



Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Mỏ - Địa chất

Trang điện tử: <http://tapchi.humg.edu.vn>



Research and propose suitable foundation solutions for some types of ground structures in Hai Duong city area



Thang Hong Do^{1,3}, Phong Van Nguyen^{2,3,*}

¹ DAVICO.JSC, Hai Duong, Vietnam

² Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

³ Research group of Engineering and Geoenvironment (EEG), Hanoi University of Mining and Geology, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

Article history:

Received 10th Oct. 2023

Revised 17th Jan. 2024

Accepted 28th Jan. 2024

Keywords:

Geo5,
Ground structures,
Pile bearing capacity,
Pile foundation,
Spring Method.

ABSTRACT

According to the urban planning up to 2030, Hai Duong City is expanding in both area and scale. In particular, the high-rise building density is planned to increase. However, the soils at Hai Duong city are unfavorable for high-rise building construction because the high-bearing capacity soils are distributed at a great depth, with soft soils above. Therefore, the pile foundation is a feasible solution for high buildings. With the pile foundation, the selection of the load-bearing soil layer, the effective depth of pile tip placement, pile diameter, the number of piles as well as the estimated pile-bearing capacity in accordance with the ground structure are of decisive importance to the effectiveness of the solution. The article uses the Pile and Pile Group modules in the Geo5 Software Suite combined with experimental research results to determine the load-bearing capacity of piles according to different options in three types of ground structures in Hai Duong City area. On that basis, evaluate the reasonableness of pile foundation options for buildings of different sizes based on technical and economic factors (number of piles, settlement, and stability). The results indicated that the effective depths of pile tip are varied from 33 m to 35 m for ground structure types I and II, and are greater than 40 m for ground structure type III. Reasonable pile foundation solutions for each group of buildings and ground structure type are also proposed.

Copyright © 2024 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

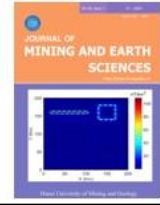
E - mail: nguyenvanphong.dcct@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(1).05



Journal of Mining and Earth Sciences

Website: <http://jmes.humg.edu.vn>



Nghiên cứu đề xuất giải pháp móng cọc hợp lý cho một số kiểu cấu trúc nền đất khu vực thành phố Hải Dương

Đỗ Hồng Thắng^{1,3}, Nguyễn Văn Phóng^{2,3,*}

¹ Công ty cổ phần khảo sát thiết kế xây dựng Đất Việt, Hải Dương, Việt Nam

² Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

³ Nhóm nghiên cứu Địa chất công trình và Địa môi trường (EEG), Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:

Nhận bài 10/10/2023

Sửa xong 17/01/2024

Chấp nhận đăng 28/01/2024

Từ khóa:

Cấu trúc nền,

Geo5,

Móng cọc,

Spring Method,

Sức chịu tải của cọc.

TÓM TẮT

Theo quy hoạch đô thị đến năm 2030, Thành phố Hải Dương được mở rộng về diện tích và quy mô công trình. Trong đó, mật độ nhà cao tầng được quy hoạch tăng lên. Đặc điểm nền đất khu vực thành phố Hải Dương có đặc điểm không thuận lợi cho xây dựng nhà cao tầng khi các lớp đất chịu lực phân bố ở độ sâu lớn, phía trên là các lớp đất yếu. Do đó, giải pháp móng cọc là giải pháp khả thi cho công trình nhà cửa quy mô vừa đến rất lớn. Với giải pháp móng cọc, việc lựa chọn lớp đất chịu lực, độ sâu đặt mũi cọc, đường kính cọc, số lượng cọc cũng như dự tính sức chịu tải của cọc phù hợp với cầu trúc nền đất có ý nghĩa quan trọng quyết định đến hiệu quả của giải pháp. Bài báo sử dụng các mô đun Pile và Pile Group trong Bộ phần mềm Geo5 kết hợp với kết quả nghiên cứu thực nghiệm xác định sức chịu tải của cọc theo các phương án khác nhau ở ba kiểu cấu trúc nền đất đặc trưng cho khu vực Thành phố Hải Dương. Trên cơ sở đó, tiến hành đánh giá tính hợp lý của các phương án móng cọc cho các nhóm công trình quy mô khác nhau dựa trên các yếu tố kỹ thuật và kinh tế (số lượng cọc trong đài, độ lún và độ ổn định về cường độ). Kết quả đã xác định được độ sâu đặt mũi cọc hiệu quả ở kiểu cấu trúc I và II là 33÷35 m và trên 40 m ở kiểu cấu trúc III, đồng thời đưa ra giải pháp móng cọc hợp lý cho mỗi nhóm công trình và kiểu cấu trúc nền.

© 2024 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

*Tác giả liên hệ

E - mail: nguyenvanphong.dcct@humg.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.2024.65(1).05

1. Mở đầu

Cùng với sự phát triển về kinh tế - xã hội, hoạt động xây dựng ở thành phố Hải Dương đang phát triển nhanh chóng cả về quy mô, mật độ và tầm quan trọng của công trình. Điều này được thể hiện rõ trong Bản quy hoạch xây dựng thành phố đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050 (UBND tỉnh Hải Dương, 2017). Theo đó, thành phố được mở rộng về diện tích và gia tăng mật độ công trình cao tầng (> 8 tầng). Sự phát triển về quy mô, mật độ và tầm quan trọng của công trình kéo theo các yêu cầu về kỹ thuật, kinh tế và thi công đối với công tác nền móng được nâng cao, đòi hỏi giải pháp nền móng phải đáp ứng đầy đủ các yêu cầu về kỹ thuật, kinh tế và thi công. Trong điều kiện giới hạn cho phép đối với các thông số kỹ thuật (độ lún, độ ổn định cho phép,...) ngày càng khắt khe, chi phí cho công tác nền móng lớn hơn và yêu cầu thi công cũng cao hơn thì giải pháp nền móng hợp lý có vai trò ngày càng quan trọng.

Đặc điểm nền đất khu vực thành phố Hải Dương có đặc điểm không thuận lợi cho xây dựng nhà cao tầng khi các lớp đất chịu lực phân bố ở độ sâu lớn, phía trên là các lớp đất yếu (Đỗ và Nguyễn, 2023). Với điều kiện nền đất như vậy, giải pháp móng cọc là giải pháp móng khả thi cho nhà cao tầng trong Thành phố. Theo sự phân bố trong không gian của các loại đất nền, cấu trúc nền đất khu vực Thành phố Hải Dương được chia thành ba kiểu là Kiểu I, Kiểu II và Kiểu III (Đỗ và nnk., 2022), tạo điều kiện thuận lợi cho lựa chọn giải pháp móng. Với giải pháp móng cọc, việc lựa chọn lớp đất chịu lực, độ sâu đặt mũi cọc, đường kính

cọc, số lượng cọc cũng như dự tính sức chịu tải của cọc phù hợp với mỗi kiểu cấu trúc nền có ý nghĩa quan trọng quyết định đến hiệu quả của giải pháp.

