

PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO ĐỘ LÚN MẶT ĐẤT KHI THI CÔNG HAI ĐƯỜNG HẦM SONG SONG

ĐỖ NGỌC THÁI

Trường Đại học Mở-Địa chất

Email: dongocthai@humg.edu.vn

Hiện nay, ở nước ta nhu cầu xây dựng các đường hầm tàu điện ngầm trong thành phố là rất lớn. Thành phố Hà Nội và Thành phố Hồ Chí Minh 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 mặt như nhà cửa, cầu, đường, các công trình hạ tầng kỹ thuật khác [1], [2].

Vì vậy công tác dự báo giá trị độ lún mặt đất khi thi công đường hầm tàu điện ngầm trong thành phố đóng vai trò rất quan trọng. Ngày nay, phương pháp thi công bằng máy khiên đào được áp dụng rộng rãi khi xây dựng các đường hầm tàu điện ngầm trong thành phố.

Phương pháp thi công bằng máy khiên đào ngoài việc đảm bảo chất lượng công trình, 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.

Có nhiều các nhà nghiên cứu đề xuất phương pháp dự báo độ lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công đường hầm, có thể kể đến như Peck, (1969) [5]; O'Reilly & New, (1982) [6]; Schmidt, (1974) [7].

Các kết quả thu được là dưới tác động của quá trình thi công đường hầm thì trên mặt đất sẽ hình thành thành máng lún, đường cong lún mặt đất có dạng hàm phân phối chuẩn Gauss.

Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu thực nghiệm ở trên chỉ giới hạn trong trường hợp thi công một đường hầm. Trên thực tế nhu cầu thực tiễn đặt ra là cần thiết xây dựng hệ thống giao thông tàu điện ngầm gồm hai đường hầm song song được bố trí gần nhau.

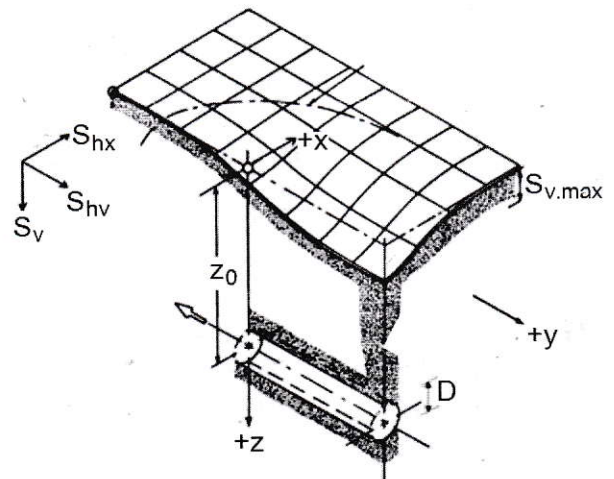
Một số nghiên cứu điển hình đã cho thấy sự khác biệt về độ lún mặt đất khi xây dựng hai đường hầm song song được bố trí gần nhau như Cording & Hansmire, (1975), [3] và Divall, S. & Goodey, R.J. (2012) [4].

Kết quả cho thấy, khi thi công hai đường hầm song song thì sự phân bố độ lún mặt đất thu được rộng hơn so với trường hợp thi công một đường hầm.

1. Phương pháp dự báo lún mặt đất khi thi công tuyến đường hầm đơn

Hiện nay có nhiều phương pháp dự báo độ lún bề 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 bán thực nghiệm được các nhà nghiên cứu R.B.Peck, (1969) [5] và Schmidt, (1974), [7] 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).



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 mặt đất có giá trị (S_v) được xác định theo công thức (1), đường cong lún mặt đất được Peck, (1969)

[5] 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.

