



ISSN - 0868 - 276X  
NĂM THỨ 28 SỐ 1 - 2024

Tạp chí  
**ĐỊA KỸ THUẬT**  
Geotechnical Journal

VIỆN ĐỊA KỸ THUẬT - VGI  
LIÊN HIỆP CÁC HỘI KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT VIỆT NAM - VUSTA

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP  
PGS, TS ĐOÀN THẾ TƯỜNG

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

PGS, TS PHÙNG MẠNH ĐẮC  
PGS, TS HOÀNG VIỆT HÙNG  
PGS, TS PHẠM QUANG HƯNG  
PGS, TS NGUYỄN BÁ KẾ  
TS PHÙNG ĐỨC LONG  
GS NGUYỄN CÔNG MẪN  
PGS, TS NGUYỄN ĐỨC MẠNH  
PGS, TS NGUYỄN SỸ NGỌC  
PGS, TS VÕ PHÁN  
PGS, TS NGUYỄN HUY PHƯƠNG  
GS, TS TRẦN THỊ THANH  
PGS, TS VƯƠNG VĂN THÀNH  
TS LÊ THIẾT TRUNG  
GS, TS ĐỖ NHƯ TRÁNG  
PGS, TS TRẦN THƯƠNG BÌNH  
TS NGUYỄN TRƯỜNG HUY  
PGS, TS ĐẬU VĂN NGỌ  
PGS, TS TẠ ĐỨC THỊNH  
TS NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG

Giấy phép xuất bản số 1358/GPXB -  
Ngày 8-6-1996, Bộ Văn hóa - Thông tin  
Cơ quan xuất bản: Viện Địa Kỹ thuật  
(Liên hiệp các Hội KH&KT Việt Nam)  
152 Lê Duẩn - Đống Đa - Hà Nội  
Tel: 024. 22141917.  
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;  
viendkt@vusta.vn  
Website: www.vgi-vn.vn  
Xuất bản 3 tháng 1 kỳ  
Nộp lưu chiểu: tháng Ba 2024

Tạp chí ĐỊA KỸ THUẬT

ISSN - 0868 - 279X  
NĂM THỨ 28  
SỐ 1 NĂM 2024

MỤC LỤC

- NGUYỄN ĐỨC MẠNH, HOÀNG NGỌC TIẾN, PHẠM VIỆT ANH, BÙI VIỆT ĐÔNG, NGUYỄN MINH QUÝ:** Đánh giá ổn định của nền đất yếu được gia cố bằng trụ xi măng đất kiêu tường. 3
- NGUYỄN MẠNH TÙNG, BÙI VĂN THOM:** Đặc điểm các đới đập vỡ chứa nước khu vực Đông Bắc tỉnh Lào Cai. 9
- PHẠM TRI THỨC, PHAN HUY ĐÔNG:** Nghiên cứu chế tạo cát nhân tạo từ bùn không độc hại nạo vét trong thành phố Hà Nội - Đặc tính biến dạng. 18
- ĐỖ NGỌC THÁI:** Nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ bố trí hai đường hầm song song đến giá trị lún mặt đất. 27
- ĐẶNG VĂN KIÊN, NGUYỄN HỮU SÀ, ĐÀO NGỌC HIỆP, VŨ ĐÌNH HÙNG:** Nghiên cứu sử dụng kết cấu chống vùi neo tại các khu vực chịu ảnh hưởng của quá trình khai thác than hầm lò vùng Quảng Ninh. 38
- BÙI TRƯỜNG SƠN, HOÀNG QUỐC ĐẠT:** Ảnh hưởng của dung dịch khoan trong thi công cọc khoan nhồi. 49
- NGUYỄN VĂN QUANG, VÕ NHẬT LUÂN, ĐỖ NGỌC THÁI, ĐÀO QUANG HUY:** Giải pháp cho quá trình khởi tạo và chạy thử TBM áp dụng tại dự án Metro line 3 Hà Nội. 57
- NGUYỄN VĂN CÔNG, NGUYỄN VĂN NGÔN:** Nghiên cứu mô hình dự báo độ võng của dầm bê tông cốt thanh GFRP 67
- NGUYỄN HỮU SÀ, ĐẶNG VĂN KIÊN, ĐÀO NGỌC HIỆP, VŨ ĐÌNH HÙNG, TRẦN TUẤN ĐIỆP:** Nghiên cứu sự dịch động của đường lò độ sâu lớn và đề xuất giải pháp chống giữ bằng kết cấu vùi neo. 77
- LƯƠNG THỊ BÍCH, TRẦN NGUYỄN HOÀNG HÙNG:** Phân tích hiệu quả cọc Xi măng - đất gia cố đê đất trong điều kiện mực nước sông rút nhanh. 87

**DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF**  
Ass/Prof.Dr. DOAN THE TUONG

**EDITORIAL BOARD**

Ass/Prof.Dr. PHUNG MANH DAC  
Ass/Prof.Dr. HOANG VIET HUNG  
Ass/Prof.Dr. PHAM QUANG HUNG  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN BA KE  
Dr. PHUNG DUC LONG  
Prof. NGUYEN CONG MAN  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN DUC MANH  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN SY NGOC  
Ass/Prof.Dr. VO PHAN  
Ass/Prof.Dr. NGUYEN HUY PHUONG  
Prof.Dr. TRAN THI THANH  
Ass/Prof.Dr. VUONG VAN THANH  
Dr. LE THIET TRUNG  
Prof.Dr. DO NHU TRANG  
Ass/Prof.Dr. TRAN THUONG BINH  
Dr. NGUYEN TRUONG HUY  
Ass/Prof.Dr. DAU VAN NGO  
Ass/Prof.Dr. TA DUC THINH  
Dr. NGUYEN TUAN PHUONG

Printing licence No 1358/GPXB  
dated 8 June 1996 by the Minister of Culture and  
Information  
Published by the Vietnam Geotechnical Institute  
(Vietnam Union of Science and Technology  
Associations)  
Add: 152 Le Duan, Dong Da, Hanoi  
Tel: 024.22141917.  
Email: tapchidkt@yahoo.com.vn;  
viendkt@vusta.vn  
Website: www.vgi-vn.vn  
Copyright deposit: March 2024