Hiện nay, có nhiều nghiên cứu đánh giá về sức chịu tải của cọc và móng cọc, gồm phương pháp tính toán (Kurguzov và nnk., 2019), phương pháp đánh giá, kiểm tra sức chịu tải của cọc trong thực tế (Prekop, 2017; Saenko, 2018), phương pháp đánh giá sức chịu tải của cọc dựa theo lực ép cọc (Saenko, 2018; Do và Nguyen, 2021), nhằm nâng cao độ tin cậy của các phương pháp tính toán, dự báo.

Nội dung bài báo giới thiệu kết quả xác định sức chịu tải của cọc tại ba kiểu cấu trúc nền đất điển hình khu vực thành phố Hải Dương, làm cơ sở cho lựa chọn giải pháp móng cọc hợp lý trong những điều kiện cấu trúc nền đất tương tự.

2. Đặc điểm cấu trúc nền đất và công trình khu vực Thành phố Hải Dương

2.1. Đặc điểm cấu trúc nền đất

Theo kết quả nghiên cứu về đặc điểm địa kỹ thuật thành phố Hải Dương (Đỗ và nnk., 2022), phạm vi nghiên cứu được chia thành 3 khu địa kỹ thuật: Khu I có kiểu cấu trúc nền đặc trưng là đất yếu (Y) phủ trên đất tốt (T), kiểu (Y/T); Khu II có cấu trúc nền đặc trưng là xuất hiện lớp đất có tính năng xây dựng trung bình (TB) nằm giữa các lớp đất yếu, các lớp đất tốt phân bố dưới cùng (Y/TB/Y/T); Khu III có kiểu cấu trúc nền xen kẽ giữa đất yếu và đất có tính năng xây dựng trung bình, các lớp đất tốt phân bố dưới cùng (Y/TB/Y/TB/T). Đặc điểm cấu trúc nền mỗi khu được trình bày chi tiết trong Bảng 1.

Bảng 1. Tổng hợp đặc điểm sắp xếp địa tầng theo các khu địa kỹ thuật.

Khu I	Khu II	Khu III	Mô tả đặc điểm các lớp đất	SPT (N30)	Độ sâu mặt lớp (m)	Bề dày lớp (m)
			Lớp 1: Á sét xám vàng, dẻo chảy. Lớp 2: Cát mịn, màu xám đen, xốp. Lớp 3: Á sét màu xám vàng, dẻo mềm. Lớp 4: Bùn á sét màu xám ghi, xám đen. Lớp 5: Cát mịn màu xám đen, chặt vừa. Lớp 6: Á sét màu xám ghi, dẻo nhão. Lớp 7: Á sét, nâu đỏ loang lổ, dẻo cứng. Lớp 8: Cát thô vừa, xám vàng, chặt vừa. Lớp 9: Á sét màu xám vàng, dẻo cứng. Lớp 10: Cát thô, xám vàng, chặt.	2÷5 5÷10 3÷8 1÷3 10÷15 1÷6 8÷16 18÷26 12÷20 >20	0,3÷0,5 2÷4 0,3÷0,5 2,5÷7,0 10,0 ÷17,0 15,0 ÷25,0 30÷32,0 28,0÷32,0 37,0÷40,0 45,0÷47,0	0,6÷6,2 1,9÷8,9 1,9÷5,7 6,5÷ 26,4 1,1÷14,0 1,8÷27,7 1,8÷18,5 3,2÷18,3 > 7,6 >15,0

Để phân tích, lựa chọn giải pháp móng cọc hợp lý ở mỗi khu, cần lựa chọn vị trí đặc trưng cho từng khu (tương ứng với mỗi kiểu cấu trúc nền). Dựa trên việc phân tích Bản đồ phân khu địa kỹ thuật, ba vị trí nghiên cứu được lựa chọn đặc trưng cho từng khu như Hình 1.

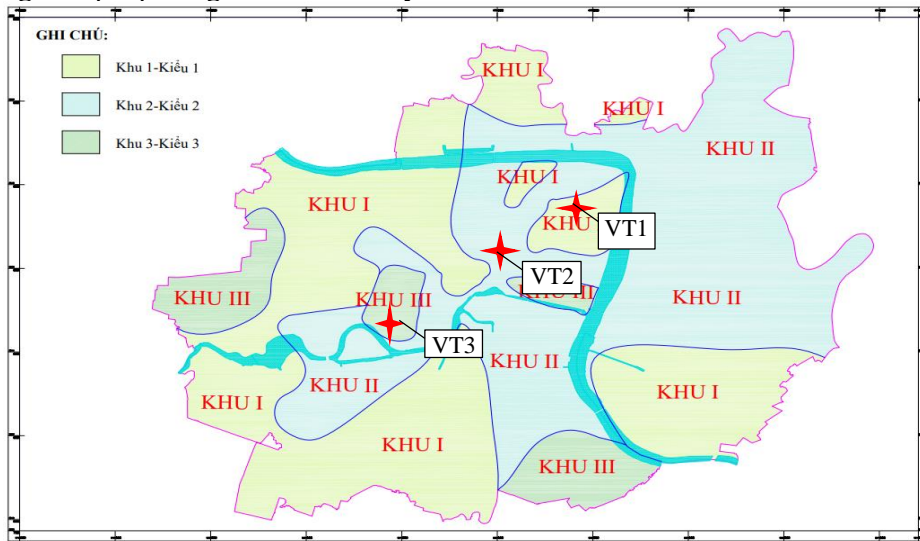
- Khu I (ký hiệu VT1): công trình Bệnh viện Đa khoa;
- Khu II (ký hiệu VT2): công trình Tòa nhà Minh Anh;
- Khu III (ký hiệu VT3): công trình Chung cư C2.

