



Tạp chí
ĐỊA KỸ THUẬT
Geotechnical Journal

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP
PGS.TS. ĐOÀN THỂ 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

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 Chín 2022

Tạp chí ĐỊA KỸ THUẬT

ISSN - 0868 - 279X
NĂM THỨ 26
SỐ 3 NĂM 2022

MỤC LỤC

ĐỖ NGỌC THÁI; NGÔ DOÃN HÀO; NGUYỄN THẾ MỘC CHÂN: Nghiên cứu ảnh hưởng của đường hầm đến kết cấu móng bê cọc của tòa nhà lân cận 3

VÕ VĂN ĐÁU, VÕ PHÁN, TRẦN VĂN TUẤN: Thiết lập mô hình vật lý xác định sự phân bố tải trọng dọc trục của cọc trong hệ móng bê cọc 14

NGUYỄN VĂN VI, NGUYỄN VĂN BIÊN, ĐỖ VĂN THÁI: Nghiên cứu lựa chọn cao trình gắn neo hợp lý để nâng cao hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của kết cấu tường cừ một neo 22

BÙI TRƯỜNG SƠN: Hiệu chỉnh giá trị chuyển vị ngang tường vây đo đạc bằng Inclinometer 29

ĐỖ MINH NGỌC, HOÀNG NGỌC PHONG, ĐỖ MINH TÍNH: Nghiên cứu các tham số ảnh hưởng đến bố trí hợp lý hệ đỉnh đất ổn định công trình mái dốc 36

NGUYỄN TUẤN PHƯƠNG: Nghiên cứu ứng xử của hệ cọc bê tông cốt thép kết hợp với vải địa kỹ thuật trong giải pháp xử lý nền đất yếu 49

ĐỖ NGỌC THÁI, NGÔ DOÃN HÀO, ĐỖ NGỌC ANH, PHẠM VĂN VĨ: Phương pháp tính toán tác dụng tải trọng động đất lên kết cấu chống giữ đường hầm 58

NGUYỄN TRUNG KIÊN, DƯƠNG VĂN BÌNH, VY THỊ HỒNG LIÊN: Ứng dụng một số phương pháp thống kê hai biến phục vụ đánh giá nguy cơ trượt lở đất khu vực thị xã Sapa, tỉnh Lào Cai 67

NGÔ DOÃN HÀO, HUỖNH KHÁNH THÀNH: Nghiên cứu sử dụng tro bay chế tạo bê tông trong thi công hầm chui nút giao thông Mỹ Thủy - Thành phố Hồ Chí Minh 77

DƯƠNG VĂN VIỆN, BÙI VĂN TRƯỜNG, NGUYỄN VĂN ĐỖ: Phân tích ứng dụng cọc khoan nhồi giữ ổn định mái đê, kè trên nền đất yếu 87

CHU TUẤN VŨ: Một số kết quả nghiên cứu sử dụng cọc ống khi xây dựng móng nhà liền kề trong vùng xây chen 94

DEPUTY EDITORS-IN-CHIEF
Assoc. Prof., Dr. DOAN THE TUONG

EDITORIAL BOARD

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

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: September 2022

VIETNAM GEOTECHNIAL JOURNAL

ISSN - 0868 - 279X
VOLUME 26
NUMBER 3 - 2022

CONTENTS

DO NGOC THAI; NGO DOAN HAO; NGUYEN THE MOC CHAN: Study on the influence of the tunnel construction on piled raft foundations of the adjacent building	3
VO VAN DAU, VO PHAN, TRAN VAN TUAN: Physical model establishment for determining the axial load distribution on piles in pile raft foundation	14
NGUYEN VAN VI, NGUYEN VAN BIEN, DO VAN THAI: Study and select a reasonable anchorage level to improve the economic - Technical efficiency of one-anchor pile wall structures	22
BUI TRUONG SON: Adjustment of horizontal displacement value of diaphragm wall measured with inclinometer	29
DO MINH NGOC, HOANG NGOC PHONG, DO MINH TINH: Soil nailing technology is currently being applied quite widely in stabilizing slopes	36
NGUYEN TUAN PHUONG: Study on responses of concrete pile - geotextil systems in the soft ground treatment	49
DO NGOC THAI, NGO DOAN HAO, DO NGOC ANH, PHAM VAN VI: The methods of calculation of earthquake induced on tunnel linings	58
NGUYEN TRUNG KIEN, DUONG VAN BINH, VY THI HONG LIEN: Some bivariable statistical methods for evaluating landslide risks in Sapa town, Lao Cai province	67
NGO DOAN HAO, HUYNH KHANH THANH: Research on the application of fly ash to create concrete lining at My Thuy-Ho Chi Minh city traffic intersection	77
DUONG VAN VIEN, BUI VAN TRUONG, NGUYEN VAN DO: Bored pile group application to protect for dikes and embankments on the soft soil	87
CHU TUAN VU: Some research results on use of pipe piles to build the Foundation of adjacent houses in different houses been building not same times	94

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA ĐƯỜNG HÀM ĐẾN KẾT CẤU MÓNG BÈ CỌC CỦA TÒA NHÀ LÂN CẬN

ĐỖ NGỌC THÁI*; NGÔ DOÃN HÀO*; NGUYỄN THẾ MỘC CHÂN**

* Trường Đại học Mỏ-Địa chất.

Email: dongocthai@humg.edu.vn; ngodoanhao@humg.edu.vn

** Viện Khoa học và Công nghệ giao thông vận tải

Email: nguyenthemocchan@gmail.com

Study on the influence of the tunnel construction on piled raft foundations of the adjacent building

Abstract: The growth of cities has resulted in the need for increased infrastructure. The construction of tunnels in urban areas may cause ground displacement which distorts and damages the structure of buildings. In engineering design, it is important to assess the risk of these damages. In this paper, the results from the Finite Element method were used to analyze the influence of tunnel construction on the piled raft foundation system of the adjacent building. The tunnel depth and the horizontal distance from the tunnel to the piled raft foundation system are two parameters which used to research the influence of the tunnel construction on pile foundations.

Keywords: Tunnelling, underground construction, piled raft foundation, finite element method.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngày nay, xây dựng hệ thống đường hầm tàu điện ngầm tại các thành phố lớn trên thế giới được coi là giải pháp thiết yếu để đáp ứng nhu cầu giao thông công cộng, đường hầm tàu điện ngầm đang được xây dựng với tốc độ ngày càng tăng nhằm tạo điều kiện thuận lợi cho nhu cầu mở rộng về không gian của các khu đô thị đông dân cư và các thành phố lớn. Trong những năm gần đây tại các thành phố lớn của Việt Nam như thủ đô Hà Nội và thành phố Hồ Chí Minh đang triển khai dự án xây dựng các tuyến đường hầm tàu điện ngầm để đáp ứng nhu cầu giao thông công cộng. Công tác xây dựng đường hầm gây ra những tác động đến khối đất đá xung quanh và các công trình xây dựng lân cận. Đối với các đường hầm trong đô thị, công tác thi công dưới các tòa nhà cao tầng hay dưới hệ thống kỹ thuật ngầm đô thị luôn tiềm ẩn những rủi ro như gây lún mặt đất, biến dạng thậm chí gây sập đổ phá hủy các công trình xây dựng trên mặt đất hay ở vị trí lân cận của đường hầm [3÷7], [9]. Do đó công tác quy hoạch, thiết kế bao gồm lựa chọn hướng tuyến hay thiết kế kỹ thuật cần thiết đánh giá và dự báo mức độ tác động từ công tác xây dựng đường hầm đến các công trình xây dựng lân cận.