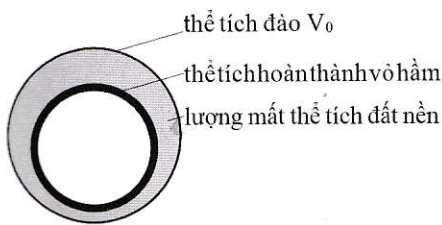
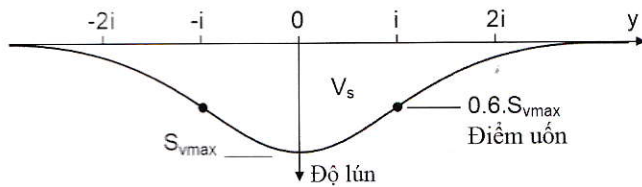
Theo O'Reilly & New, (1982) [6] giá trị khoảng cách từ tâm đường hầm đến điểm uốn theo phương nằm ngang (i) được xác định theo công thức:

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

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 $k=0,2 \div 0,3$ và đối với sét ta có $k=0,4 \div 0,7$; 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 bề 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 lắp 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 đá mà 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 mặt đất và tạo ra máng lún. Hay nói cách khác, thể tích máng lún trên mặt đất tương ứng với lượng mất thể tích đất xung quanh đường hầm. Từ các công thức (1), (2) và (3) độ lún tại điểm bất kỳ trên mặt đất được xác định theo công thức:

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

Có rất nhiều các 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.

2. Phương pháp dự báo lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song

Giá trị lún mặt đất gây ra bởi công tác xây dựng đường hầm đơn có thể được dự báo bởi các phương trình của Peck (1969) [5], O'Reilly & New (1982) [6] nhưng khi thi công hai đường hầm song song được bố trí gần nhau thì tác động của công tác thi công đường hầm gây ra hiện tượng lún mặt đất phân bố rộng và lớn hơn so với trường hợp một đường hầm đơn duy nhất [3], [4].

Theo Divall, S. và Goodey, R.J. (2012) [4], độ lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song bố trí gần nhau có thể được xác định theo công thức:

$$S_v = S_{max} \left[\exp\left(-\frac{x_A^2}{2i^2}\right) + \exp\left(-\frac{(x_A - d)^2}{2i^2}\right) \right] \quad (6)$$

Trong đó: d - Khoảng cách theo phương ngang giữa 2 tâm đường hầm, m; x_A - Khoảng cách ngang từ tim đường hầm đầu tiên đến điểm cần tính lún, m.

Để dự báo độ lún mặt đất khi thi công đường hai đường hầm song song bố trí gần nhau được thi công bằng máy khiên đào, trong nghiên cứu này tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm chuyên dụng Simulia Abaqus-6.12.

Phần mềm cho phép phân tích các quá trình thi công tách bóc đất đá, duy trì áp lực ổn định gương đào, công tác lắp dựng vỏ hầm và công tác phục vữa lấp đầy khoảng trống giữa bề mặt đất đá và vỏ hầm, đồng thời đưa ra các kết quả giá trị ứng suất và dịch chuyển khối đất đá gây ra bởi công tác thi công đường hầm.