Các thông số về nền đất dùng trong tính toán, dự báo bao gồm cột địa tầng và chỉ tiêu cơ lý của

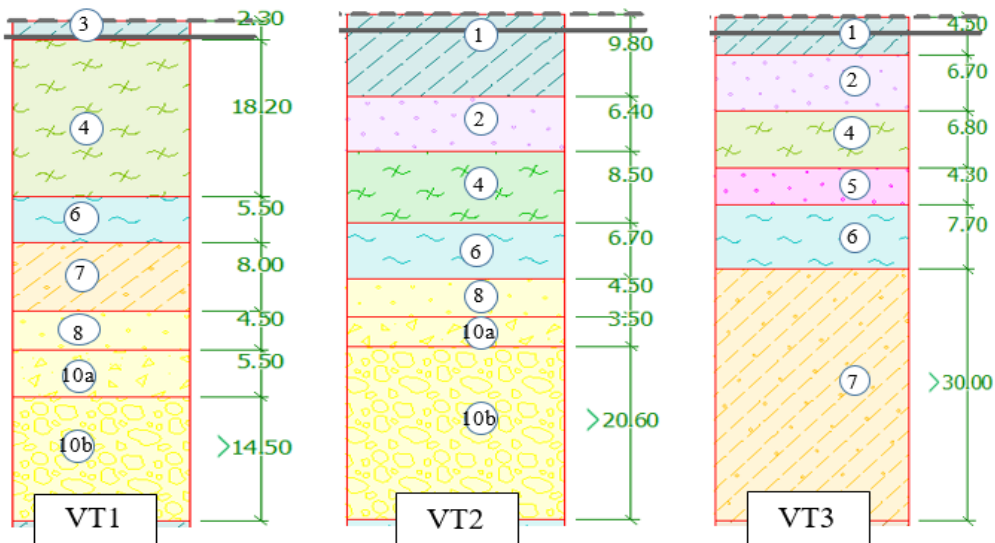
các lớp đất. Cột địa tầng tại ba vị trí nghiên cứu được biểu diễn chi tiết trên Hình 2. Các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất dùng trong tính toán được tổng hợp trong Bảng 2. Trong đó, chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất được tổng hợp trong toàn bộ phạm vi nghiên cứu từ kết quả chỉnh lý thống kê cho thấy hệ số biến đổi của các chỉ tiêu không đáng kể.

2.2. Đặc điểm công trình và giải pháp móng khả thi

Theo Quy hoạch đô thị Thành phố Hải Dương đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050, Thành phố được chia thành 28 khu với các nhóm công



Hình 1. Vị trí các điểm lựa chọn nghiên cứu.



Hình 2. Địa tầng đặc trưng dùng trong tính toán

*Ghi chú: Trong tính toán, lớp 10 được chia ra theo độ chặt: lớp 10a (chặt) và 10b (rất chặt).

Bảng 2. Tổng hợp chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất dùng trong tính toán.

Lớp đất	Khối lượng thể tích, γ (kN/m ³)	Khối lượng riêng, γ_s (kN/m ³)	Độ lỗ rỗng, n	Hệ số Poisson, ν	Mô đun tổng biến dạng, E_{oed} (MPa)	Lực dính không thoát nước, C_u (kPa)	Lực dính hiệu quả, C_{ef} (kPa)	Góc ma sát trong hiệu quả, φ_{ef} (độ)
1	18,2	26,8	0,89	0,42	1,50	12,4	10,0	8,5
2	18,0	26,5	-	0,30	5,00	-	0,0	28,0
3	18,5	26,7	0,76	0,35	6,50	15,4	12,4	10,6
4	16,4	26,5	0,59	0,42	1,37	10,0	5,9	5,5
5	18,5	26,4	-	0,30	6,00	-	0,0	29,0
6	18,2	26,8	0,50	0,35	3,00	18,6	11,0	9,1
7	19,3	26,9	0,44	0,35	18,65	39,6	20,1	16,3
8	19,5	26,5	-	0,20	15,00	-	0,0	30,0
9	20,0	27,0	0,40	0,35	18,65	40,0	20,5	16,8
10	20,0	26,5	-	0,20	40,00	-	0,0	35,0

trình: nhà ở đô thị quy mô 2÷5 tầng; khu đất hỗn hợp với quy mô công trình tối đa 40 tầng; khu dịch vụ công cộng với quy mô công trình tối đa 35 tầng. Theo quy mô tải trọng, có thể chia các loại công trình như Bảng 3.

Bảng 3. Phân loại công trình trong quy hoạch Thành phố Hải Dương theo quy mô tải trọng.

TT	Phân loại	Số tầng	Tải trọng tương đương / cột (P, kN)
1	Nhỏ	≤ 3	≤ 1200
2	Vừa	3÷8	1200÷3000
3	Lớn	8÷15	3000÷6000
4	Rất lớn	>15	6000 ÷ 16000

Căn cứ theo đặc điểm nền đất khu vực và quy mô tải trọng các loại công trình, có thể xác định giải pháp nền móng khả thi như sau: với loại nhỏ có thể dùng móng nông trên nền tự nhiên hoặc nền xử lý; các loại công trình từ vừa đến rất lớn đều có các lớp đất chịu lực phân bố dưới sâu, do đó giải pháp móng khả thi là móng cọc. Các lớp đất có khả năng chịu lực bao gồm lớp 2, lớp 5, lớp 7, lớp 8, lớp 9, lớp 10 phân bố ở độ sâu khác nhau. Do đó, giải pháp thi công hạ cọc và các thông số kích thước cọc có nhiều phương án khác nhau, phụ thuộc độ sâu đặt mũi cọc và điều kiện thi công. Với công trình loại vừa, chủ yếu dùng móng cọc chế tạo sẵn (cọc đóng, cọc ép) và cọc khoan nhồi mini (trong khu vực xây chen); công trình loại lớn và rất lớn sử dụng móng cọc chế tạo sẵn (đường kính cọc $D \geq 350$ mm) và cọc khoan nhồi khi độ

sâu mũi cọc trên 40 m. Hiện nay, ở Hải Dương hầu hết các công trình sử dụng móng cọc chế tạo sẵn đều dùng cọc ly tâm, tiết diện tròn ($D = 300, 350, 400$ mm). Do đó, quá trình tính toán lựa chọn phương án móng cọc với cọc chế tạo sẵn dựa trên các loại cọc này.

3. Phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc sử dụng phần mềm Geo5

Khi sử dụng các phần mềm địa kỹ thuật, việc chọn lý thuyết và phương pháp tính đặc biệt quan trọng, quyết định đến độ tin cậy của kết quả. Các mô đun trong Geo5 cho phép lựa chọn lý thuyết, phương pháp và tiêu chuẩn tính toán thiết kế (Đỗ, 2021). Lý thuyết và phương pháp tính toán các vấn đề địa kỹ thuật được lựa chọn cần đảm bảo các yêu cầu sau:

- Phù hợp với điều kiện bài toán, sự tương tác giữa công trình với nền đất;
- Đảm bảo sự phù hợp giữa các thông số đầu vào (chỉ tiêu cơ lý của đất nền) với mô hình của bài toán và lý thuyết sử dụng;
- Đảm bảo độ tin cậy: được so sánh, đánh giá, kiểm chứng với số liệu quan trắc thực tế;

Trên cơ sở các yêu cầu nêu trên, căn cứ vào đặc điểm địa tầng và nội dung tính toán với móng cọc, có thể xác định được các bài toán và lý thuyết, phương pháp áp dụng như Bảng 4. Trong đó, mô đun Pile đưa ra hai lựa chọn là phương pháp giải tích và phương pháp Spring Method. Nhìn chung, phương pháp giải tích là phương pháp đang được áp dụng phổ biến và đã được quy định trong tiêu chuẩn quốc gia hiện hành (TCVN 10304: 2014).