Bài báo sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn để nghiên cứu ảnh hưởng của công tác xây dựng đường hầm đến kết cấu móng bè cọc của tòa nhà lân cận, khảo sát ảnh hưởng của các tham số như khoảng cách từ đường hầm đến móng bè cọc và tham số độ sâu xây dựng đường hầm đến các giá trị nội lực trong vỏ hầm và cọc của kết cấu móng bè cọc của tòa nhà lân cận.

2. ẢNH HƯỞNG CỦA ĐƯỜNG HÀM ĐẾN KẾT CẤU NGẦM CỦA CÔNG TRÌNH LÂN CẬN

Tổng hợp các phương pháp tính toán bao gồm phương pháp giải tích, phương pháp thực nghiệm và phương pháp phần tử hữu hạn. Phương pháp giải tích dựa trên lý thuyết đàn hồi tuyến tính của các tác giả Poulos (1979) [10], Katzenbach et al (2000) [11], v.v... Phương pháp phần tử

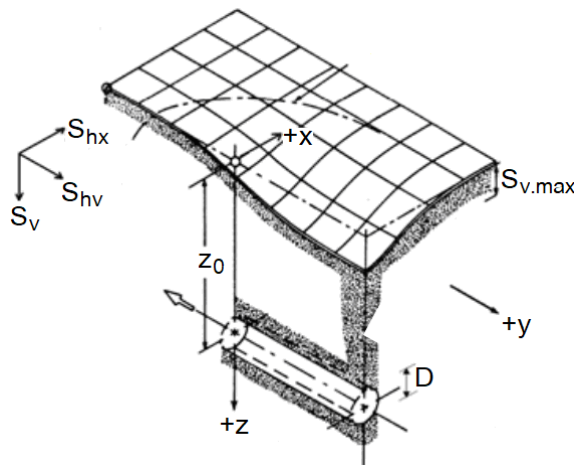
hữu hạn là phương pháp sử dụng rộng rãi trong phân tích ứng xử của móng bè cọc như các nghiên cứu của Tô Lê Hương, (2020) [1], Lê Bá Vinh, (2021) [2], Morton et al (2018) [8], v.v...

Để dự báo ảnh hưởng của công tác xây dựng đường hầm đến khối đất đá xung quanh, kết quả nghiên cứu của Peck, (1969) [9] đã sử dụng phương pháp bán thực nghiệm được coi là nghiên cứu 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 hình thành đường cong lún mặt đất.

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) [9] giả định có dạng hàm phân phối chuẩn Gauss, với điểm lún cực đại ($S_{v,max}$) nằm ngay trên trục thẳng đứng của đường hầm:

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

Trong đó: $S_{v,max}$ - 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).



Hình 1: Hình dạng máng lún hình thành trên mặt đất sau khi thi công đường hầm [5]

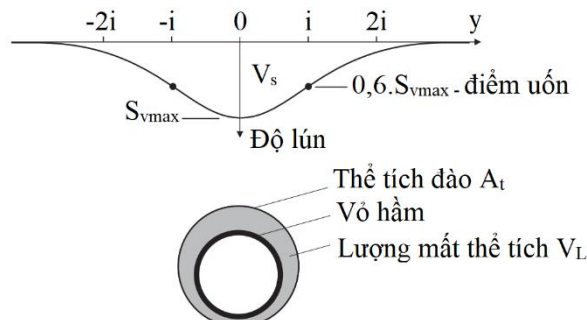
Giá trị khoảng cách từ tâm đường hầm đến điểm uốn theo phương nằm ngang (i) được xác định theo công thức:

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

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 đất sét ta có $k = 0,4 \div 0,7$; z_0 - Chiều sâu xây dựng đường hầm (m).

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

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



Hình 2: Đường cong lún mặt đất và lượng mất thể tích [7]

Lượng mất thể tích V_L là do sự khác biệt về thể tích đào đường hầm và thể tích hoàn thành sau khi lấp đất vỏ chông. Đất xung quanh đường hầm di chuyển để lấp đầy giá trị mất thể tích này, cường độ di chuyển lấp đầy thể tích cũng gây ra lượng mất thể tích, giá trị mất thể tích còn phụ thuộc vào phương pháp đào hầm, loại đất đá mà đường hầm 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, lượng mất thể tích đất xung quanh đường hầm tương ứng với thể tích máng lún trên mặt đất : $V_L \approx V_S$.

Tỷ lệ mất thể tích (ε) là tỷ số giữa lượng mất thể tích hoặc thể tích của máng lún trên mặt đất và thể tích đào lý thuyết tính cho một đơn vị chiều dài hầm:

$$\varepsilon = \frac{V_L}{A_t} \approx \frac{V_S}{A_t} \quad (4)$$

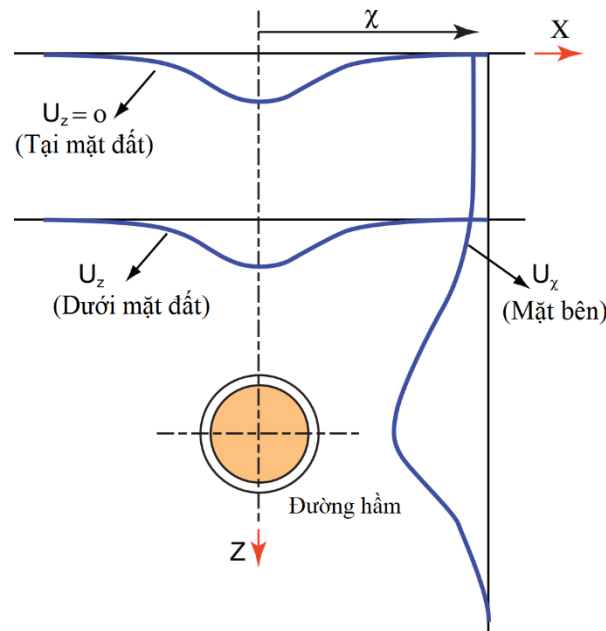
Trong đó: V_L – Lượng mất thể tích tính cho 1 đơn vị chiều dài hầm, (m^3); V_S – Thể tích máng lún trên mặt đất tính cho 1 đơn vị chiều dài hầm, (m); A_t Thể tích đào lý thuyết tính cho 1 đơn vị chiều dài hầm.

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 điều kiện địa chất khu vực xây dựng đường hầm, đặc tính kỹ thuật đường hầm và phương pháp thi công đường hầm.