**VIETNAM GEOTECHNIAL JOURNAL**

ISSN - 0868 - 279X  
VOLUME 28  
NUMBER 1 - 2024

**CONTENTS**

- NGUYEN DUC MANH, HOANG NGOC TIEN, PHAM VIET ANH, BUI VIET DONG, NGUYEN MINH QUY:** Deep mixed shear wall on stability of embankments constructed on soft soil. 3
- NGUYEN MANH TUNG, BUI VAN THOM:** Characteristic of water- carrying fissure limestone zones in northeastern of Lao Cai province. 9
- PHAM TRI THUC, PHAN HUY DONG:** Study on the production of artificial sand from non-hazardous dredged sludge in Hanoi city – Deformation characteristics. 18
- DO NGOC THAI:** Studying the effect of the layout of twin tunnels on the value of ground surface settlement. 27
- DANG VAN KIEN, NGUYEN HUU SA, DAO NGOC HIEP, VU DINH HUNG:** Research on the using rock bolts at tunnels under behaviour underground mining operations in Quangninh coal area. 38
- BUI TRUONG SON, HOANG QUOC DAT:** Impact of Drilling Fluids in Construction of Bored Piles. 49
- NGUYEN VAN QUANG, VO NHAT LUAN, DO NGOC THAI, DAO QUANG HUY:** Solution for the launching and initial drive of TBM applied at hanoi metro line 3 project. 57
- NGUYEN VAN CONG, NGUYEN VAN NGON:** Study on prediction model of deflection of GFRP reinforced concrete beam. 67
- NGUYEN HUU SA, DANG VAN KIEN, DAO NGOC HIEP, VU DINH HUNG, TRAN TUAN DIEP:** Research on the surface movement and deformation of drifts in large depth and proposing solutions using rock bolts structures. 77
- LUONG THI BICH, TRAN NGUYEN HOANG HUNG:** Analysis the effectiveness of soil-cement columns to reinforce earth levees under rapid drawdown condition. 87

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA SƠ ĐỒ BỐ TRÍ HAI ĐƯỜNG HẦM SONG SONG ĐẾN GIÁ TRỊ LÚN MẶT ĐẤT

ĐỖ NGỌC THÁI\*

## Studying the effect of the layout of twin tunnels on the value of ground surface settlement

**Abstract:** The construction of tunnels in urban areas can induce ground movement and subsidence, posing risks to the stability of surface structures like buildings, bridges, roads, and other infrastructure. Thus, accurately predicting ground settlement during subway tunnel construction is paramount. Typically, urban subway tunnels are constructed as paired parallel tunnels to facilitate operations. This study investigates the layout configurations of such parallel tunnels and their impact on ground settlement using the finite element method, with a focus on construction sequencing. In this research article, the author presents layout diagrams of two parallel tunnels and employs the finite element method to analyze how their arrangement affects ground settlement, considering tunnel construction sequencing. The findings indicate that constructing parallel tunnels aligned along the same horizontal axis results in the smallest ground settlement curve, while aligning them along the same vertical axis leads to the highest ground settlement curve.

**Keywords:** twin tunnels, shield tunneling machines, surface settlements, finite element method.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xuất phát từ yêu cầu cải thiện liên kết giao thông ở các khu vực đô thị hóa, đã dẫn đến số lượng dự án thi công đường hầm ngày càng tăng. Nhiệm vụ đặt ra đối với công tác quy hoạch, thiết kế công trình ngầm là đảm bảo quá trình xây dựng công trình ngầm thành phố, phát triển cơ sở hạ tầng và không gian ngầm một cách bền vững, các dự án xây dựng phải đảm bảo chất lượng công trình, an toàn lao động, giảm thiểu tối đa những ảnh hưởng đến công trình xây dựng lân cận.

Các dự án thi công đường hầm này có thể xây dựng đường hầm riêng lẻ là các đường hầm đơn hoặc

hai đường hầm song song bố trí gần nhau là các đường hầm đôi. Để thuận lợi cho công tác vận hành nên các tuyến đường hầm tàu điện ngầm trong đô thị thường được bố trí là hai đường hầm song song bố trí gần nhau. Các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song gần nhau có thể được phân loại thành: hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang; hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng và sơ đồ bố trí hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng.

Trong bài nghiên cứu này, tác giả trình bày các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song và sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis 2D V20 để nghiên cứu ảnh hưởng của sơ đồ

\* Bộ môn: Xây dựng công trình ngầm và mỏ, khoa Xây dựng - Trường Đại học Mỏ-Địa chất  
Email: dongocthai@hmg.edu.vn.

bố trí hai đường hầm song song đến giá trị lún mặt đất khi có chú ý đến trình tự thi công các đường hầm.

## 2. PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO LÚN MẶT ĐẤT KHI THI CÔNG 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 Peck, (1969); Clough and Schmidt, (1981) và Attewell và nnk, (1986) là những người 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 hình thành một vùng lún hay máng lún.

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:

$$S = S_{max} \exp\left(\frac{-x^2}{2i^2}\right)$$

Trong đó:  $S_{max}$  - Giá trị độ lún lớn nhất theo phương thẳng đứng (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).

Độ lớn của quá trình dịch chuyển của đất xảy ra phía trên đường hầm phụ thuộc rất nhiều vào tham số “tổn thất thể tích đất”. Tổn thất thể tích đất,  $V_t$ , là lượng đất bị mất ở khu vực xung quanh hầm do quá trình thi công.

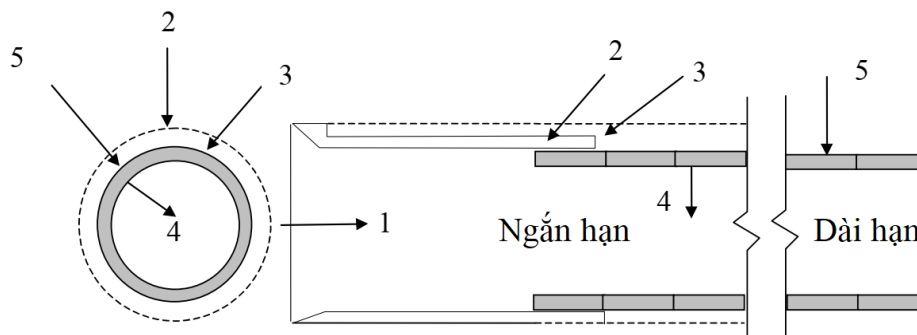
Hiện tượng lún mặt đất chủ yếu là do đất di chuyển về phía khoang khai đào của máy đào hầm dẫn đến hiện tượng mất thể tích đất. Tùy thuộc vào loại máy thi công đường hầm như đào mặt gương hở bằng phương pháp thông thường hoặc mặt gương kín sử dụng máy đào hầm cơ giới, có thể xác định cụ thể các nguồn chính gây mất thể tích đất.

Theo Attewell và nnk (1986), các thành phần của tổn thất thể tích đất khi thi công đường hầm bằng máy khiên đào được xác định theo công thức sau:

$$V_t = V_f + V_b + V_p + V_y + V_u + V_g$$

Trong đó:  $V_f$  là lượng mất thể tích tại mặt gương đào;  $V_b$  là lượng mất thể tích tại vỏ khiên;  $V_y$ ,  $V_p$  là tổn thất do quá trình tịnh tiến vỏ khiên;  $V_u$  là tổn thất sau khi lắp đặt vỏ hầm;  $V_g$  là tổn thất sau khi lấp đầy khoảng hở phía sau vỏ hầm.