3. Xây dựng mô hình số

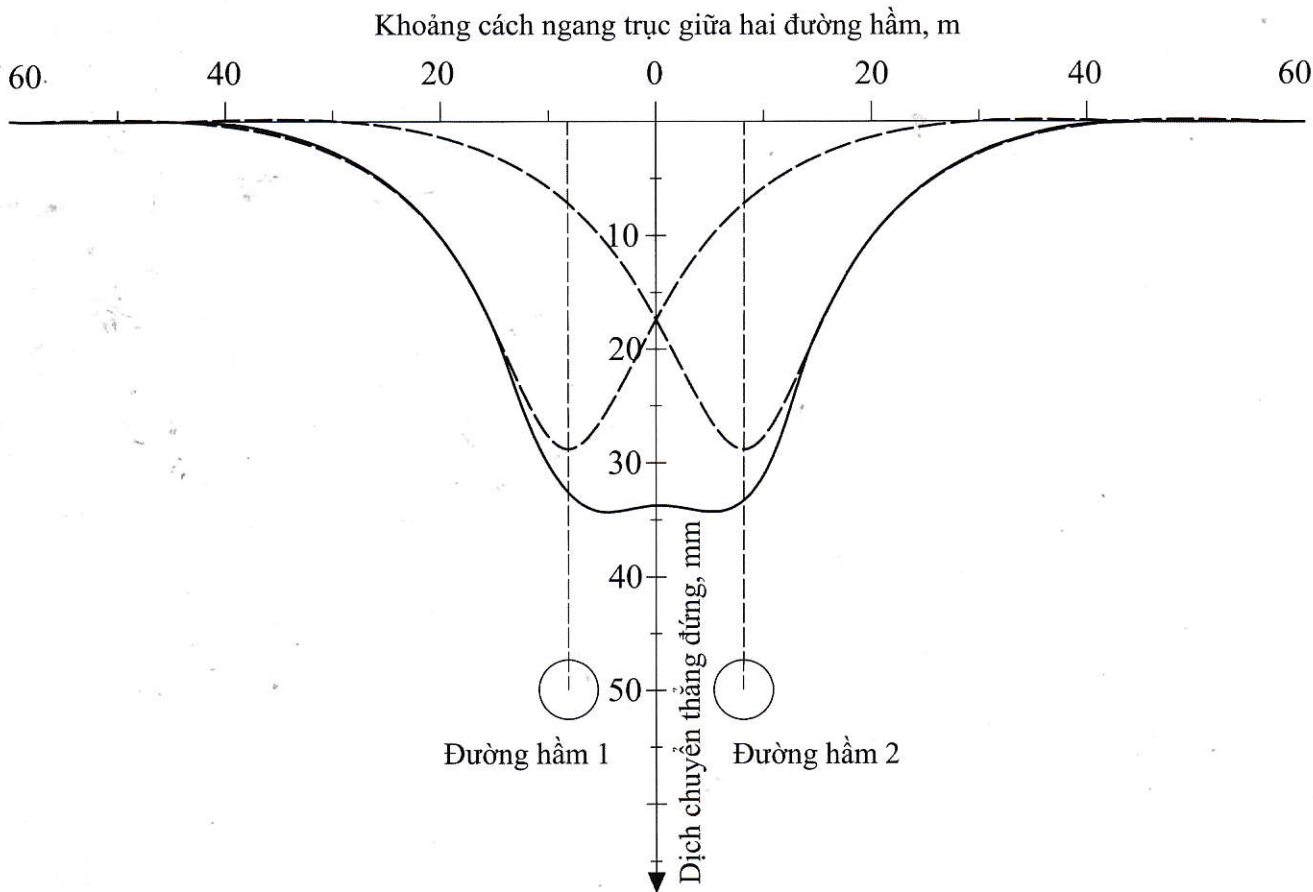
3.1. Kích thước mô hình

Kích thước mô hình có ảnh hưởng đến tốc độ tính toán, độ chính xác của kết quả tính toán, vùng phân tích được lựa chọn có kích thước phương ngang, phương thẳng đứng và phương dọc trục hầm có giá trị lần lượt là (120×80×100 m). Đường hầm có đường kính D=6,3 m, độ sâu đặt đường hầm H=20 m, khoảng cách giữa hai đường hầm L=15 m; vỏ hầm là bê tông cốt thép đúc sẵn có các thông số: chiều dày d=0,3 m, mô