Phương pháp giải tích cũng được sử dụng để dự báo ảnh hưởng của công tác thi công đường hầm gây ra dịch chuyển khối đất đá trên mặt đất và xung quanh đường hầm. Kết quả của phương pháp giải tích cũng được kiểm tra độ chính xác bằng phương pháp phần tử hữu hạn thông qua phần mềm Plaxis 2D và Flac 3D, hình 3 trình bày đường cong dịch chuyển lớp đất xung quanh đường hầm theo Simpson et al. (1996) [12].



Hình 3: Đường cong dịch chuyển lớp đất xung quanh đường hầm, Simpson et al. (1996) [12]

Phương pháp giải tích được Loganathan và Poulos, (1998) [6] đề xuất phương trình xác định dịch chuyển của lớp đất theo phương thẳng đứng tại mặt đất và xung quanh đường hầm được xác định theo công thức (6) và (7), dịch chuyển của lớp đất theo phương nằm ngang được xác định theo công thức (8):

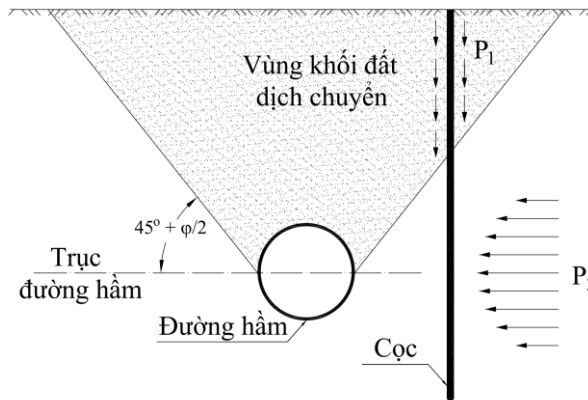
$$S_{z=0} = \varepsilon_0 \cdot R^2 \cdot \frac{4H \cdot (1-\nu)}{H^2 + x^2} \cdot \exp\left\{-\frac{1,38x^2}{(H \cdot \cos \beta + R)^2}\right\} \quad (6)$$

$$S_z = \varepsilon_0 \cdot R^2 \cdot \left(-\frac{z-H}{x^2 + (z-H)^2} + (3-4\nu) \cdot \frac{z+H}{x^2(z+H)^2} - \frac{2z[x^2 - (z+H)^2]}{[x^2 + (z+H)^2]^2} \right) \cdot \exp\left\{-\left[\frac{1,38x^2}{(H \cos \beta + R)^2} + \frac{0,69z^2}{H^2}\right]\right\} \quad (7)$$

$$S_x = -\varepsilon_0 \cdot R^2 \cdot x \cdot \left[\frac{1}{x^2 + (H-z)^2} + \frac{3-4\nu}{x^2 + (H+z)^2} - \frac{4z(z+H)}{(x^2 + (H+z)^2)^2} \right] \cdot \exp\left\{-\left[\frac{1,38x^2}{(H \cos \beta + R)^2} + \frac{0,69z^2}{H^2}\right]\right\} \quad (8)$$

Trong đó: $S_{z=0}$ – độ lún mặt đất, (m); S_z – Dịch chuyển thẳng đứng của lớp đất ở phía dưới mặt đất, (m); S_x – Dịch chuyển của lớp đất theo phương ngang, (m); R – Bán kính đường hầm, (m); z – chiều sâu đến nóc đường hầm, (m); H – Chiều sâu trục đường hầm, (m); ν – hệ số Poisson của đất; ε_0 – tỷ lệ mất thể tích trung bình; x – khoảng cách nằm ngang từ tâm đường hầm đến điểm đang xét, (m); β – góc tạo bởi phương nằm ngang và đường giới hạn khối đất bị phá hủy phía trên nóc hầm, $\beta = 45^\circ + \varphi/2$ (độ); φ – góc ma sát trong của đất, (độ).

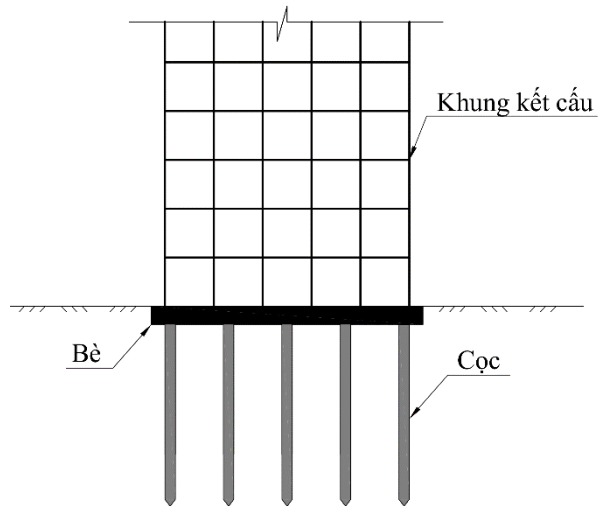
Trong quá trình thi công các đường hầm đô thị, đường hầm thường được bố trí bên cạnh các tòa nhà cao tầng thì công tác thi công đường hầm cũng ảnh hưởng đến kết cấu ngầm của công trình tòa nhà lân cận. Khi kết cấu ngầm là kết cấu móng cọc của tòa nhà nằm trong vùng khối đất bị dịch chuyển do công tác thi công đường hầm thì sơ đồ công tác thi công đường hầm ảnh hưởng đến cọc của kết cấu ngầm tòa nhà được thể hiện trên hình 4. Trong đó P_1 , P_2 là các áp lực nóc và áp lực hông gây ra từ công tác thi công đường hầm.



Hình 4: Công tác thi công đường hầm gây ảnh hưởng lên cọc của kết cấu tòa nhà [8]

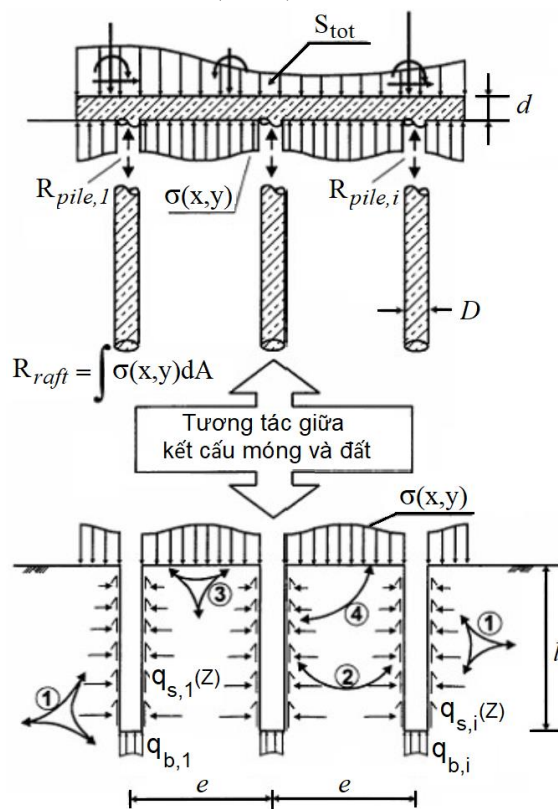
Móng bè cọc thường được sử dụng hiệu quả trong các công trình xây dựng nhà cao tầng. Móng bè cọc được sử dụng đối với công trình nhà cao tầng có tải trọng lớn, công trình nhà cao tầng trên nền đất yếu, bố trí cọc theo đài đơn hay băng trên cọc không đủ khả năng mang tải. Cần phải bố trí cọc trên toàn bộ diện tích xây dựng mới mang đủ tải trọng của công trình. Hơn nữa móng bè cọc sẽ làm tăng độ cứng tổng thể của nền móng sẽ bù đắp lại tính mềm yếu của nền đất.