Bảng 4. Các bài toán địa kỹ thuật và lý thuyết, phương pháp được áp dụng.

TT	Bài toán	Lý thuyết, phương pháp và điều kiện tính toán (<i>Geotechnical Software suite GEO5 user's guide</i>)
1	Khả năng chịu tải của cọc	Theo phương pháp giải tích: Khả năng chịu tải của cọc được quyết định bởi sức kháng đầu mũi và tổng ma sát thành cọc
		Theo phương pháp Spring Method: Phân tích đường cong tải trọng giới hạn và sự phân bố lực, chuyển vị phát triển dọc theo cọc (theo tiêu chí phá hoại Mohr-Coulomb và mô hình nền theo mô hình Winkler-Pasternak); sử dụng các chỉ tiêu góc ma sát trong, lực dính, trọng lượng đơn vị và mô đun biến dạng của đất.
2	Độ lún của cọc	Theo đường cong quan hệ tải trọng - độ lún được giả thiết là tuyến tính (Poulos) hay phi tuyến (Masopust)

Phương pháp Spring method là phương pháp phần tử hữu hạn chia cọc thành từng đoạn nhỏ, tương tác giữa đất và cọc theo mô hình Winkler-Pasternak. Sự phân tích đàn hồi-dẻo về lực cắt được giả thiết dọc theo tương tác giữa cọc và đất theo mô hình phá hoại Mohr-Coulomb. Ứng suất tổng tác dụng lên cọc được xác định từ ứng suất tĩnh do trọng lượng bản thân đất tác dụng.

Phương pháp Spring method tương tự phương pháp T-z method của tiêu chuẩn AASHTO, ít được sử dụng ở Việt Nam nên cần đánh giá so sánh với các phương pháp khác và đối chiếu với số liệu quan trắc thực tế để kiểm chứng.

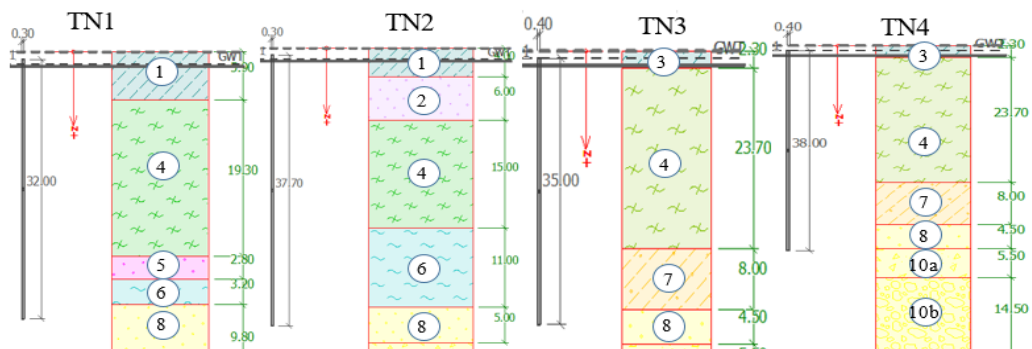
4. Kết quả nghiên cứu

4.1. Phân tích lựa chọn phương pháp

Sử dụng các mô đun Pile và Pile Group để tính toán các vấn đề, bao gồm: sức chịu tải của cọc; độ lún của cọc và móng cọc. Trong quá trình tính toán, các mô đun này cho phép lựa chọn phương pháp giải tích hoặc phương pháp Spring method. Do vậy, việc đánh giá sự phù hợp của phương pháp với điều kiện thực tế được thực hiện trên một số cấu trúc nền đặc trưng. Tại mỗi vị trí, tiến hành thí nghiệm nén tĩnh cọc đã thi công thử (có 4 cọc, ký hiệu TN1, TN2, TN3, TN4), đồng thời áp dụng cả hai phương pháp Spring method và giải tích để dự tính khả năng chịu tải của cọc. Các thông số của cọc thử và đặc điểm nền đất được biểu diễn trên Hình 3.

Kết quả dự tính và thí nghiệm xác định khả năng chịu tải của cọc được trình bày trong Bảng 5 và các Hình 4÷7.

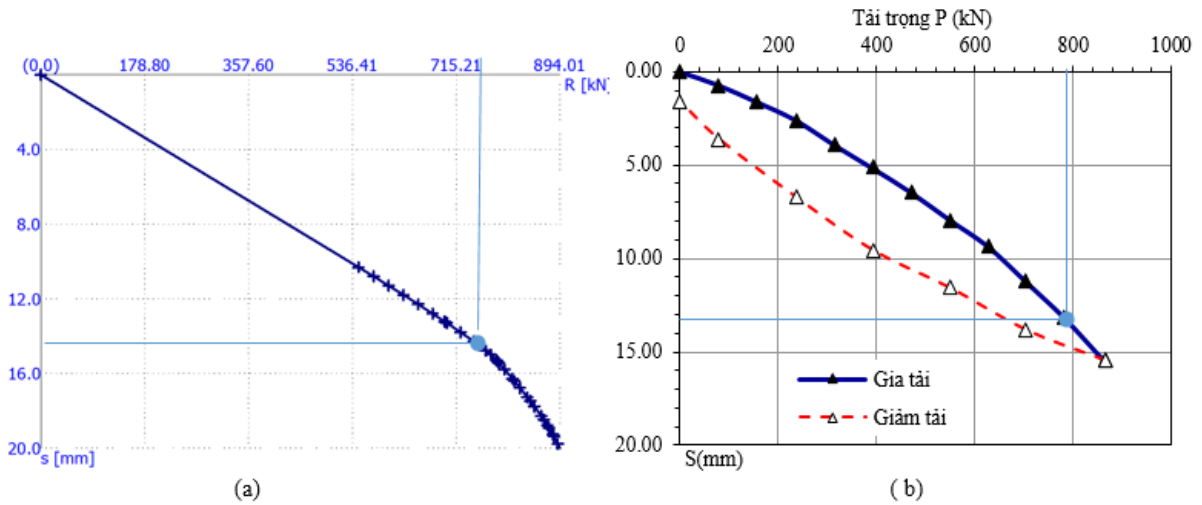
Từ kết quả tổng hợp trong Bảng 5, sức chịu tải của cọc nhận được theo các phương pháp khác nhau được biểu diễn trên Hình 8.



