp đưa ra máng lún mặt đất có chiều rộng lớn hơn phương pháp đường cong Gauss và các dữ liệu đo đạc tại hiện trường nhưng giá trị độ lún lớn nhất là tương tự.

Các nhà nghiên cứu Loganathan và Poulos (2000) [5] đã đề xuất giải pháp dự báo độ lún bề mặt khi có chú ý đến tỷ lệ mất thể tích đất trong quá trình thi công (*e*), độ lún được xác định theo công thức:

$$S = 2e \cdot r^2 \cdot \frac{4z_0 \cdot (1-\nu)}{4G \cdot (y^2 + z_0^2)} \cdot e^{\left[\frac{-1,38y^2}{(r+z_0)^2}\right]} \tag{7}$$

Trong đó: ν - Hệ số Poisson của đất, *r* - Bán kính đường hầm, m.

Phương pháp dự báo này được Loganathan et al. (2000) [5] sử dụng so sánh đối với công trình đường sắt phía Nam thành phố Sydney. Kết quả dự báo cho giá trị độ lún lớn nhất và chiều rộng máng lún đều lớn hơn phương pháp đường cong Gauss và các kết quả từ công tác đo đạc tại hiện trường.

Theo các nhà nghiên cứu bài toán đàn hồi tuyến

tính, giả sử khối đất đá xung quanh đường hầm bị biến dạng hướng tâm đối với đường hầm tiết diện tròn và được các nhà nghiên cứu phát triển để giải thích cho hiện tượng dịch chuyển lún mặt đất.

Các nhà nghiên cứu so sánh phương pháp này với các phương pháp dự báo khác và trong nhiều năm nghiên cứu đối với các đường Heathrow Express và Jubilee ở London, kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng phương pháp phân tích lý thuyết đưa ra các kết quả dịch chuyển phù hợp với kết quả đo đạc tại hiện trường và do đó rất hữu ích cho các thiết kế sơ bộ.

3.3. Phương pháp mô hình số

Phương pháp mô hình số ngày càng được sử dụng rộng rãi để dự báo quá trình lún mặt đất khi xây dựng đường hầm trong thành phố, cụ thể là phương pháp phân tử hữu hạn được sử dụng để phân tích, mô phỏng quá trình tương tác, các bước thi công đường hầm.

Rất nhiều tác giả đã sử dụng phương pháp này như Zienkiewicz, Dawe và Astley thời gian đầu phương pháp sử dụng các mô hình hai chiều (2D), các điều kiện ứng suất ban đầu được giả định và kết quả dự báo cũng được so sánh với các kết quả đo đạc tại hiện trường.

Các mô hình (2D) biến dạng phẳng không đòi hỏi nhiều về công nghệ máy tính so với các mô hình khối (3D) ngày nay. Mô hình hai chiều không biểu diễn được các bước thi công theo hướng dọc trục công trình và kết quả dự báo cũng không đầy đủ theo các hướng.

Mô hình biến dạng khối (3D) ngày nay rất phát triển, do sự phát triển không ngừng của lĩnh vực công nghệ thông tin, có thể mô phỏng đầy đủ các bước thi công đường hầm.

Các mô hình số được sử dụng trong công tác nghiên cứu và trong thiết kế bằng các phần mềm phổ biến như: phần mềm Flac 3D được sử dụng bởi các nhà nghiên cứu Dias et al., (2000) [2] và phần mềm Abaqus được sử dụng bởi Guedes de Melo và Santos Pereira (2002) [4] và phần mềm Plaxis 3D Tunnel được sử dụng bởi Vermeer (2001) [12].

Khi sử dụng phương pháp mô hình số thì có rất nhiều các yếu tố ảnh hưởng đến độ chính xác của giá trị dự báo, như mô phỏng đặc tính khối đất, lớp vỏ chống và quá trình khai đào. Ví dụ như công tác thi công trong đất sét, nếu coi khối đất là mô hình đàn hồi tuyến tính là không phù hợp vì kết quả dự báo chuyển vị phụ thuộc rất nhiều từ quá trình dãn nở và giảm ứng suất.

Theo Rowe et al (1983) [9] so với mô hình đàn hồi thì mô hình đàn hồi - dẻo tuyến tính cho kết quả chính xác hơn, phù hợp với kết quả đo đạc tại hiện

trường. Tuy nhiên các mô hình đàn hồi - dẻo tuyến tính vẫn cho kết quả dự báo máng lún trên mặt đất rộng hơn và độ lún lớn nhất thường nhỏ hơn so với kết quả đo đạc tại hiện trường, do không giải thích được các quá trình phi tuyến và không đàn hồi của đất, điều này đã được chứng minh xảy ra ở các trạng thái ứng suất nhỏ và là tính năng quan trọng trong tương tác cấu trúc của đất.

Theo thống kê của Negro and de Queiroz (2000) [6] các kết quả dự báo giá trị lún lớn nhất bằng phương pháp mô hình số, chỉ có 71 % các dự báo cho kết quả gần đúng với giá trị đo đạc tại hiện trường, trong số đó có đến hơn một nửa các dự báo cho kết quả rất thấp, lý do các tác giả đã giả định, đơn giản hóa rất nhiều mô hình cấu trúc của đất, các nhà nghiên cứu đã kiến nghị nên sử dụng mô hình phi tuyến tính để khắc phục vấn đề này.

4. Kết luận

Điều kiện xây dựng đường hầm trong thành phố rất phức tạp và khó khăn nhưng lại có những yêu cầu rất cao về chất lượng xây dựng công trình và giảm thiểu tối đa những tác động, ảnh hưởng đến các công trình xung quanh do đó cần thiết có những đánh giá, dự báo về tác động đến các công trình xung quanh khu vực xây dựng đường hầm để có các giải pháp xây dựng hiệu quả nhất.