Các công trình nhà cao tầng chủ yếu là sử dụng móng bè trên cọc nhồi hoặc cọc barrette. Móng bè cọc và khung kết cấu của công trình nhà cao tầng được thể hiện trên hình 5.



Hình 5: Móng bè cọc và khung kết cấu tòa nhà [1]

Móng bè cọc cấu tạo gồm hai phần: bè và các cọc. Bè có nhiệm vụ liên kết và phân phối tải trọng từ chân kết cấu cho các cọc, đồng thời truyền một phần tải trọng xuống đất nền tại vị trí tiếp xúc giữa đáy bè và đất nền. Bè có thể làm dạng bản phẳng nhằm tăng độ cứng chống uốn. Các cọc làm nhiệm vụ truyền tải trọng xuống nền đất dưới chân cọc thông qua sức kháng mũi và vào nền đất xung quanh cọc thông qua sức kháng bên. Có thể bố trí cọc thành nhóm hay riêng rẽ nhằm điều chỉnh lún không đều, giảm áp lực lên đất nền ở đáy bè hay giảm nội lực trong bè. Cách bố trí cọc thường theo nguyên tắc trọng tâm nhóm cọc trùng hoặc gần với trọng tâm tải trọng công trình. Giải pháp này có ưu điểm là tải trọng truyền xuống cọc được phân bố hợp lý hơn, Tô Lê Hương, (2020) [1]; Lê Bá Vinh, (2021) [2].



S_{tot} – áp lực tác dụng lên móng bè – cọc 1; $R_{pile,1}$ – áp lực tác dụng lên cọc 1; $\sigma(x,y)$ – áp lực truyền xuống đất. 1 - tương tác đất và cọc, 2 - tương tác cọc và cọc, 3 - tương tác bè và đất, 4 - tương tác bè và cọc,

Hình 6: Hiệu ứng tương tác giữa đất và móng bè cọc của Katzenbach et al., (2000) [11]

Theo Katzenbach et al., (2000) [11] móng bè cọc là một hệ móng kết hợp từ ba thành phần chịu lực là bè, cọc và lớp đất nền. Trong móng bè cọc tồn tại 4 tương tác giữa lớp đất và các kết cấu móng như hình 6: 1 - tương tác cọc và đất; 2 - tương tác cọc và cọc; 3 - tương tác bè và đất; 4 - tương tác bè và cọc.

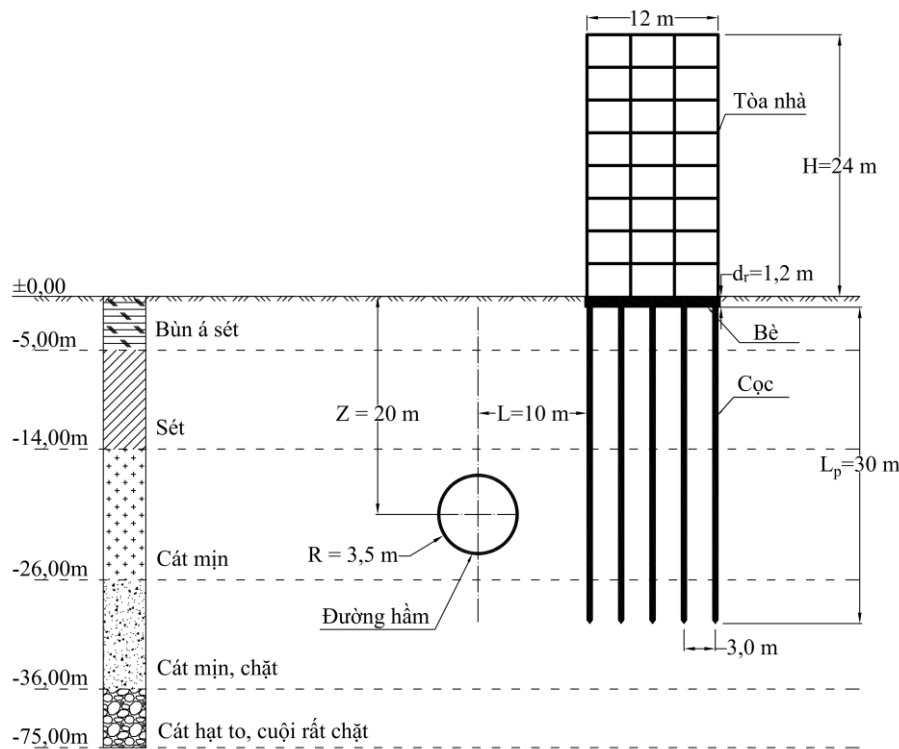
Tổng phản lực của móng bè cọc R_{total} :

$$R_{total} = R_{raft} + \sum R_{pile,i} \geq S_{tot} \quad (9)$$

trong đó: R_{total} – tổng áp lực của móng bè cọc; R_{raft} – áp lực của bè; $\sum R_{pile,i}$ - tổng áp lực của các cọc; S_{tot} – áp lực của phần trên tòa nhà.

3. BÀI TOÁN NGHIÊN CỨU

Để nghiên cứu ảnh hưởng của công tác xây dựng đường hầm đến kết cấu móng bè cọc của tòa nhà lân cận, nhóm tác giả xét cho trường hợp: đường hầm có tiết diện ngang hình tròn, bán kính $R = 3,5\text{m}$ được thi công ở độ sâu trục hầm $H = 20\text{m}$, khoảng cách tâm đường hầm đến tòa nhà $L = 10\text{m}$. Công trình tòa nhà hệ khung kết cấu có chiều cao $H = 24\text{m}$. Giải pháp nền móng tòa nhà được sử dụng là giải pháp móng bè cọc kết hợp trên nền địa chất gồm 5 lớp, lớp 1 là Bùn á sét, lớp 2 là Sét, lớp 3 là Cát mịn, lớp 4 là Cát mịn chặt, lớp 5 là Cát hạt to rất chặt, đặc tính cơ lý các lớp đất được thể hiện trong bảng 1. Phần bè có kích thước chiều dài 12m , chiều dày $d_r = 1,2\text{m}$. Cọc có đường kính $D = 0,6\text{m}$ chiều dài cọc là $L_p = 30\text{m}$, khoảng cách giữa các cọc $e = 3\text{m}$ sơ đồ bài toán được thể hiện trên hình 7. Các thông số kỹ thuật vỏ hầm và kết cấu tòa nhà sử dụng trong mô hình được thể hiện trong bảng 2.