đun $E_0=25 \times 10^3$ MPa, hệ số Poisson $\nu_0=0,2$. Ở bài toán này, nhóm tác giả sử dụng áp lực lên gương đào phân bố tuyến tính tăng theo độ sâu có giá trị thay đổi:

$$F_g = 150 + \Delta F \cdot H_{\text{gương}}, \text{ kPa.} \tag{7}$$

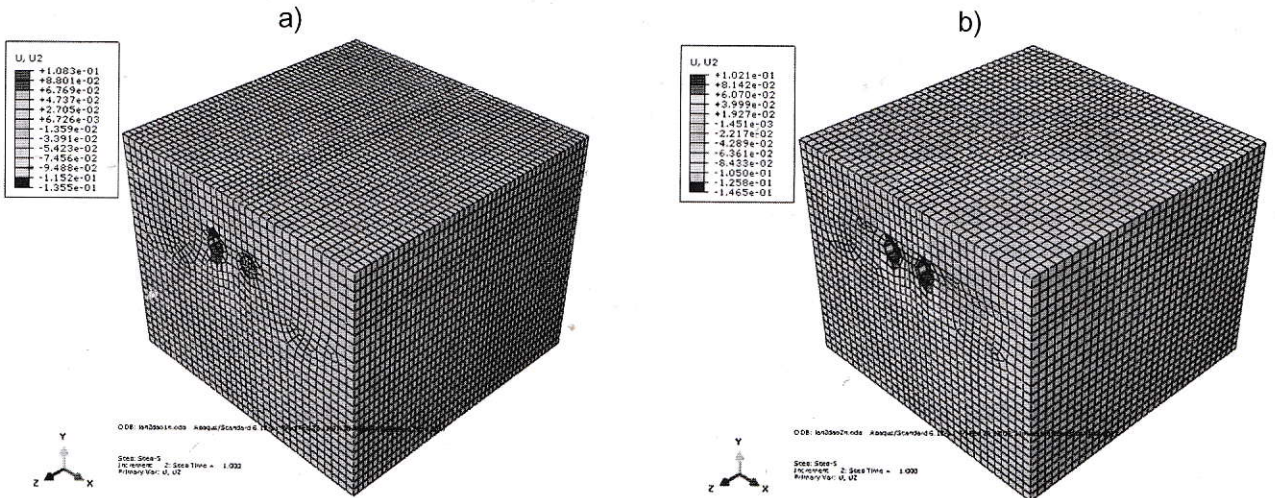
Trong đó: ΔF - Giá trị áp lực gương tăng tuyến tính theo độ sâu từ đỉnh hầm đến đáy hầm, $\Delta F=12$ kPa/m; $H_{\text{gương}}$ - Độ sâu gương đào, tại đỉnh gương $H_{\text{gương}}=0$ m, tại đáy gương đào $H_{\text{gương}}=6,3$ m. Các thông số cơ lý khối đất đá được thể hiện trong Bảng 1.



H.3. Dự báo dịch chuyển lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song. Divall, S. và Goodey, R.J. (2012) [4]

Bảng 1. Thông số cơ lý khối đất đá sử dụng trong mô hình

Nº	Lớp đất đá	Chiều dày	Dung trọng tự nhiên γ_{unsat} , kN/m ³	Dung trọng bão hòa, γ_{sat} , kN/m ³	Hệ số lỗ rỗng e	Mô đun đàn hồi E, MPa	Hệ số Poisson ν	Góc ma sát trong Φ , độ	Góc giãn nở Ψ	Lực dính kết c, MPa
1	Sét mềm	5	19	-	-	10	0,35	12	0	0,12
2	Cát	7	19,3	20	0,2	12	0,35	15	0	0,20
3	Sét	21	20	21	0,4	20	0,35	25	0	0,25
4	Đá góc	-	22	22,5	0,4	80	0,3	35	0	-



H.4. Kết quả mô phỏng giá trị lún mặt đất: a - Sau khi thi công đường hầm bên trái; b - Sau khi thi công cả hai đường hầm