Phương pháp dự báo lún bề mặt khi thi công đường hầm tàu điện ngầm thành phố có thể sử dụng phương pháp phân tích lý thuyết, phương pháp bán thực nghiệm và phương pháp mô hình số, kết quả dự báo bằng các phương pháp cần được so sánh và kiểm chứng để làm cơ sở cho công tác thiết kế sơ bộ.

Kết quả dự báo bằng phương pháp phân tích lý thuyết có giá trị gần đúng được sử dụng đánh giá sơ bộ trong quá trình thiết kế, do phương pháp chưa đánh giá đầy đủ các quá trình thi công rất phức tạp của đường hầm hoặc những vấn đề khó khăn khi xét đến phần tử tiếp xúc giữa lớp đất với vỏ hầm.

Phương pháp chưa thật hữu dụng với những công trình có cấu trúc phức tạp hay nằm trong vùng địa chất yếu hoặc chưa chú ý tới công nghệ thi công đường hầm.

Phương pháp bán thực nghiệm có kết quả dự báo gần đúng nhất. Tuy nhiên phương pháp có giá trị dự báo chỉ đúng với một số loại đất nhất định, ở một vùng nhất định.

Phương pháp mô hình số có chú ý tới nhiều các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị dịch chuyển, lún mặt đất. Phương pháp mô phỏng quá trình thi công một cách gần đúng nên cho kết quả gần đúng với thực tế, đồng thời kết quả đưa ra cũng đa dạng.

Tuy nhiên để nâng cao độ chính xác của kết quả dự báo thì người lập mô hình cần hiểu rõ các thông số đầu vào về tính chất cơ lý của các lớp đất đá và lớp vỏ hầm cũng như những thông số khác từ công nghệ thi công đường hầm.

Để nâng cao độ chính xác của kết quả dự báo giá trị lún mặt đất, nhằm phục vụ tốt nhất công tác thiết kế xây dựng đường hầm cần có sự kết hợp hỗ trợ từ các phương pháp dự báo. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chow, L. (1994). The prediction of surface settlements due to tunnelling in soft ground. M.Sc. Thesis, University of Oxford.

2. Dias, D., Kastner, R. and Maghazi, M. (2000). Three dimensional simulation of slurry shield tunnelling. Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, Kusakabe, Fujita and Miyazaki (eds.), Balkema, Rotterdam, pp. 351-356.

3. Poulos, H.G. and Davies, E.H. (1980). Elastic solutions for rock mechanics. Wiley and Sons, New York.

4. Guedes de Melo, P.F.M. and Santos Pereira, C. (2002). Three-dimensional numerical modelling of the construction of an EPBS tunnel for Shanghai Metro - Line 2. Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, Kastner, Emeriault, Dias, Guilloux (eds.), Balkema, Rotterdam, pp. 323-328.

5. Loganathan N, Poulos H G and Bustos-Ramirez A (2000), "Estimation of Ground Loss During Tunnel Excavations", prepared for GeoEng2000, Melbourne, Australia, November 2000.

6. Negro, A. and de Queiroz, P.I.B. (2000). Prediction and performance: A review of numerical analyses for tunnels. Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground, pp. 409-418.

7. O'Reilly, M.P. and New, B.M. (1982). Settlements above tunnels in the UK - their magnitude and prediction. Tunnelling 82, pp. 173-181.

8. Peck, R.B. (1969). Deep excavations and tunnelling in soft ground. In: Proc. 7th ICSMFE, State-of-the-art Volume, Mexico City. Mexico: Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, pp. 225-290.

9. Rowe, R.K., Lo, K.Y. and Kack, G.J. (1983). A method of estimating surface settlement above tunnels constructed in soft ground. Canadian Geotechnical Journal, 20, pp. 11-22.

10. Sagaseta C (1987). Analysis of undrained soil deformation due to ground loss, Geotechnique 37, pp. 301-320.

11. Schmidt, B., 1974, "Prediction of Settlements Due To Tunnelling in Soil: Three Case Histories", Proceedings, Rapid Excavation and Tunnelling Conference, V2, pp. 1 179- 1 199.

12. Vermeer, P.A. (2001). On a smart use of 3D FEM in tunnelling. Plaxis Bulletin, No. 11, September 2001, Plaxis BV, pp. 2-7.

Ngày nhận bài: 19/09/2018

Ngày gửi phản biện: 16/12/2018

Ngày nhận phản biện: 21/03/2019

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/06/2019

Từ khóa: mô hình số; dịch chuyển, lún mặt đất; tính chất cơ lý; vỏ hầm; công nghệ thi công đường hầm; máy khiên đào

Trách nhiệm pháp lý của các tác giả bài báo: các tác giả hoàn toàn chịu trách nhiệm về các số liệu, nội dung công bố trong bài báo theo Luật Báo chí Việt Nam

SUMMARY

In the past few decades, shield tunnelling machines have been used to drill in increasingly difficult geotechnical conditions such as soft ground like soft clay. The construction of tunnels in urban areas may cause ground displacement which distort and damage overlying buildings. Shield tunnelling is a commonly used construction technique because it is very effective in reducing ground deformations and thus damage to urban infrastructure. Prediction of ground settlement is considered as highly significant in the design of tunnels located in urban areas. There are significant discrepancies between empirical solutions to predict surface settlement trough because of different interpretations and database collection by different authors. In this paper, the shape of settlement trough caused by tunneling by different approaches, namely analytical solutions, empirical solutions and numerical solutions by the finite element method.