Hình 7: Sơ đồ thi công đường hầm

Trong nghiên cứu này, để đánh giá ảnh hưởng của công tác thi công đường hầm đến kết cấu móng bè cọc của tòa nhà lân cận, nhóm tác giả đã sử dụng phần mềm Plaxis 2D V20 để mô phỏng và phân tích, các lớp đất được sử dụng theo tiêu chuẩn Mohr-Coulomb, vỏ hầm và kết cấu tòa nhà sử dụng mô hình đàn hồi. Hệ khung kết cấu tòa nhà được mô phỏng theo sơ đồ kết cấu với các chân cột được ngàm cứng và tải tường phân bố trên mét dài thanh và hoạt tải phân bố đều trên diện tích tấm. Phần khung kết cấu bên trên gồm cột, dầm, sàn, tường và bè được mô phỏng bằng các phần tử tấm: Plate; cọc được mô phỏng bằng phần tử: Embedded Pile Row. Các giai đoạn mô phỏng, tính toán công tác thi công bao gồm:

Giai đoạn 1: Lựa chọn mô hình, xây dựng các tham số ban đầu;

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

Giai đoạn 3: Xây dựng kết cấu tòa nhà;

Giai đoạn 4: Thi công đường hầm, đào đất và lắp đặt vỏ chống đường hầm.

Sơ đồ mô phỏng thi công đường hầm và công trình lân cận được thể hiện trên hình 8.

Bảng 1: Thông số cơ lý của các lớp đất

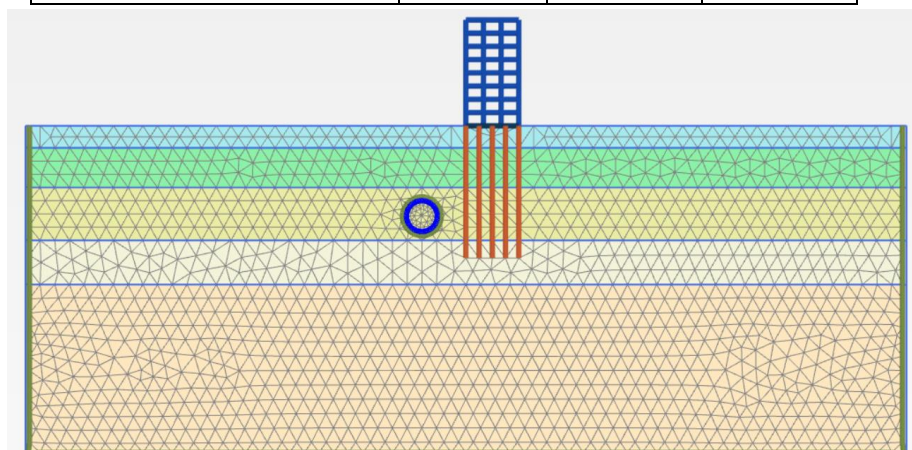
Thông số cơ lý	Đơn vị	Bùn á sét	Sét	Cát mịn	Cát mịn chặt	Cát hạt to, cuội rất chặt
Chiều dày lớp, h	m	5	9	12	10	39
Khối lượng thể tích, ρ	Kg/m ³	1900	1850	1900	2000	2050
Mô đun đàn hồi, E_{ref}	MPa	10	15	25	45	75
Hệ số Poisson, ν		0,3	0,3	0,3	0,25	0,25
Góc ma sát trọng, φ	(⁰)	8 ⁰	25 ⁰	25 ⁰	34 ⁰	35 ⁰
Góc giãn nở, ψ	(⁰)	0	0	0	0	0
Lực dính kết, c_{ref}	kPa	-	10	25	0	0
Hệ số áp lực ngang, K_0		-	0,58	0,58	0,44	0,43
Hệ số ma sát, R_{inter}		0,67	0,5	0,67	0,67	0,67

Bảng 2: Thông số kỹ thuật vỏ hầm và kết cấu tòa nhà

Thông số	Đơn vị	Vỏ hầm	Bè	Cột khung kết cấu	Sàn khung kết cấu
Độ cứng chống nén, EI	kN/m	7,875. 10 ⁴	250. 10 ⁴	16. 10 ⁴	16. 10 ⁴
Độ cứng chống uốn, EA	kN.m ² /m	10,5. 10 ⁶	30. 10 ⁶	12. 10 ⁶	12. 10 ⁶
Chiều dày, d	m	0,3	1,0	0,4	0,4
Trọng lượng, w	kN/m/m	7,5	24	9,6	9,6
Hệ số Poisson, ν		0,15	0,15	0,15	0,15
Khối lượng thể tích, γ	kN/m ³	25	24	24	24
Mô đun đàn hồi, E	GPa	35	30	30	30

Bảng 3: Thông số kỹ thuật của cọc

Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
Mô đun đàn hồi	E_p	Mpa	35. 10 ⁶
Khối lượng thể tích	γ	kN/m ³	24
Đường kính	D	m	0,6
Khoảng cách giữa các cọc	$L_{spacing}$	m	3,0