Theo Cording (1991), các nguồn gây tổn thất thể tích cho đường hầm được thi công bằng máy khiên đào được thể hiện trong hình 1, bao gồm có 05 thành phần chính của tổn thất thể tích đất phụ thuộc vào quá trình thi công bằng máy khiên đào.



1. Lượng mất thể tích ở mặt gương đào; 2. Lượng mất thể tích do sự tịnh tiến của vỏ khiên; 3. Lượng mất thể tích ở khoảng trống ở đuôi khiên; 4. Lượng mất thể tích do độ lệch, độ võng của lớp vỏ hầm; 5. Lượng mất thể tích từ quá trình ổn định, hợp nhất vỏ hầm

Hình 1. Các nguồn gây tổn thất thể tích cho đường hầm được thi công bằng máy khiên đào  
(Cording, 1991)

Các thành phần khác nhau được mô tả dưới đây:

(1) Lượng mất thể tích ở mặt gương đào: đã nhấn mạnh tầm quan trọng của mất thể tích ở mặt gương đối với công tác đào hầm bằng phương pháp thông thường có mặt gương hở trong đất sét. Thành phần này là kết quả của việc giảm ứng suất và có thể không đáng kể nếu áp lực bề mặt gương đào được kiểm soát cẩn thận khi sử dụng các phương pháp đào có khoang công tác gương kín.

(2) Lượng mất thể tích do sự tịnh tiến của vỏ khiên: lượng mất thể tích này có thể gây ra tổn thất đáng kể do lực ma sát tạo ra và có vị trí bị phá quá mức và nếu xảy ra vấn đề về thay đổi hướng đường hầm (Peck 1969).

(3) Lượng mất thể tích ở khoảng trống ở đuôi khiên: Lượng mất thể tích gây ra bởi sự tồn tại của một khoảng trống giữa lớp vỏ đuôi khiên và lớp vỏ hầm có thể gây ra các chuyển động của đất xảy ra vào khoảng trống này. Việc giảm thiểu thành phần này đạt được bằng cách mở rộng lớp lót phân đoạn càng nhanh càng tốt hoặc lấp đầy bằng vữa gọi là lấp đầy khoảng trống ở phần đuôi khiên.

(4) Lượng mất thể tích do độ lệch, độ võng của lớp vỏ hầm: lượng mất thể tích này là thành phần tổn thất thể tích nhỏ nhất trong cả lớp lót bê tông

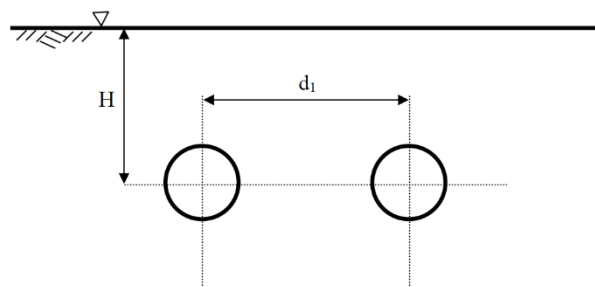
phun và bê tông đúc sẵn xảy ra khi tải trọng nền phát triển.

(5) Thành phần mất thể tích (5) do quá trình ổn định, hợp nhất vỏ hầm với khối đất xung quanh ảnh hưởng rất lớn đến giá trị tổn thất thể tích đất, đặc biệt trong đất sét mềm nơi mà các dịch chuyển của đất xảy ra khi áp lực nước lỗ rỗng trong đất thay đổi, tự ổn định cân bằng lâu dài của đất.

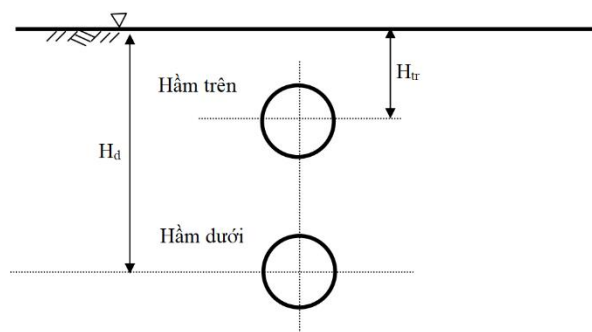
### 3. PHƯƠNG PHÁP DỰ BÁO GIÁ TRỊ LÚN MẶT ĐẤT KHI THI CÔNG HAI ĐƯỜNG HẦM SONG SONG

#### 3.1. Các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song

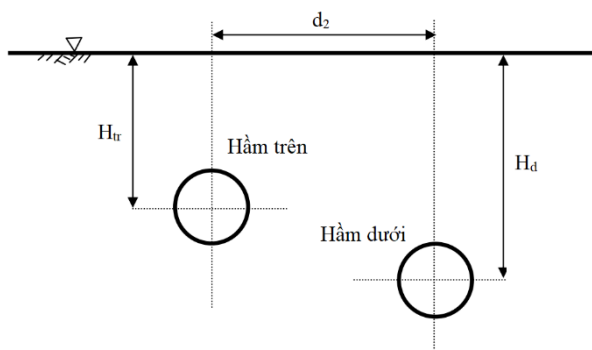
Yêu cầu cải thiện liên kết giao thông ở các khu vực đô thị hóa đã dẫn đến số lượng hoạt động đào hầm được thi công ngày càng nhiều. Các hoạt động đào hầm này bao gồm xây dựng các đường hầm riêng lẻ tức là các đường hầm đơn hoặc hai đường hầm song song tức là các đường hầm đôi. Các cách bố trí hai đường hầm song song gần nhau có thể được phân loại thành các sơ đồ thi công: Hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang; Hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng; Hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng. Các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song được thể hiện trên hình 2.



a) Sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang



b) Sơ đồ hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng



c) Sơ đồ hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng

Hình 2. Các sơ đồ bố trí hai đường hầm song song

Với nhu cầu sử dụng về không gian ngầm ngày càng tăng, đặc biệt là ở các khu đô thị, ngày càng có nhiều các dự án tuyến đường hầm đôi, gồm hai đường hầm song song ở gần nhau. Đối với một số tuyến hai đường hầm song song gần nhau, công tác thi công thường diễn ra theo trình tự như quá trình xây dựng đường hầm đầu tiên và sau đó thi công đường hầm thứ hai. Khi xem xét quá trình thi công, đường hầm thi công thứ hai sẽ gây ra dịch chuyển các lớp đất phía trên, một số lớp trong đó trước đây đã bị ảnh hưởng bởi quá trình thi công đường hầm thứ nhất, tức là lớp đất này đã trải qua quá trình biến đổi cơ học, trạng thái ứng suất ban đầu đã bị phá hủy do quá trình thi công đường hầm thứ nhất.

