

Mô hình tính móng bè - cọc cho nhà cao tầng có xét đến ảnh hưởng của đất nền

Modelling the pile - raft foundation of high - rise building considering the effect of the ground

> NGUYỄN THANH HẢI

Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Trung

Email: nguyenthanhhai@muce.edu.vn

TÓM TẮT

Móng bè - cọc là sự kết hợp giữa móng bè và cọc nên việc tương tác giữa bè, cọc và đất nền là yếu tố quan trọng khi tính toán thiết kế. Ưu điểm của loại móng này là có khả năng chịu tải trọng lớn, độ cứng lớn và không gian thông thoáng để bố trí tầng hầm nên được áp dụng nhiều cho các công trình cao tầng ở nước ta. Tuy nhiên, hiện nay vẫn chưa có tiêu chuẩn hướng dẫn thiết kế cho móng bè - cọc, nên việc áp dụng vẫn còn nhiều thách thức. Nhằm đánh giá ảnh hưởng của đất nền đến sự làm việc của bè và cọc. Bài viết trình bày 2 phương pháp mô hình cho móng bè - cọc khi có và không có xét đến hệ số nền C_z . Mô hình phần tử hữu hạn 3D được thực hiện bằng phần mềm ETABS và SAFE. Kết quả mô phỏng cho thấy giá trị nội lực của bè và cọc giảm khi có xét đến hệ số nền, đồng thời độ lún của nền cũng giảm.

Từ khóa: Móng cọc; móng bè - cọc; móng cho nhà cao tầng; hệ số đất nền

ABSTRACT

A pile - raft foundation is a combination of the raft and piles foundation, so the interaction between the raft, piles, and the ground is an important factor in design. The advantage of this type of foundation include high load-carrying capacity, rigidity, and large space to use for basements, so this type of foundation has been applied for many high-rise buildings in our country. However, at present, there are no design guidelines for pile raft foundations, so the application is still challenging. To evaluate the influence of the ground on the behavior of the structure, this study presents two modeling for pile-raft foundations with and without consideration of the ground coefficient C_z . The 3D finite element model was performed using ETABS and SAFE software. The simulation results show that the internal force values of raft and piles decrease when considering the ground coefficient and the settlement of the foundation also decreases.

Keywords: Pile foundation; pile - raft foundation; the foundation for high-rise buildings; ground coefficient.

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, móng bè - cọc đang được ứng dụng cho các công trình nhà cao tầng, đây là một loại móng cho phép phát huy được tối đa khả năng chịu lực của cọc và tận dụng được một phần sức chịu tải của nền đất dưới đáy bè. Móng bè - cọc còn được gọi là móng bè trên nền cọc. Sử dụng móng bè - cọc giúp làm tăng hiệu quả làm việc của móng và chống lại tải trọng ngang. Từ đó, có thể giảm độ lún và độ lún chênh lệch, cũng như cải thiện khả năng chịu tải của công trình [1].

Việc phân tích kết hợp móng bè - cọc của tòa nhà nhiều tầng là tương đối khó khăn vì liên quan đến sự tương tác giữa các thành phần của kết cấu tòa nhà và đất nền. Có thể phân tích tối ưu hóa trong việc thiết kế lựa chọn chiều dài và số lượng cọc [2] [3] cũng như sự làm việc của móng bè - cọc trong khu vực có ảnh hưởng của tải trọng động đất [4].

Sự ảnh hưởng tương hỗ giữa đất và kết cấu móng trong quá trình chịu tải bao gồm: sự tương tác giữa cọc và đất; sự tương tác giữa cọc và cọc; sự tương tác giữa đất và móng bè; sự tương tác giữa cọc và móng bè [5]. Theo quan điểm bè - cọc đồng thời

chịu tải, hệ kết cấu móng đài - cọc đồng thời làm việc với đất nền theo một thể thống nhất, xét đến đầy đủ sự tương tác giữa các yếu tố đất - bè - cọc được thể hiện như Hình 1. Theo đó, tải trọng từ công trình truyền xuống móng thông qua đài cọc. Sự phân phối tải trọng tập trung từ công trình bên trên xuống cọc phụ thuộc vào việc bố trí các cọc và độ cứng kháng uốn của đài. Khi đài cọc chịu tác động của tải trọng, một phần được truyền xuống cho các cọc và một phần được phân phối cho nền đất dưới đáy đài. Tuy nhiên, do cọc có độ cứng lớn nên cọc tiếp nhận phần lớn tải trọng từ đài xuống và một phần nhỏ là do nền đất tiếp nhận.