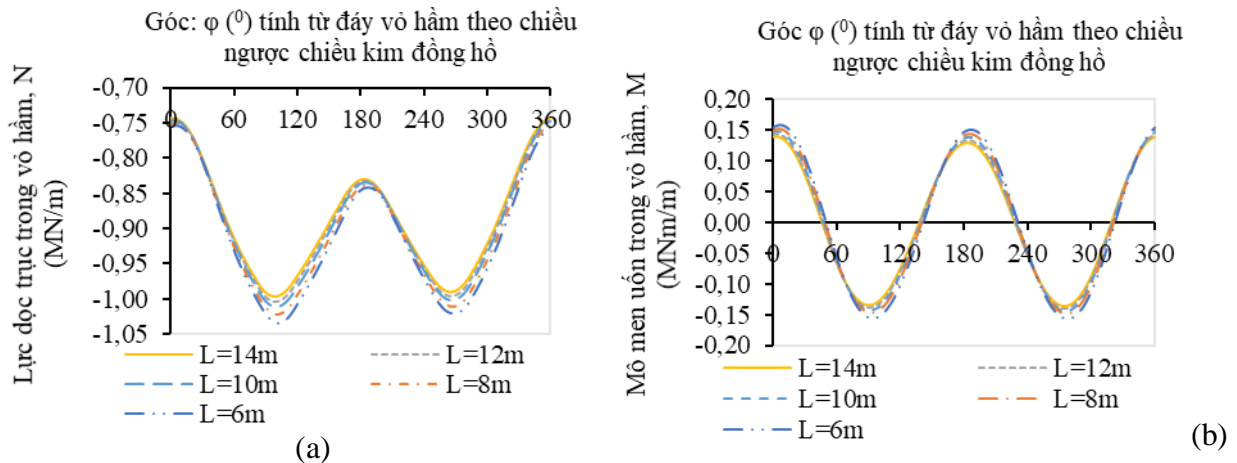


Hình 8: Sơ đồ mô phỏng thi công đường hầm và công trình lân cận

4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

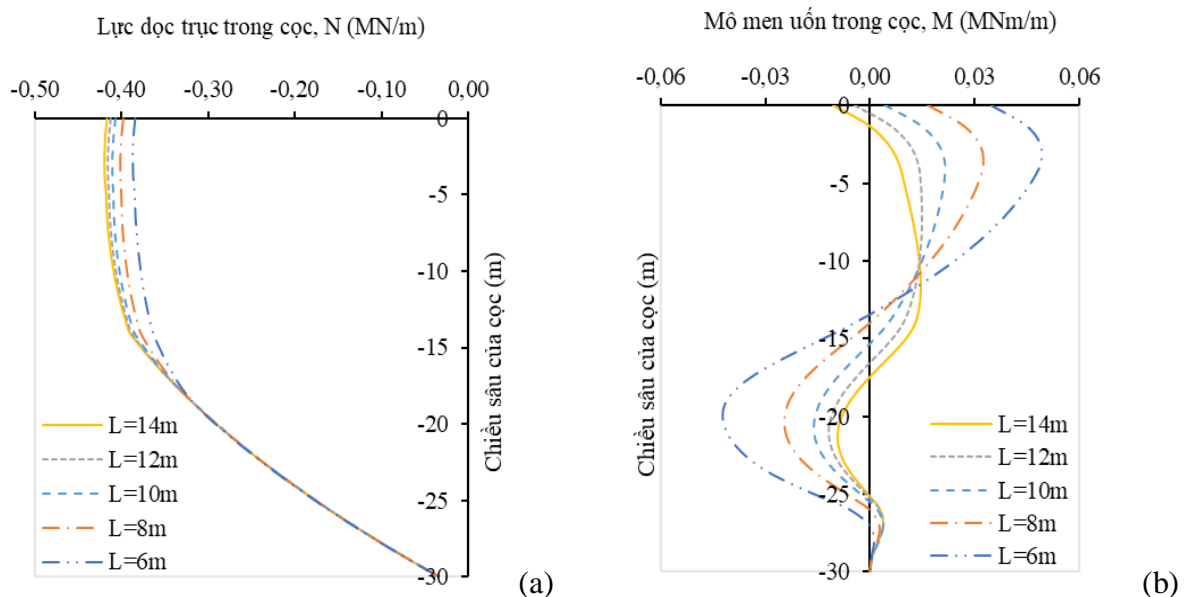
Để khảo sát ảnh hưởng của khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc (L) đến tương tác của vỏ chống đường hầm và cọc, nhóm nghiên cứu đã mô phỏng một loạt các bài toán với các giá trị khác nhau của khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc: $L = 14\text{m}$, 12m , 10m , 8m và 6m và giữ nguyên chiều sâu xây dựng đường hầm $Z = 20\text{m}$ để thu được nội lực trong vỏ hầm và nội lực, độ võng ngang và dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc như trên các hình 9, hình 10 và hình 11.

Hình 9 (a), (b) thể hiện lực dọc trục và mô men uốn trong vỏ chống đường hầm, kết quả cho thấy khi giảm khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc thì lực dọc trục và mô men uốn trong vỏ chống đường hầm tăng lên. Khi khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc giảm từ 14m đến 12m ; 10m ; 8m và 6m thì lực dọc trục vỏ chống đường hầm tăng lần lượt $0,7\%$; $1,5\%$; $2,6\%$ và $3,8\%$ và mô men uốn trong vỏ chống đường hầm tăng lần lượt $2,3\%$; $4,9\%$; $8,4\%$ và $13,1\%$.



Hình 9: Lực dọc trục trong vỏ hầm (a), mô men uốn trong vỏ hầm (b) đối với khoảng cách từ trục đường hầm đến cọc: $L=14\text{m}$; $L=12\text{m}$; $L=10\text{m}$; $L=8\text{m}$; $L=6\text{m}$

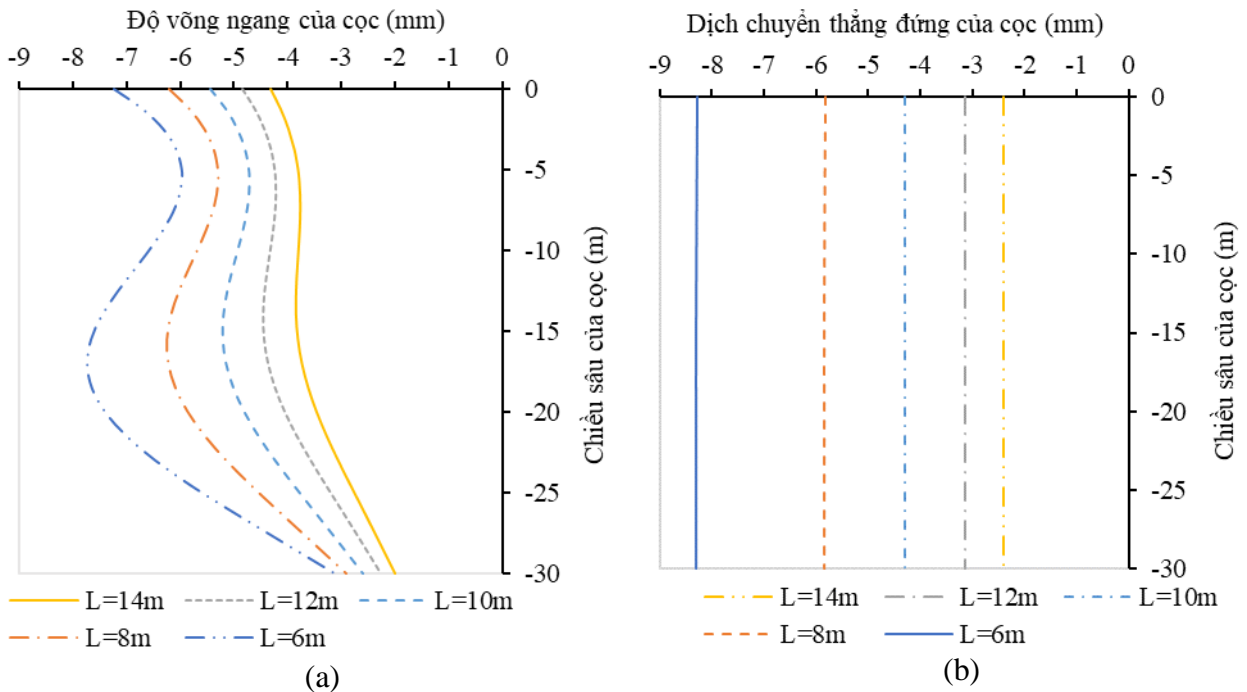
Hình 10 (a), (b) thể hiện lực dọc trục và mô men uốn trong cọc, lực dọc trục trong cọc tăng lần lượt $3,8\%$, $6,1\%$, $7,5\%$ và $8,3\%$ khi khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc tăng từ 6m đến 8m ; 10m ; 12m và 14m , mô men uốn trong cọc tăng lần lượt $2,9\%$, $48,7\%$, $124,6\%$ và $237,9\%$ khi khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc giảm từ 14m đến 12m ; 10m ; 8m và 6m .