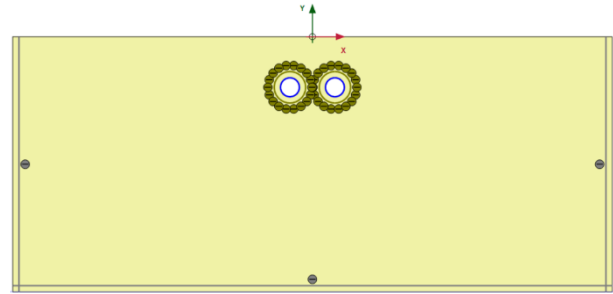
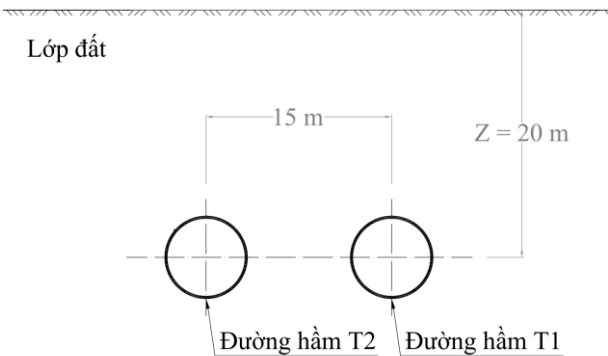
Theo các nghiên cứu trước đây về độ lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công hai đường hầm song song dựa trên các phương pháp dự báo thực nghiệm và kinh nghiệm đào hầm. Dự báo ban đầu được thực hiện bằng cách giả định đường cong lún mặt đất gây ra bởi đường hầm thứ nhất và đường

hầm thứ hai là giống nhau, cùng có độ lớn. Phương pháp dự báo được đề xuất bằng cách cộng đơn thuần hai vùng lún do từng đường hầm gây ra theo nghiên cứu của (O'Reilly và nnk, 1991). Việc sử dụng các phương pháp dự báo thực nghiệm đã được nhiều tác giả chứng minh là có kết quả gần đúng với thực tế khi xét cho trường hợp thi công 1 đường hầm. Việc mở rộng phương pháp để dự báo độ lún mặt đất gây ra bởi hai đường hầm song song cũng đã được chứng minh là đáng tin cậy khi xây dựng đường hầm 1 và 2 đồng thời. Tuy nhiên, việc mở rộng phương pháp này cho các đường song song thi công các đường hầm theo trình tự, không đồng thời thì kết quả vẫn chưa sát với thực tế, các công trình nghiên cứu cho thấy đường cong lún mặt đất gây ra bởi đường hầm thứ hai có giá trị và hình dạng phân bố khác biệt so với đường cong lún mặt đất gây ra bởi đường hầm thi công thứ nhất.

### 3.2. Điều kiện bài toán nghiên cứu

Để nghiên cứu dự báo giá trị lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công hai đường hầm song song với các sơ đồ bố trí các đường hầm khác nhau. Nhóm tác giả sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis 2D, V20 để xét cho hai đường hầm cùng hình dạng và kích thước, có tiết diện ngang hình tròn, đường kính  $D = 6,3\text{m}$  khoảng

cách giữa tâm hai đường hầm là  $15,0\text{m}$ . Đường hầm thi công qua lớp đất sét, đặc tính cơ lý các lớp đất được thể hiện trong bảng 1. Các thông số kỹ thuật vỏ hầm sử dụng trong mô hình được thể hiện trong bảng 2. Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang được thể hiện trong hình 3.



a) Các tham số hình học hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang

b) Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm

Hình 3. Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang

Trong bài toán này, nghiên cứu dự báo giá trị lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công hai đường hầm song song, nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm Plaxis 2D V20 để mô phỏng và phân tích, lớp đất được sử dụng theo mô hình Hardening Soil, vỏ hầm sử dụng mô hình đàn hồi. Các giai đoạn mô phỏng, tính toán công tác thi công bao gồm:

Giai đoạn 2: Xây dựng điều kiện biên, trường ứng suất ban đầu;

Giai đoạn 3: Đào đất và lắp đặt vỏ chống thi công đường hầm thứ nhất T1;

Giai đoạn 4: Đào đất và lắp đặt vỏ chống thi công đường hầm thứ hai T2.

Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm đường hầm được thể hiện trên hình 3 (b).

Giai đoạn 1: Thiết lập các tham số ban đầu;

Bảng 1. Thông số cơ lý của các lớp đất

Thông số cơ lý	Lớp đất sét
Khối lượng thể tích lớp đất, $\gamma$ ( $\text{kN/m}^3$ )	20.50
Mô đun cát tuyến xác định từ nén 3 trục, áp lực bùồng $p^{ref}, E_{50}^{ref}$ ( $\text{kN/m}^2$ )	27495
Mô đun tiếp tuyến trong thí nghiệm oedometer, $E_{oed}^{ref}$ ( $\text{kN/m}^2$ )	27495
Mô đun dờ tải và gia tải, $E_{ur}^{ref}$ ( $\text{kN/m}^2$ )	82485
Lực dính kết $c_{ref}$ , kPa	22,6
Góc ma sát trong, $\varphi$ ( $^\circ$ )	24
Góc giãn nở, $\psi$ ( $^\circ$ )	0



Hệ số poisson $\nu$	0,25
Hệ số mũ, $m$	0,5
Áp lực buồng khí thí nghiệm $p^{ref}$ (kN/m <sup>2</sup> )	100
Hệ số áp lực ngang, $K_0$	0,43
Hệ số ma sát, $R_{inter}$	0,9