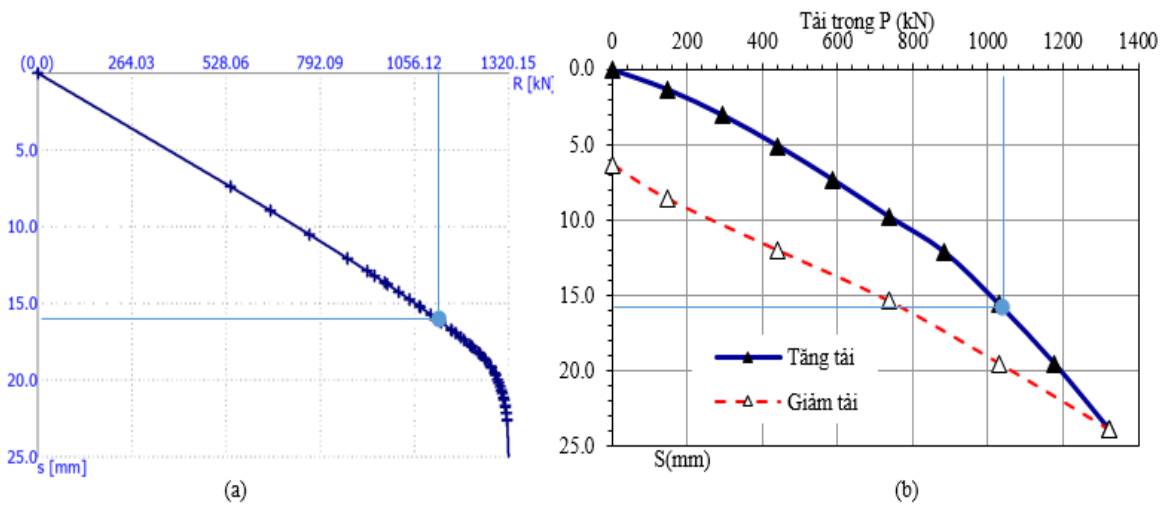
Hình 3. Cột địa tầng tại các vị trí thí nghiệm cọc.

Bảng 5. Kết quả dự tính và thí nghiệm kiểm tra khả năng chịu tải của cọc thử.

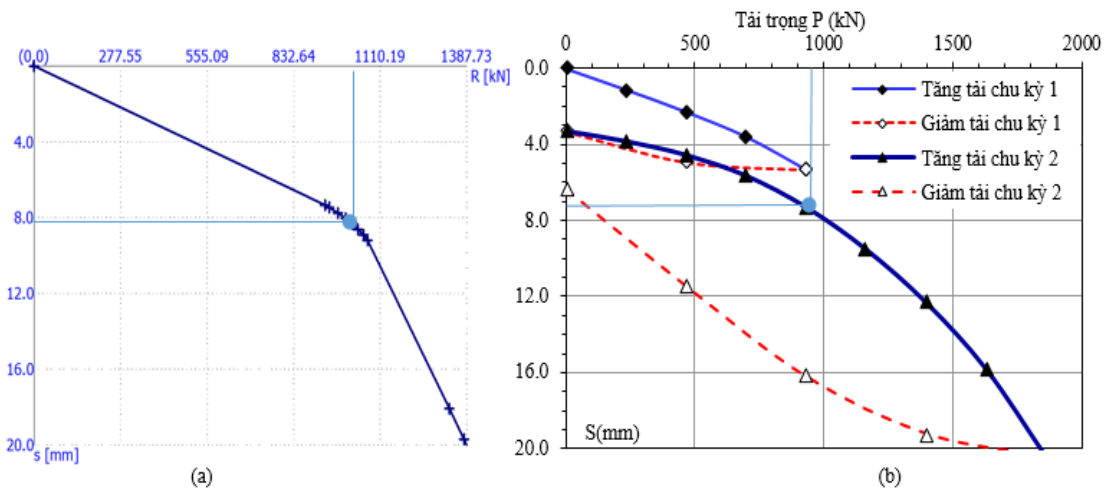
Ký hiệu cọc thí nghiệm	Công trình thí nghiệm	Thông số cọc (cọc ép)		Lớp chịu lực	Sức chịu tải của cọc theo phương pháp		Tải trọng giới hạn theo thí nghiệm nén tĩnh, P _{gh} (kN)
		Đường kính D (mm)	Chiều dài cọc, L (m)		Spring method, R (kN)	Giải tích, R _{cu} (kN)	
TN1	Bệnh viện đa khoa	300	31	8	754,89	556,45	784,8
TN2	Tòa nhà Minh Anh	300	37	8	1171,29	705,44	1110,0
TN3	Chung cư C2	400	35,0	8	933,72	717,13	931,95
TN4	Chung cư C2	400	38,0	10	1184,71	911,07	1164,94



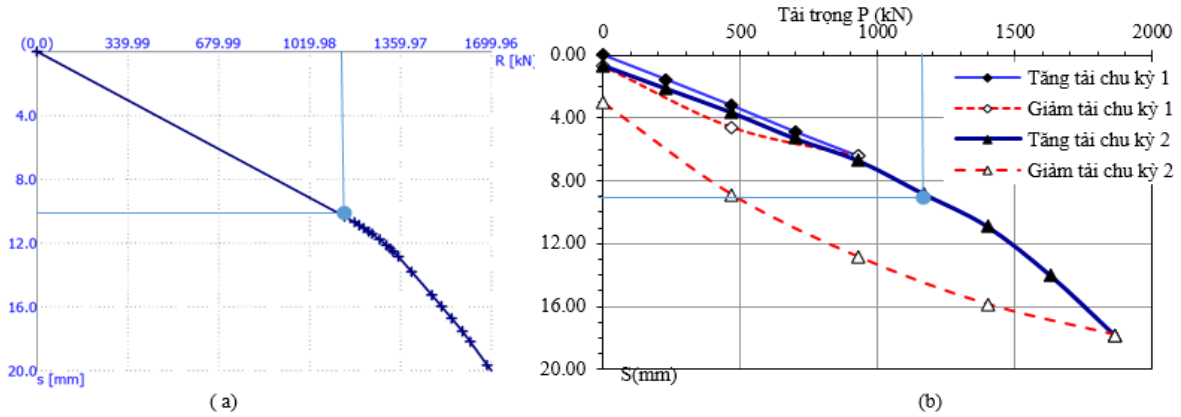
Hình 4. Sức chịu tải của cọc TN1. (a) Dự tính bằng mô đùn Pile (Spring method); (b) Thí nghiệm nén tĩnh cọc.