Hình 10: Lực dọc trục trong cọc (a), mô men uốn trong cọc (b) đối với khoảng cách từ trục đường hầm đến cọc: $L=14\text{m}$; $L=12\text{m}$; $L=10\text{m}$; $L=8\text{m}$; $L=6\text{m}$

Từ kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị lớn nhất của lực dọc trục và mô men uốn trong vỏ hầm chịu ảnh hưởng không đáng kể vào khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc, tuy nhiên khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc lại ảnh hưởng lớn đến lực dọc trục và mô men uốn trong cọc.

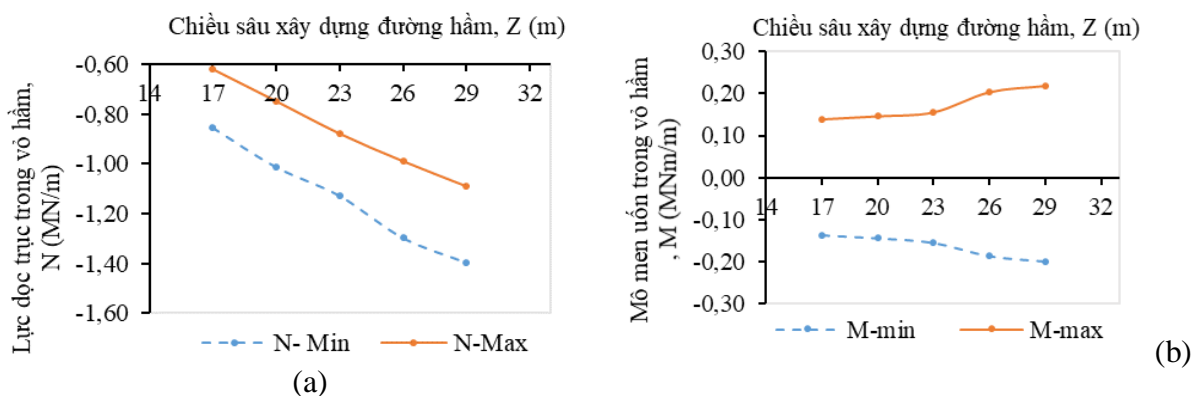
Hình 11 (a), (b) thể hiện độ võng ngang và dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc. Khi khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc giảm từ 14m đến 12m; 10m; 8m và 6m thì độ võng ngang của cọc tăng lần lượt 4,3mm; 4,8mm; 5,4mm; 6,2mm và 7,7 mm và dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc tăng lần lượt là 2,4mm; 3,1mm; 4,3mm; 5,8mm and 8,3mm.



Hình 11: Độ võng ngang trong cọc (a), dịch chuyển theo phương thẳng đứng trong cọc (b) đối với khoảng cách từ trục đường hầm đến cọc: $L=14m$; $L=12m$; $L=10m$; $L=8m$; $L=6m$

Để khảo sát ảnh hưởng của chiều sâu xây dựng đường hầm đến tương tác của vỏ chống đường hầm và cọc, nhóm nghiên cứu đã mô phỏng một loạt các bài toán với các giá trị khác nhau của chiều sâu xây dựng đường hầm: $Z = 17m$; $20m$; $23m$; $26m$ và $29m$ và giữ nguyên khoảng cách từ trục đường hầm đến cọc $L = 10m$ để thu được nội lực trong vỏ hầm và nội lực, độ võng ngang và dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc như trên các hình 12, hình 13 và hình 14.

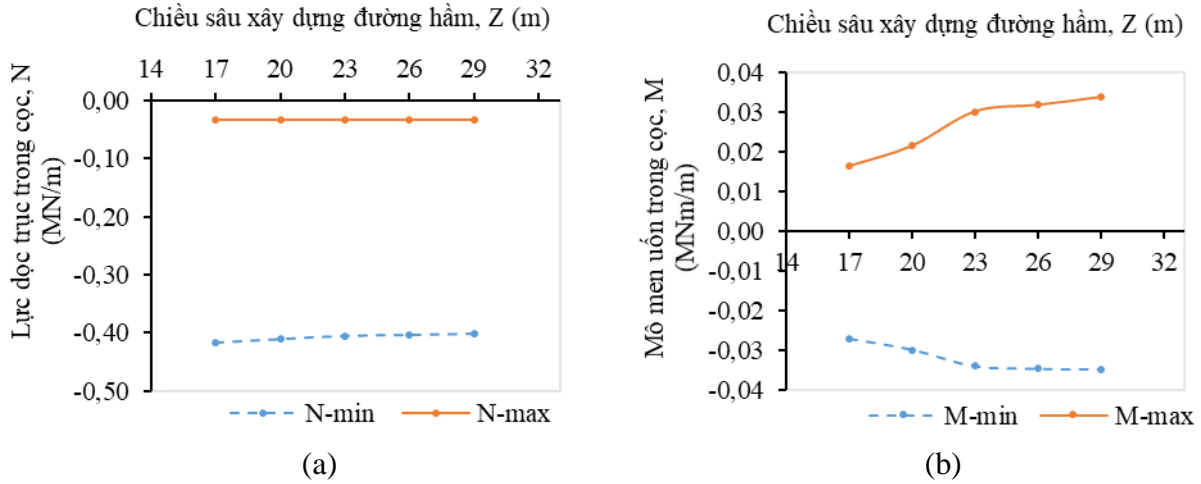
Kết quả cho thấy, khi chiều sâu đường hầm tăng từ 17m đến 20m; 23m; 26m; 29m thì giá trị lực dọc trục lớn nhất trong vỏ hầm tăng 19%; 32%; 52%; 64% và giá trị mô men uốn lớn nhất trong vỏ hầm tăng 5%; 12%; 46%; 56% như hình 12.