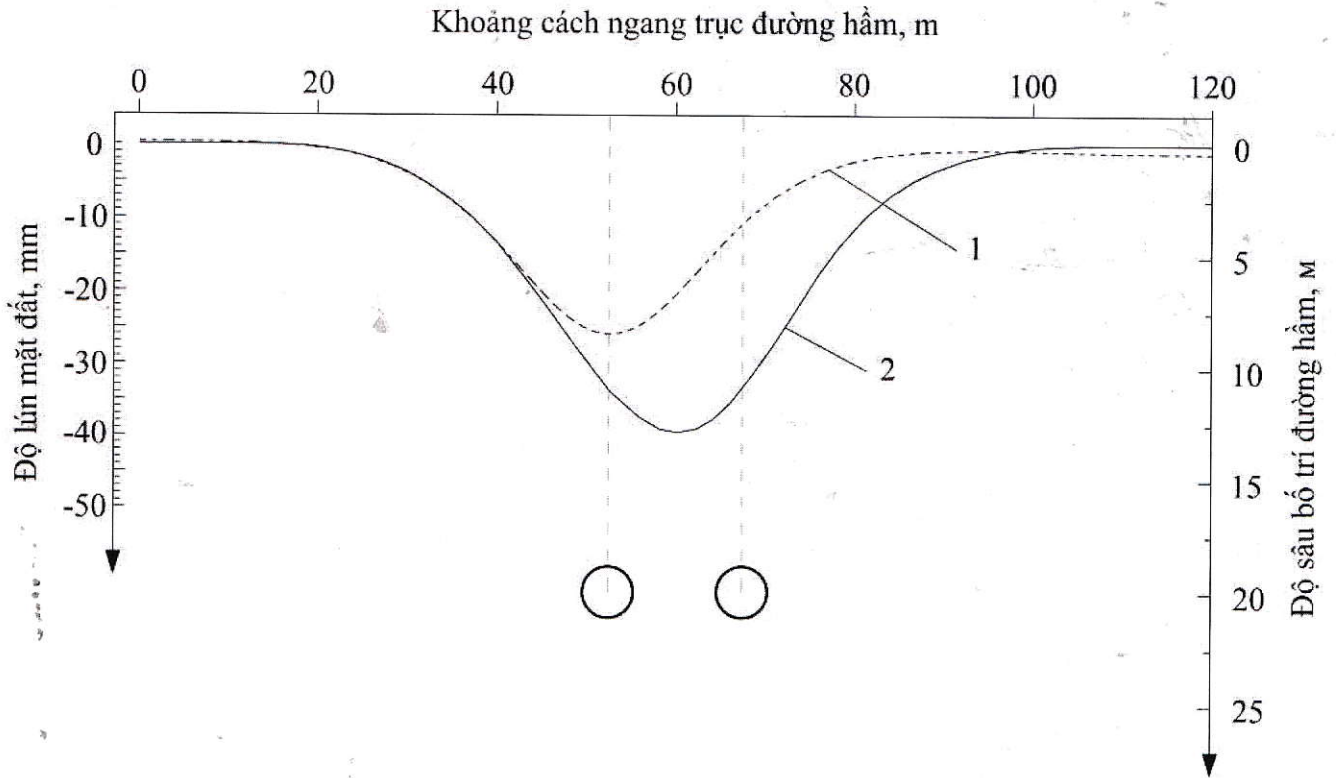
3.2. Điều kiện biên

Biên trái và biên phải của mô hình chọn loại cố định có ứng suất tiếp và chuyển vị ngang tại biên bằng không; ứng suất pháp và chuyển vị thẳng đứng để tự do. Biên đáy của mô hình có chuyển vị ngang, thẳng đứng bằng 0; ứng suất tiếp, pháp tuyến để tự do. Biên phía bề mặt để tự do cho phép chuyển vị thẳng đứng và chuyển vị ngang.

3.3. Kết quả tính toán

Kết quả mô phỏng lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công đường hầm được thể hiện trên hình H.4, H.5.

Kết quả giá trị lún mặt đất lớn nhất theo phương ngang trục đường hầm gây ra bởi công tác thi công đường hầm được thể hiện trên hình H.5.



H.5. Đường cong lún lớn nhất theo phương ngang trục đường hầm: 1 - Sau khi thi công đường hầm bên trái, 2 - Sau khi thi công cả hai đường hầm

4. Kết luận

Các phương pháp dự báo giá trị độ lún mặt đất như giải tích hay quan trắc thực địa có thể áp dụng đối với việc thi công đường hầm đơn hoặc hai đường hầm song song được bố trí gần nhau.