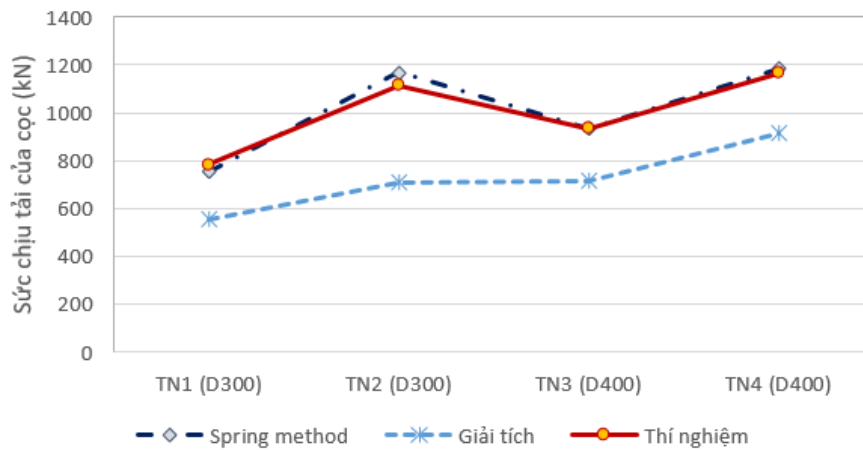
Hình 5. Sức chịu tải của cọc TN2. (a) Dự tính bằng mô đùn Pile (Spring method); (b) Thí nghiệm nén tĩnh cọc.



Hình 6. Sức chịu tải của cọc TN3. (a) Dự tính bằng mô đùn Pile (Spring method); (b) Thí nghiệm nén tĩnh cọc.



Hình 7. Sức chịu tải của cọc TN4. (a) Dự tính bằng mô đun Pile (Spring method); (b) Thí nghiệm nén tĩnh cọc.



Hình 8. Sức chịu tải của cọc nhận được theo các phương pháp khác nhau.

Từ kết quả đối chiếu, so sánh các phương pháp dự tính với thí nghiệm nén cọc, có thể thấy phương pháp Spring method cho kết quả khá phù hợp với thực tế cả về sức chịu tải cũng như độ lún của cọc; trong khi phương pháp giải tích cho kết quả thường nhỏ hơn, chỉ bằng từ 65÷78%. Phân tích các biểu đồ từ Hình 4÷7 có thể thấy ở khoảng tải trọng giới hạn (tuyến tính), độ lún của cọc D400 đạt xấp xỉ 8 mm, độ lún cọc D300 đạt gần 15 mm (do các cọc D400 được ngâm sâu hơn vào lớp đất chịu lực).

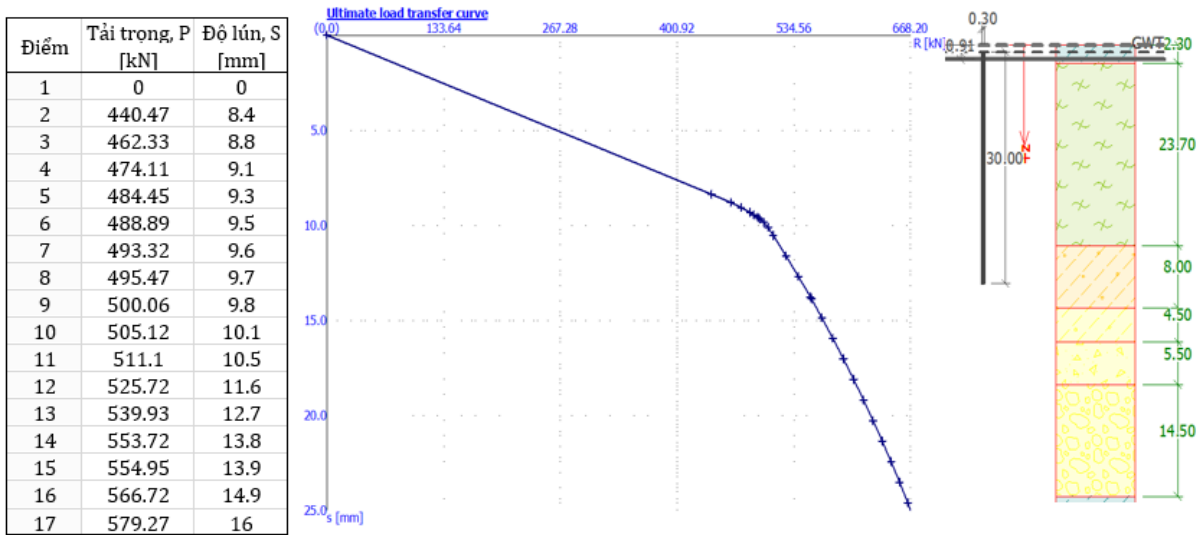
Như vậy, phương pháp Spring method được chọn để dự tính khả năng chịu tải, độ lún của cọc cho tất cả các phương án móng cọc. Phương pháp này cho phép biểu diễn quan hệ tải trọng (P) với độ lún (S) (Hình 9).

4.2. Dự tính sức chịu tải của cọc và phương án móng cọc hợp lý

Áp dụng phương pháp Spring method tính

toán sức chịu tải của cọc cho các phương án móng cọc khác nhau trên ba vị trí nghiên cứu. Kết quả được tổng hợp ở Bảng 6. Trong đó, chiều dài cọc sẽ quyết định đến đường kính cọc (để đảm bảo độ mảnh cho phép $L/D \leq 100$) và phương án thi công hạ cọc. Đường kính cọc tăng theo sự gia tăng độ sâu đặt mũi cọc. Nhìn chung, với điều kiện nền đất khu vực thành phố Hải Dương và năng lực thiết bị thi công cọc trong nước, cọc chế tạo sẵn có đường kính tối đa $D = 400$ mm và chiều dài cọc tối đa là 40 m. Do đó, giải pháp cọc khoan nhồi được sử dụng ở độ sâu lớn hơn 40 m.

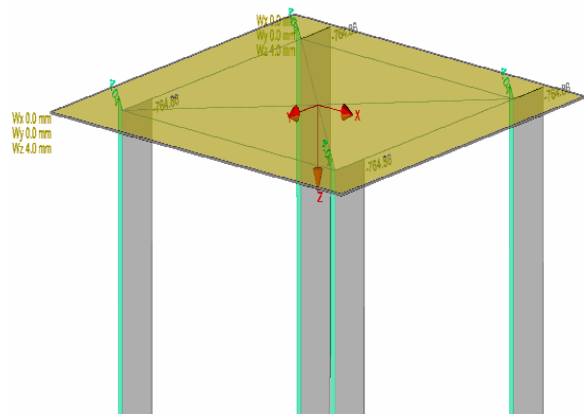
Việc đánh giá phương án móng cọc hợp lý dựa trên điều kiện kỹ thuật và kinh tế. Trong đó, số lượng cọc trong đài ($N_{cọc}$), độ lún của móng (W_z) và hệ số an toàn về cường độ (F_s) là các thông số quyết định. Với công trình dân dụng, $N_{cọc}$ hợp lý cần lớn hơn 1 (để tránh rủi ro) và nhỏ hơn 6 (để đảm bảo đài cọc không quá lớn, các cọc chịu tải đều nhau và dễ thi công).