Bảng 2. Thông số kỹ thuật vỏ hầm

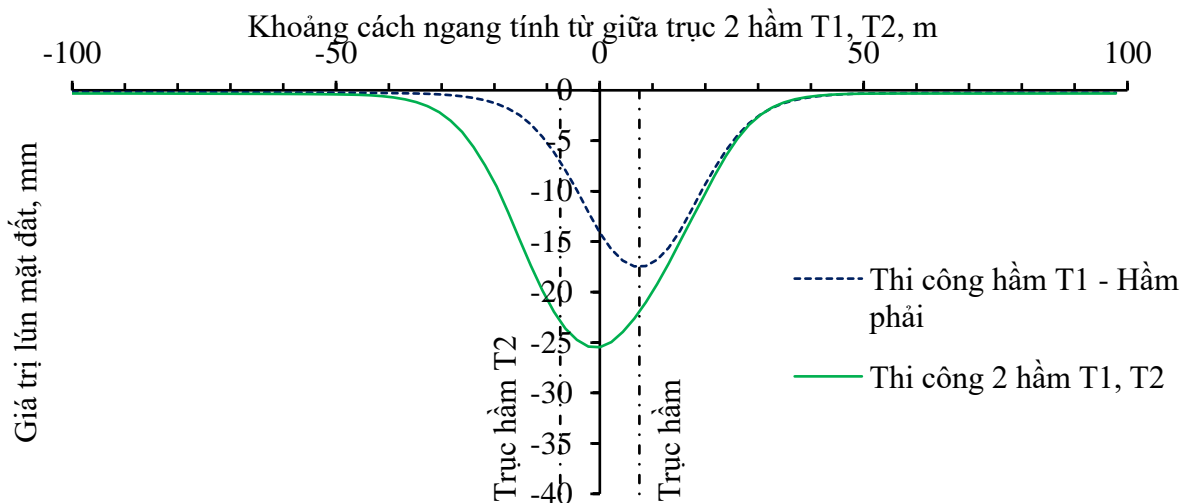
Thông số	Đơn vị	Vỏ hầm
Độ cứng chống nén, EI	kN/m	$7,875 \cdot 10^4$
Độ cứng chống uốn, EA	kN.m <sup>2</sup> /m	$10,5 \cdot 10^6$
Chiều dày, d	m	0,3
Trọng lượng, w	kN/m/m	7,5
Hệ số Poisson, $\nu$		0,15
Khối lượng thể tích, $\gamma$	kN/m <sup>3</sup>	25
Mô đun đàn hồi, E	GPa	35

### 3.3 Kết quả bài toán nghiên cứu

#### 3.3.1. Kết quả lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang

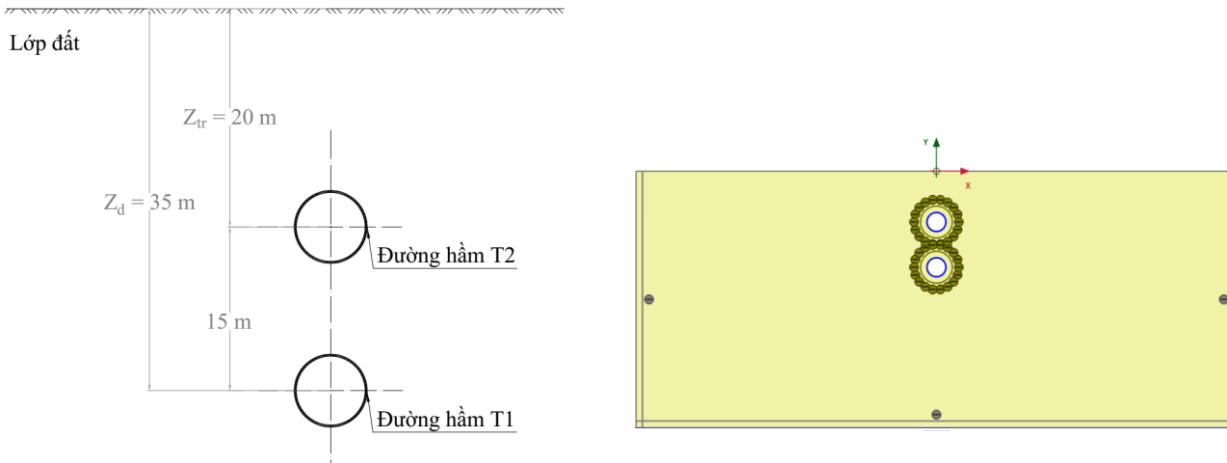
Khi thi công đường hầm đầu tiên là hầm bên phải trước thì gây ra giá trị lún mặt đất là: 17,45 mm; sau khi thi công tiếp đường hầm thứ hai là hầm bên trái, thì độ lún gây ra bởi hai đường hầm song song là: 25,46 mm, như hình 4 ta thấy khi thi công 1 đường hầm thì đường cong lún mặt đất có

giá trị lớn nhất tại trên đỉnh đường hầm và có dạng hàm phân phối chuẩn Gauss phù hợp với kết quả nghiên cứu của các tác giả Peck (1969). Sau khi thi công tiếp tục đường hầm thứ hai ở bên trái, đường cong lún mặt đất gây ra bởi hai đường hầm song song cùng trục nằm ngang thì đường cong lún mặt đất có giá trị lớn nhất là 25,46 mm nằm ở giữa trục hai đường hầm.



Hình 4. Đường cong lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công 2 đường hầm song song cùng trục nằm ngang: Thi công hầm T1 – Hầm phải; Thi công hai đường hầm song song T1, T2

### 3.3.2. Kết quả lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng



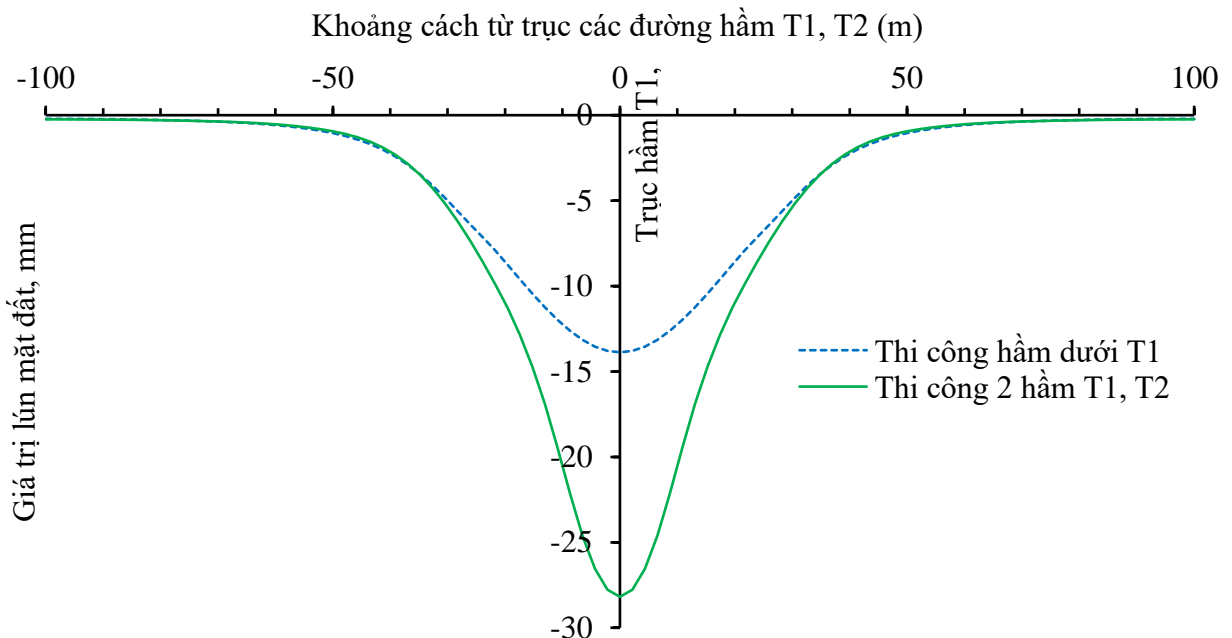
a) Các tham số hình học hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng

b) Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm

Hình 5. Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng

Bài toán khi thi công hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng, trường hợp thi công đường hầm phía dưới trước: Khi thi công đường hầm phía dưới T1 trước thì gây ra giá trị lún mặt đất là: 13,87