Đối với tuyến đường hầm mô phỏng tính toán trong điều kiện ở trên, tác động sau khi thi công đường hầm bên trái gây ra độ lún mặt đất có giá trị lớn nhất là 25÷26 mm và sau khi thi công tiếp đường hầm bên phải tức là sau khi thi công xong hai đường hầm song song thì gây ra độ lún mặt đất có giá trị lớn nhất là 39÷40 mm.

Khi thi công hai đường hầm song song được bố trí gần nhau thì sự phân bố độ lún mặt đất thu được là rộng hơn, giá trị độ lún mặt đất lớn hơn so với trường hợp thi công một đường hầm. □

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Trọng Hùng, Phùng Mạnh Đắc, 2005. Cơ học đá ứng dụng trong xây dựng công trình ngầm và khai thác mỏ. Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật. Hà Nội.
2. Đỗ Ngọc Thái, (2019). Phương pháp dự báo độ lún mặt đất khi xây dựng đường hầm thành phố bằng máy khiên đào. Tạp chí Công nghiệp Mỏ. Số 3 năm 2019. 55-60.
3. Cording, E.J. and Hansmire, W.H. (1975) Displacements around soft ground tunnels. In: 5th Pan American Conf. on Soil Mech. and Found. Engng. Buenos Aires, 1975, pp. 571-632.
4. Divall, S. and Goodey, R.J. (2012). Apparatus for centrifuge modelling of twin-tunnel construction. International journal of physical modelling in geotechnics, 12(3), pp. 102-111.
5. 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.
6. O'Reilly, M.P. and New, B.M. (1982). Settlements above tunnels in the UK - their magnitude and prediction. Tunnelling 82, pp. 173-181.
7. Schmidt, B., 1974, c'Prediction of Settlements Due To Tunnelling in Soil: Three Case Histories", Proceedings, Rapid Excavation and Tunnelling Conference, V2, pp. 1 179- 1 199.

Ngày nhận bài: 21/04/2020

Ngày gửi phản biện: 18/06/2020

Ngày nhận phản biện: 25/08/2020

Ngày chấp nhận đăng bài: 10/10/2020

Từ khóa: hai đường hầm song song, lún mặt đất, máy khiên đào; dịch chuyển mặt đất; biến dạng; hư hỏng; công trình; tàu điện ngầm; đường hầm đôi

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

Tóm tắt: Công tác thi công các đường hầm có thể dẫn tới những dịch chuyển khối đất đá xung quanh, lún mặt đất và thậm chí gây sập đổ, phá hủy các tòa nhà. Công tác dự báo giá trị lún mặt đất rất là quan trọng trong quá trình thiết kế, thi công đường hầm. Các đường hầm tàu điện ngầm trong đô thị thường xây dựng dưới dạng hai đường hầm song song được bố trí gần nhau nên khi thi công có thể dẫn đến hiện tượng lún mặt đất, phá hủy các công trình trên mặt đất hoặc ảnh hưởng đến độ ổn định của chính đường hầm lân cận. Bài báo trình bày kết quả phương pháp dự báo độ lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công hai đường hầm song song.

Method for ground surface settlement induced by twin tunnelling

SUMMARY

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. City metro tunnels are usually constructed as twin-parallel tunnels and their adjacent construction may lead to surface deformation, affecting the surface environment and the safety of the tunnels. This paper presents the analysis of ground settlements induced by a construction of twin tunnels.



1. Phương thức chân chính của tri thức là thử nghiệm. *William Blake.*
2. Không ai biết thấu triệt bất cứ điều gì, và sẽ mãi không ai biết. *Xenophanes.*
3. Điểm bắt đầu của kiến thức là khám phá ra điều gì đó chúng ta không hiểu. *F. Herbert.*

VTH sưu tầm