Hình 9. Số liệu và đường cong quan hệ P – S theo phương pháp Spring method. Số liệu của cọc có D = 300 mm, L = 30 m tại VT1

Bảng 6. Tổng hợp kết quả dự tính sức chịu tải của cọc theo Spring method cho các phương án. (Ghi chú: * Phương án cọc khoan nhồi).

Vị trí tính toán	Thông số của cọc		Lớp chịu lực	Sức chịu tải của cọc Rc (kN)
	Đường kính(mm)	Chiều dài (m)		
VT1 (Khu I)	300	30	7	462,5
	350	35	8	935,1
	400	40	10a	1567,1
	1000*	55	10b	12037,9
VT2 (Khu II)	300	13	2	242,0
	300	33	8	751,71
	350	37	10a	1600,0
	400	42	10b	2416,56
VT3 (Khu III)	1000*	55	10b	14371,9
	300	9	2	176,0
	300	20	5	379,1
	350	35	7	1178,1
	400	40	7	1656,2
	1000*	55	7	8845,4

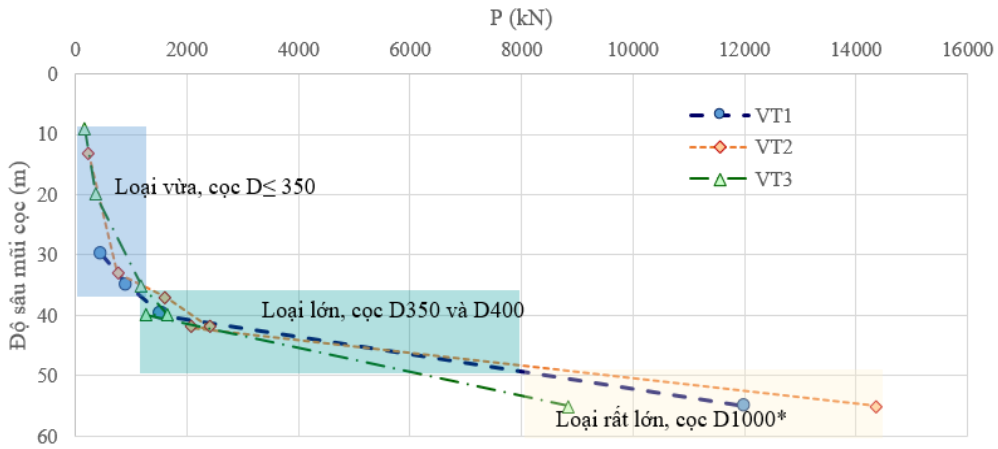


Hình 10. Tải trọng đầu cọc của móng cọc (4 cọc) chịu tải trọng 3000 kN.

sức chịu tải của cọc trong Bảng 6 ($R_c = 935,14 \text{ kN}$), hệ số an toàn về cường độ $F_s = 935,14/764,86 = 1,22$. Như vậy, theo số cọc trong đài và điều kiện ổn định về cường độ, độ lún, có thể xác định được phương án móng cọc hợp lý. Tiến hành tính toán tương tự với nhiều phương án móng cọc khác nhau, kết quả được tổng hợp trong Bảng 7.

Dựa vào số liệu ở Bảng 6, có thể biểu diễn quan hệ giữa sức chịu tải của cọc (R_c) với độ sâu đặt mũi cọc ở các khu như Hình 11. Theo đó, khả năng chịu tải của cọc tăng nhanh khi độ sâu đặt cọc lớn hơn 33÷35 m ở VT1, VT2 và lớn hơn 40 m ở VT3. Đây là khoảng độ sâu hiệu quả, là cơ sở xác định độ sâu đặt mũi cọc theo quy mô công trình ở các khu địa kỹ thuật khác nhau.

Các thông số này được thực hiện bằng cách sử dụng chương trình Pile Group. Hình 10 biểu diễn kết quả sử dụng chương trình Pile Group tính toán tải trọng và độ lún của móng cọc chịu tải trọng 3000 kN. Trong đó, sử dụng 4 cọc D350 đặt sâu 35 m vào lớp 8 trên nền đất VT1. Kết quả cho thấy: Tải trọng đầu cọc là 764,86 kN, độ lún của móng cọc là 4 mm. Kết hợp với số liệu tính toán



Hình 11. Khả năng chịu tải của cọc theo các phương án độ sâu đặt mũi cọc ở các vị trí nghiên cứu.

Bảng 7. Tổng hợp kết quả tính toán và phân tích, đánh giá các phương án móng cọc.
(Ghi chú: Phương án hợp lý được tô đậm cả ô và chữ).

Vị trí tính toán	Thông số của cọc		Lớp chịu lực	Sức chịu tải của cọc, R_c (KN)	Số lượng cọc trong đài ($N_{cọc}$)					
					Tải trọng công trình loại vừa		Tải trọng công trình loại lớn		Tải trọng công trình loại rất lớn	
	Đường kính (mm)	Chiều dài (m)			P (KN)		P (KN)		P (KN)	
					1200	3000	3000	8000	8000	30000
VT1 (Khu I)	300	30	7	462.5	3.0	6.9	6.9	17.7	17.7	65.3
	350	35	8	935.1	1.5	3.4	3.4	8.8	8.8	32.3
	400	40	10a	1567.1	0.9	2.0	2.0	5.2	5.2	19.3
	1000*	55	10b	12037.9	0.1	0.3	0.3	0.7	0.7	2.5
VT2 (Khu II)	300	13	2	242	5.8	13.2	13.2	33.9	33.9	124.8
	300	33	8	751.7	1.9	4.3	4.3	10.9	10.9	40.2
	350	37	10a	1600	0.9	2.0	2.0	5.1	5.1	18.9
	400	42	10b	2416.6	0.6	1.3	1.3	3.4	3.4	12.5
VT3 (Khu III)	300	9	2	176	8.0	18.2	18.2	46.6	46.6	171.6
	300	20	5	379.1	3.7	8.4	8.4	21.6	21.6	79.7
	350	35	7	1178.1	1.2	2.7	2.7	7.0	7.0	25.6
	400	40	7	1656.2	0.8	1.9	1.9	5.0	5.0	18.2
	1000*	55	7	8845.4	0.2	0.4	0.4	0.9	0.9	3.4