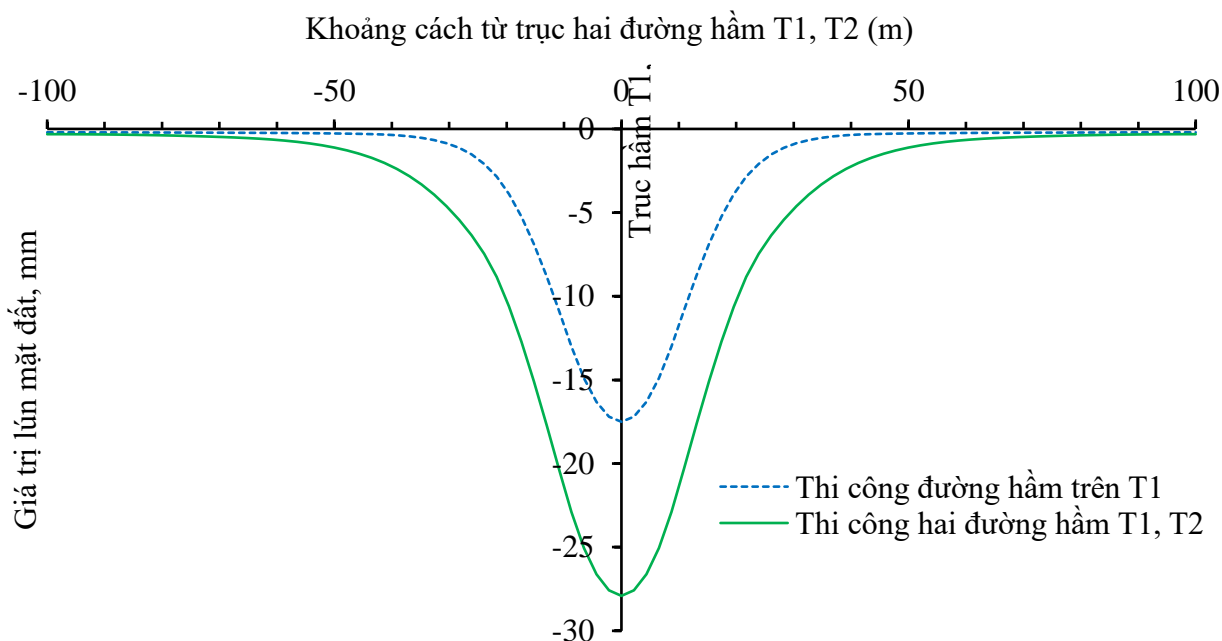
mm; sau khi thi công tiếp đường hầm phía trên, thì độ lún gây ra bởi hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng T1, T2 là: 28,19 mm, như hình 6.



Hình 6. Đường cong lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công 2 đường hầm song song cùng trục thẳng đứng: Thi công hầm T1 – Hầm dưới trước; Thi công hai đường hầm song song T1, T2

Bài toán khi thi công hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng, trường hợp thi công đường hầm phía trên trước: Khi thi công đường hầm phía trên T1 trước thì gây ra giá trị lún mặt đất là: 17,50

mm và sau khi thi công tiếp đường hầm phía trên thì độ lún gây ra bởi hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng T1, T2 là: 27,91 mm, như hình 7.

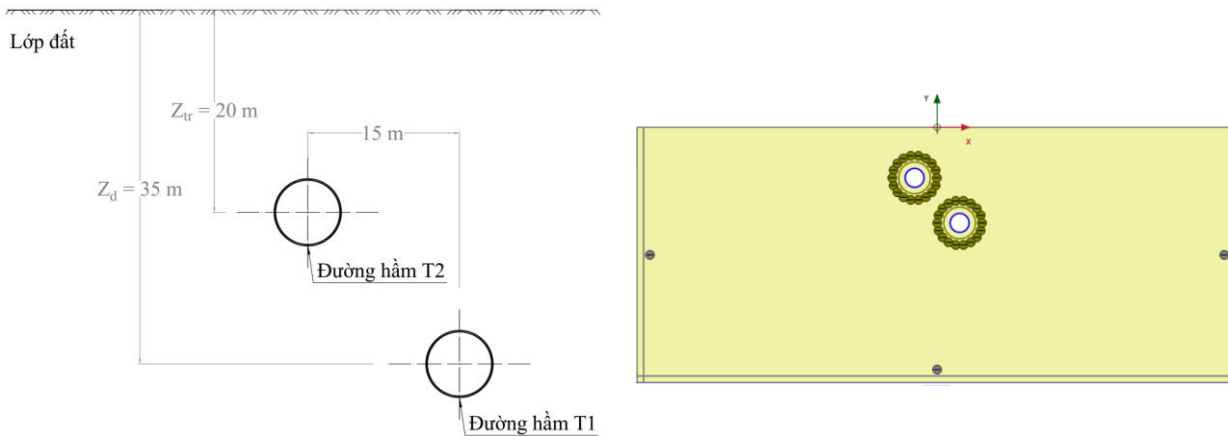


Hình 7. Đường cong lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công 2 đường hầm song song cùng trục thẳng đứng: Thi công hầm T1 – Hầm trên trước; Thi công hai đường hầm song song T1, T2

Kết quả độ lún khi thi công 1 đường hầm đầu tiên: ta thấy khi thi công 1 đường hầm dưới trước thì độ lún lớn nhất có giá trị (13,87 mm) nhỏ hơn khi thi công 1 đường hầm trên trước (17,50 mm). Nhưng bề rộng của đường cong lún trong trường hợp thi công đường hầm phía dưới trước lại rộng hơn so với trường hợp thi công đường hầm phía trên trước. Kết quả độ lún khi thi công 2 hầm song song cùng trục thẳng đứng: giá trị độ lún lớn

nhất gây ra bởi công tác thi công hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng theo trường hợp thi công đường hầm dưới trước (28,19 mm) lại lớn trường hợp khi thi công đường hầm trên trước (27,91 mm).