Hình 12: Mối tương quan giữa lực dọc trục trong vỏ hầm (a), mô men uốn trong vỏ hầm (b) với chiều sâu xây dựng đường hầm: $Z=17m$; $Z=20m$; $Z=23m$; $Z=26m$; $Z=29m$

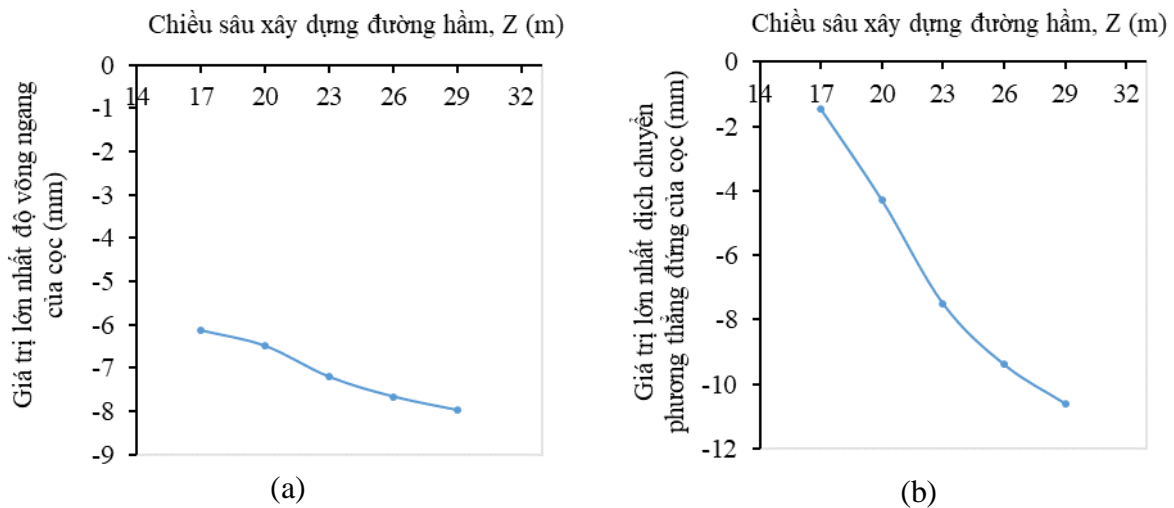
Khi chiều sâu đường hầm tăng từ 17m đến 20m; 23m; 26m; 29m thì giá trị lực dọc trục lớn nhất trong cọc giảm 1,36%; 2,58%; 2,97%; 3,4% và giá trị mô men uốn lớn nhất trong vỏ hầm tăng 10%; 18%; 27%; 28% như trên hình 13.

Giá trị lớn nhất của lực dọc trục và mô men uốn trong vỏ hầm chịu ảnh hưởng nhiều vào chiều sâu xây dựng đường hầm, tuy nhiên chiều sâu xây dựng đường hầm lại không ảnh hưởng nhiều đến lực dọc trục và mô men uốn trong cọc.



Hình 13: Mối tương quan giữa lực dọc trục trong cọc (a), mô men uốn trong cọc (b) với chiều sâu xây dựng đường hầm: Z=17m; Z=20m; Z=23m; Z=26m; Z=29m

Hình 14 thể hiện mối tương quan giữa độ võng ngang của cọc và dịch chuyển thẳng đứng của cọc với chiều sâu xây dựng đường hầm. Kết quả cho thấy, khi chiều sâu đường hầm tăng từ 17m đến 20m; 23m; 26m; 29m thì giá trị độ võng ngang lớn nhất của cọc tăng lần lượt là từ 6,1mm đến 6,4mm; 7,2mm; 7,7mm và 8,0mm và giá trị dịch chuyển thẳng đứng của cọc tăng lần lượt là 1,6mm; 4,3mm; 7,5mm; 9,4mm và 10,6mm.



Hình 14: Mối tương quan giữa giá trị lớn nhất độ võng ngang của cọc (a), giá trị lớn nhất dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc (b) với chiều sâu xây dựng đường hầm: Z=17m; Z=20m; Z=23m; Z=26m; Z=29m

5. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã khảo sát ảnh hưởng của tham số khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc và chiều sâu xây dựng đường hầm đến nội lực trong vỏ hầm và nội lực, độ võng ngang và dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc. Dựa trên kết quả nghiên cứu có thể rút ra các kết luận sau:

- Lực dọc trục và mômen uốn lớn nhất trong vỏ hầm chịu ảnh hưởng không đáng kể bởi khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc, nhưng chiều sâu xây dựng của hầm có ảnh hưởng lớn đến lực dọc trục và mômen uốn lớn nhất trong vỏ hầm.

- Lực dọc trục và mômen uốn lớn nhất của cọc chịu ảnh hưởng lớn bởi khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc, nhưng chiều sâu xây dựng của đường hầm có ảnh hưởng không lớn đến lực dọc trục và mômen uốn lớn nhất trong cọc.

- Khi giảm khoảng cách từ tâm đường hầm đến cọc thì sẽ làm tăng độ võng ngang và dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc.

- Độ võng ngang và dịch chuyển theo phương thẳng đứng của cọc tăng khi chiều sâu xây dựng đường hầm tăng.

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] Tô Lê Hương, Lê Bá Vinh, Nguyễn Nhật Nhứt, (2020). Phân tích sự làm việc của móng bê cọc có xét đến ảnh hưởng của kết cấu khung, Tạp chí Địa kỹ thuật, số 1 - 2020, trang 46-53.

[2] Lê Bá Vinh, Hoàng Ngọc Triều, (2021). Nghiên cứu ảnh hưởng tương tác kết cấu - móng - đất nền đến ứng xử của hệ móng bê cọc khi chịu tác động của động đất, Tạp chí Địa kỹ thuật số 1 – 2021, trang 65-75.

[3] Đỗ Ngọc Thái, Nguyễn Đức Trường, (2021). Nghiên cứu dự báo độ lún mặt đất khi thi công hai đường hầm song song trong đô thị bằng máy khiên đào, Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất, T 62, No 2, 2021, trang 47-56.

[4] Attewell, P. B., & Woodman, J. P., (1982). Predicting the dynamics of ground settlement and its derivatives caused by tunnelling in soil. *Ground Engineering*, 15(7) (October 1983):13-22,36. doi:10.1016/0148-9062(83)90142-0.

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

[6] Loganathan, N., Poulos, H.G., (1998). Analytical predictions of tunnelling induced ground movements in clays. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, ASCE, Sept., 1998, Vol. 124, No. 9. pp. 846-856.

[7] Moller, S. C., (2006). Tunnel induced settlements and structural forces in linings. Doctoral Thesis, University of Stuttgart, Stuttgart. 149p.

[8] Morton, J. D. and King, K. H., (1979). Effect of tunneling on the bearing capacity of and settlement of piled foundations. *Proc. Tunneling '79*, pp. 57-58.

[9] Peck, R., (1969). Deep Excavations and Tunneling in Soft Ground, State of the Art Report. In: *Proceedings of the 7th International Conference ICSMFE*. vol. III, Mexico, pp. 225–281.

[10] Poulos H. G., (1979). An approach for the analysis of offshore pile group, *Proc. Conf. on Numerical Methods in Offshore Piling*, Institution of Civil Engineers, London, pp.119-126.

[11] Katzenbach, R., Arslan, U., and Moormann, C., (2000). Piled raft foundations projects in Germany. Design applications of raft foundations. Hemsley J. A., editor, Thomas Telford, London, 323–392.

[12] Simpson B, Atkinson J H and Jovicic V., (1996). The influence of anisotropy on calculations of ground settlements above tunnels, *Proceedings of International Symposium on Geotechnical Aspects of the Underground Construction in Soft Ground*, London preprint vol., pp. 511-514.