Theo kết quả tổng hợp trong Bảng 7, có thể tổng hợp các phương án móng cọc hợp lý ở mỗi kiểu cấu trúc nền (Khu địa kỹ thuật) như sau:

- Tại VT1: Công trình loại vừa có 3 phương án móng hợp lý đặt vào các lớp đất chịu lực 7, 8, 10a tùy theo tải trọng cụ thể; công trình loại lớn có 2 phương án hợp lý đặt vào lớp 8, 10a; công trình rất lớn có 2 phương án hợp lý đặt vào lớp 10a, 10b;

- VT2: Công trình loại vừa có 4 phương án móng hợp lý đặt vào các lớp đất chịu lực 2, 8, 10a, 10b tùy theo tải trọng cụ thể; công trình loại lớn có

3 phương án hợp lý đặt vào lớp 8, 10a, 10b; công trình rất lớn có 3 phương án hợp lý đặt vào lớp 10a, 10b;

- VT3: Công trình loại vừa có 3 phương án móng hợp lý đặt vào các lớp đất chịu lực 5 và 7 tùy theo tải trọng cụ thể; công trình loại lớn có 2 phương án hợp lý đều đặt vào lớp 7; công trình rất lớn có 2 phương án hợp lý đặt vào lớp 7.

Theo quy hoạch đô thị Thành phố Hải Dương đến năm 2030, công trình nhà cửa có ba nhóm chính: nhóm nhà ở đô thị có quy mô 3÷4 tầng ($P \approx 1200$ kN); nhóm nhà ở cao tầng với quy mô từ

8÷15 tầng ($P = 3000\div 8000$ kN); nhóm nhà ở thương mại, dịch vụ, quy mô 35÷40 tầng ($P \approx 30000$ kN). Với nhóm thứ nhất, nhìn chung có hai phương án là móng cọc D300 đặt ở độ sâu 13 m (lớp 2 ở Khu II) và 20 m (lớp 5 ở Khu III) và D350 đặt ở độ sâu >30 m; nhóm thứ hai chủ yếu có 2 phương án móng cọc D350 và D400 đặt ở độ sâu 33÷40 m tùy vị trí; nhóm thứ ba ở cả ba khu địa kỹ thuật đều có duy nhất một phương án móng cọc khoan nhồi đặt ở độ sâu trên 50 m. Với công trình cụ thể, có thể tham khảo số liệu trong Bảng 7 tùy theo quy mô tải trọng và đặc điểm cấu trúc nền để xác định phương án móng cọc hợp lý.

5. Kết luận

Từ kết quả phân tích, tính toán ở trên, có thể rút ra một số kết luận sau:

- Khi dự tính sức chịu tải của cọc bằng Geo5, phương pháp Spring Method cho kết quả khá phù hợp với kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc, trong khi phương pháp giải tích cho kết quả thấp hơn;

- Độ sâu đặt mũi cọc hiệu quả (độ sâu mà vượt qua nó khả năng chịu tải của cọc tăng nhanh) ở Khu I, Khu II là 33÷35 m và lớn hơn 40 m ở Khu III;

- Giải pháp móng cọc hợp lý phụ thuộc vào quy mô công trình và cấu trúc nền (theo khu địa kỹ thuật). Nhóm nhà ở đô thị có hai phương án là móng cọc D300 đặt sâu khoảng 13 m ở Khu II và 20 m ở Khu III; phương án cọc D350 đặt ở độ sâu 33÷35 m tùy vị trí; nhóm nhà ở cao tầng có 2 phương án móng cọc D350 và D400 đặt ở độ sâu 35÷40 m; nhóm nhà ở thương mại, dịch vụ chỉ có phương án móng cọc khoan nhồi đặt ở độ sâu trên 50 m.

Kết quả xác định sức chịu tải của cọc tại ba kiểu cấu trúc nền đất khu vực thành phố Hải Dương là cơ sở cho lựa chọn giải pháp móng cọc hợp lý trong những điều kiện cấu trúc nền đất tương tự.

Lời cảm ơn

Cảm ơn Trung tâm tư vấn khảo sát thiết kế công trình Quốc Phòng - Bộ Tư Lệnh Công Binh đã tạo điều kiện cho nhóm tác giả sử dụng phần mềm Geo5.

Đóng góp của tác giả

Nguyễn Văn Phóng - phương pháp luận, viết bản thảo bài báo, kiểm chứng; Đỗ Hồng Thắng - phân tích dữ liệu; đánh giá và chỉnh sửa bài báo.

Tài liệu tham khảo

Do, H. T., Nguyen, V. P. (2021). Estimation of static jacking load (Pep) for the prestressed centrifugal concrete piles on some types of ground structure in Hai Duong city. *Journal of Mining and Earth Sciences*, Vol. 62, Issue 3, p. 13-18.

Đỗ, H. T., Nguyễn, V. P. (2023). Phân vùng điều kiện địa chất công trình khu vực tỉnh Hải Dương phục vụ cho quy hoạch xây dựng. *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Mỏ - Địa chất*, Tập 64, Kỳ 2, 38-49.

Đỗ, H. T., Nguyễn, V. P. và Đỗ, M. T. (2022). Đặc điểm điều kiện địa kỹ thuật thành phố Hải Dương phục vụ quy hoạch xây dựng thành phố đến năm 2030. *Hội nghị toàn quốc Khoa học Trái đất và Tài nguyên với phát triển bền vững (ERSD 2022)*.

Đỗ V. Đ. (cb.) (2021). Tính toán công trình tương tác với nền đất bằng phần mềm Geo5. *Nhà xuất bản Xây dựng*, Hà Nội.

Kurguzov, K. V., Fomenko, I. K. and Sirotkina, O. H. (2019). Assessment of the Bearing Capacity of Piles, Calculation Methods and Problems. *Izvestiya Tomskogo Politekhnikeskogo Universiteta Inzinirov Georesurov*, 330, 7-25.

Prekop, L. (2017). Verification of the Vertical Bearing Capacity of a Reinforced Concrete Pile. *Procedia Engineering*, 190, 536-539.

Saenko, Y. V. (2018). Evaluation of driven pile bearing capacity in the foundation of existing buildings. *Bulletin of Civil Engineers*, 15, 106-11.

TCVN 10304:2014, (2014). *Móng cọc – Tiêu chuẩn thiết kế*. Tiêu chuẩn quốc gia.

UBND tỉnh Hải Dương (2017), Đồ án điều chỉnh quy hoạch chung thành phố Hải Dương đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2050.