### 3.3.3. Kết quả lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng



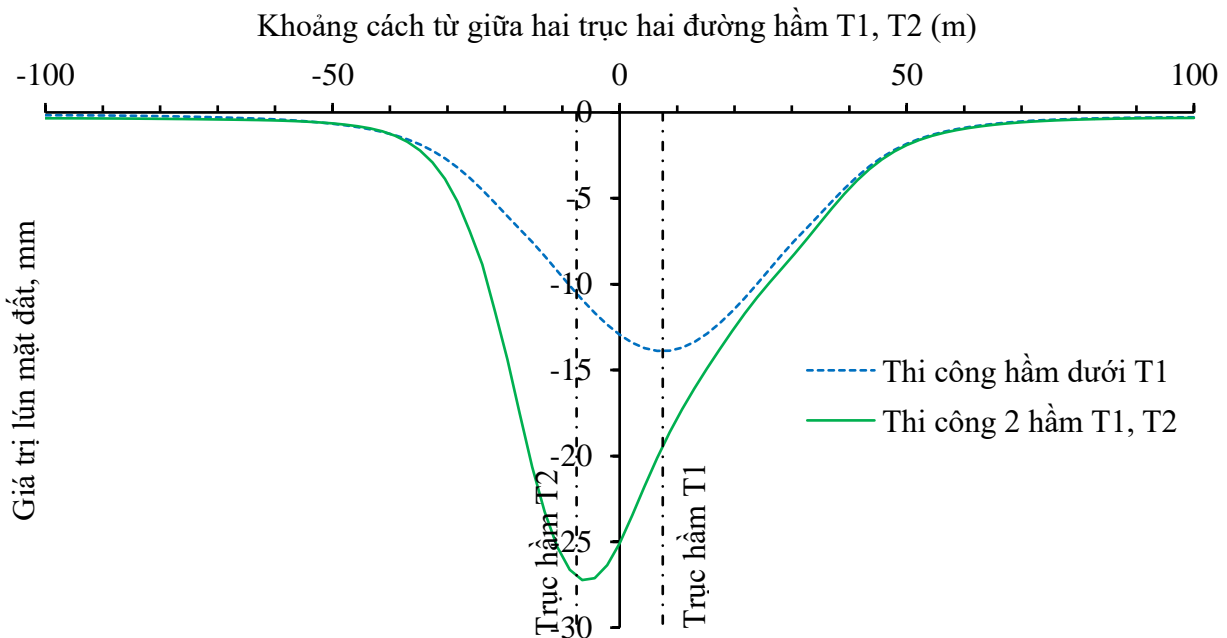
a) Các tham số hình học hai đường hầm

b) Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm

Hình 8. Sơ đồ mô phỏng thi công hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng

Bài toán khi thi công hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng trong trường hợp thi công đường hầm phía dưới trước: Khi thi công đường hầm phía dưới T1 trước thì gây

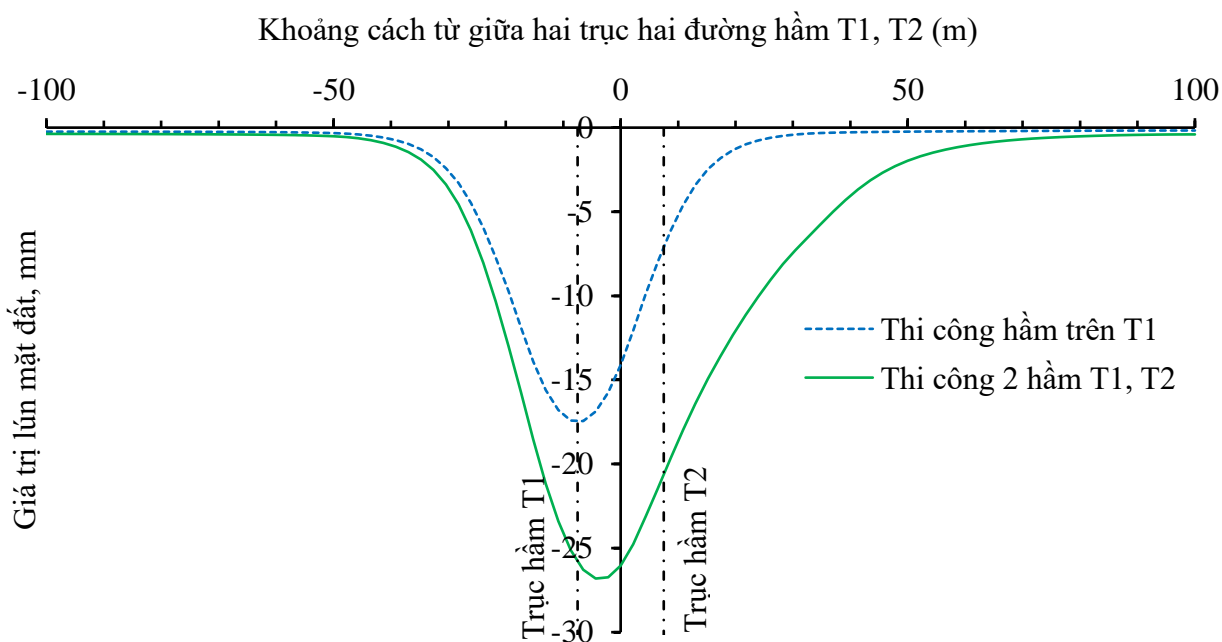
ra giá trị lún mặt đất là: 13,88 mm; sau khi thi công tiếp đường hầm phía trên, thì độ lún gây ra bởi hai đường hầm song song cùng trục thẳng đứng T1, T2 là: 27,23 mm, như hình 9.



Hình 9. Đường cong lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công 2 đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng: Thi công hầm T1 – Hầm dưới trước; Thi công hai đường hầm song song T1, T2

Bài toán khi thi công hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng, trong trường hợp thi công đường hầm phía trên trước: Khi thi công đường hầm phía trên T1 trước thì gây

ra giá trị lún mặt đất là: 17,45 mm. Sau khi thi công tiếp đường hầm phía trên, thì độ lún gây ra bởi hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng T1, T2 là: 26,81 mm, như hình 10.



Hình 10. Đường cong lún mặt đất gây ra bởi công tác thi công 2 đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng: Thi công hầm T1 – Hầm trên trước; Thi công hai đường hầm song song T1, T2

Kết quả độ lún khi thi công 1 đường hầm đầu tiên: ta thấy khi thi công 1 đường hầm dưới trước thì độ lún lớn nhất có giá trị (13,88 mm) nhỏ hơn khi thi công đường hầm hầm trên trước (17,45 mm). Nhưng bề rộng của đường cong lún trong trường hợp thi công đường hầm phía dưới trước lại rộng hơn so với trường hợp thi công đường hầm phía trên trước. Kết quả độ lún khi thi công 2 hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng: giá trị độ lún lớn nhất gây ra bởi công tác thi công hai đường hầm song song khác trục nằm ngang và trục thẳng đứng theo trường hợp thi công đường hầm dưới trước (27,23mm) lại lớn trường hợp khi thi công đường hầm trên trước (26,81 mm).

#### 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Công tác phân tích độ lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song theo các sơ đồ bố trí các vị trí xây dựng khác nhau, trình tự xây dựng khác nhau cho các kết quả gây ra giá trị lún mặt đất khác nhau, trong điều kiện bài toán cho kết quả như sau:

- Công tác thi công hai đường hầm song song theo sơ đồ có cùng trục nằm ngang gây ra đường cong lún mặt đất có giá trị nhỏ nhất.

- Công tác thi công hai đường hầm song song theo sơ đồ bố trí có cùng trục thẳng đứng gây ra đường cong lún mặt đất có giá trị lớn nhất khi thi công đường hầm phía dưới trước và thi công đường hầm phía trên sau.

- Tùy thuộc vào điều kiện thi công, đặc biệt là đánh giá ảnh hưởng từ công tác thi công đường hầm đến công trình xây dựng lân cận để lựa chọn sơ đồ bố trí hai đường hầm song song cho phù hợp.

#### LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Bộ Giáo dục và Đào tạo đã hỗ trợ kinh phí để thực hiện nghiên cứu này trong khuôn khổ mã đề tài B2022-MDA-06.

#### 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. 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.

4. Clough, W. and Schmidt, B. (1981). Design and performance of excavations and tunnels in soft clay. E. Brand and R. Brenner (editors) Soft Clay Engineering, 567–634. Elsevier.

5. Attewell, P. B., Yeates, J., & Selby, A. R. Soil movements induced by tunnelling and their effects on pipelines and structures. Blackie, Glasgow. 1986, 325p.

6. Mair, R. J., Taylor, R. N., and Bracegirdle, A. (1993). Subsurface settlement profiles above tunnels in clays. Geotechnique, 43(2):315–320.

7. Cording, E. J. (1991). Control of ground movements around tunnels in soil. In Proceeding of the 9th Pan-American Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, volume 4, pages 2195–2244.

8. O'Reilly, M. P., Mair, R. J. & Alderman, G. H. (1991). Long-term settlements over tunnels; an eleven year study at Grimsby, Tunnelling '91, Instn. Mining and Metallurgy, London, 55-64.

## THẺ LỆ VIẾT BÀI ĐĂNG TRÊN TẠP CHÍ ĐỊA KỸ THUẬT

Tạp chí Địa kỹ thuật được xuất bản 3 tháng/kỳ, theo Giấy phép hoạt động báo chí số 1358/GPXB ngày 17-6-1996 của Bộ Văn hóa và Thông tin.

Tôn chỉ và mục đích của Tạp chí là: Công bố các công trình nghiên cứu khoa học, công nghệ, phổ biến, trao đổi kiến thức, tiến bộ kỹ thuật và kinh nghiệm trong các lĩnh vực địa chất công trình, cơ học đất - nền móng, cơ học đá, địa kỹ thuật và môi trường, các vấn đề đất - nước - môi trường và con người, góp phần nâng cao chất lượng các công trình xây dựng hạ tầng cơ sở, đáp ứng nhu cầu công nghiệp hóa, hiện đại hóa đất nước.

Trong thời gian qua Tạp chí đã nhận được sự đóng góp, ủng hộ nhiệt thành của nhiều đồng nghiệp đồng đạo bạn đọc, các tổ chức, cơ quan, ban ngành về bài viết, thông tin và vật chất... Tạp chí mong tiếp tục nhận được sự cộng tác và ủng hộ đó.

Bài gửi đăng Tạp chí được đánh máy vì tính theo font **Unicode Times New Roman**, cỡ chữ 12, in trên khổ A4 kèm theo đĩa CD hoặc thư điện tử (2 file, 1 file world 2003, 1 file pdf). Bài viết sử dụng tiếng Việt, kèm theo tóm tắt nội dung bằng tiếng Việt và Anh (không quá 200 từ). Công thức được viết theo Equation Editor và đánh số thứ tự về bên phải. **Đơn vị tính của các đại lượng vật lý phải sử dụng đơn vị theo hệ SI. Dấu thập phân phải dùng dấu phẩy.** Các bản vẽ phải theo đúng quy định vẽ kỹ thuật, kích thước không quá 15 x 20cm. Các bài có bản đồ từng vùng hoặc cả nước cần vẽ theo mẫu chính xác, đúng theo quy cách hiện hành; các bản vẽ, biểu bảng phải được đánh số thứ tự. Dung lượng bài báo không vượt quá 8 trang kể cả hình ảnh, biểu bảng, tài liệu tham khảo.

Thứ tự sắp xếp bài báo:

- Tên bài báo (bằng tiếng Việt);
- Họ và tên tác giả;
- Địa chỉ, Tel/Fax; Email;
- Tóm tắt nội dung (bằng tiếng Việt);
- Tên bài báo và tóm tắt nội dung bằng tiếng Anh;
- Nội dung bài báo. Bài báo cần có đặt vấn đề và kết luận;
- Tài liệu tham khảo: được đánh máy liền với bài và được ghi theo thứ tự ABC. Các tài liệu tham khảo trình bày theo trình tự: Tiếng Việt, tiếng Anh, tiếng Latinh, tiếng Nga, tiếng Trung..., theo thứ tự: Tên tác giả, tên tài liệu, nhà xuất bản, ***năm xuất bản, không nên quá 10 tài liệu.***

Ban Biên tập sẽ bố trí lấy ý kiến phản biện trước khi đăng. Bài không được đăng không trả lại bản thảo.

Tác giả bài viết phải chịu trách nhiệm về các thông tin cung cấp và được biểu 01 cuốn tạp chí có bài đăng.

**Ý KIẾN ĐÓNG GÓP, BÀI GỬI ĐĂNG VÀ ĐẶT MUA TẠP CHÍ XIN LIÊN HỆ THEO ĐỊA CHỈ SAU:**

**VIỆN ĐỊA KỸ THUẬT**

152 phố Lê Duẩn, quận Đống Đa - Hà Nội

Tel: 024.22141917

Email: [viendiakythuat@vusta.vn](mailto:viendiakythuat@vusta.vn); Website: <http://www.vgi-vn.vn>