Mô hình hệ số nền Winkler được sử dụng khi tính toán móng bè - cọc, đất nền dưới đáy móng được thay thế bằng các lò xo có độ cứng là $K=C_z.F$. Trong đó, C_z là hệ số nền của đất, F là diện tích chia ô lưới vuông có cạnh 1-2m. Hệ số nền C_z được xác định dựa trên công thức Terzaghi hoặc được tra theo Bảng 1 [6] và có thể xác định từ kết quả thí nghiệm tại hiện trường.

Hệ số nền C_z dưới đáy bè được xác định theo công thức Terzaghi:

$$C_z = 24(c.N_c + \gamma.D.N_q + 0.4B.N_r) \quad (1)$$

Trong đó:

C_z : hệ số nền

c : lực dính của đất

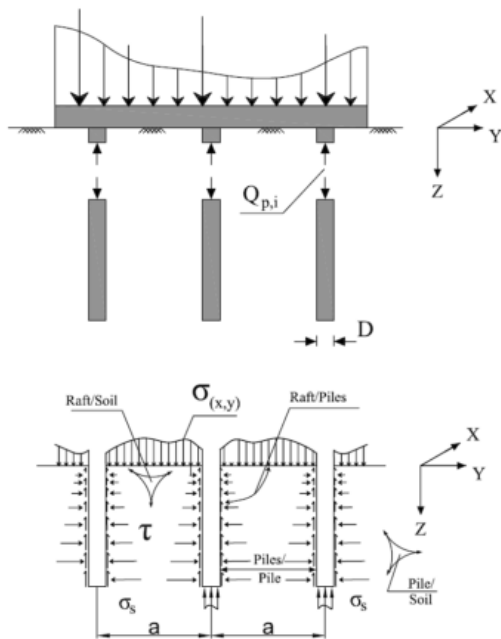
γ : trọng lượng riêng của đất

φ : góc ma sát trong của đất

D : chiều sâu tính C_z

B : bề rộng cọc.

Các giá trị N_c, N_q, N_r tra bảng theo φ



Hình 1. Sự tương tác giữa bệ, cọc và đất [2]

Bảng 1. Hệ số nền của một số loại đất

STT	Tên đất	C_z (kN/m ³)
1	Sét rất mềm	5000 - 30000
2	Sét mềm	20000 - 45000
3	Sét trung	40000 - 90000
4	Sét cứng	70000 - 200000
5	Sét pha cát	28000 - 45000
6	Cát rời	100000 - 250000
7	Cát chặt	500000 - 900000
8	Cát chặt và sạn	1000000 - 2000000

Hệ số nền C_z xác định từ kết quả thí nghiệm tại hiện trường bằng kết quả của thí nghiệm xuyên SPT. Theo đó, hệ số nền tại mũi cọc và thân cọc nhôo xác định từ giá trị mô đun biến dạng của nền đất E_o , được tính toán theo các công thức từ (2)-(4) [7].

Hệ số nền tại mũi cọc theo phương đứng

$$k_v = 0,2.\alpha.E_o.D^{-3/4} \text{ (kgf/cm}^3\text{)} \quad (2)$$

Trong đó:

k_v : Hệ số nền mũi cọc theo phương đứng (kgf/cm³)

α : Hệ số điều chỉnh mũi cọc, $\alpha = 1$

D : Đường kính mũi cọc (cm)

E_o : Mô đun biến dạng nền (kgf/cm²). $E_o = 25N$;

N : Giá trị xuyên tiêu chuẩn

Hệ số nền dọc theo thân cọc theo phương đứng:

$$k_{sv} = 0,03.\alpha.E_o.D^{-3/4} \text{ (kgf/cm}^3\text{)} \quad (3)$$

Hệ số nền ngang theo thân cọc

$$k_h = 0,2.\alpha.E_o.D^{-3/4} \text{ (kgf/cm}^3\text{)} \quad (4)$$

Hệ số nền là một trong những đặc trưng quan trọng của đất nền phản ánh sức chịu tải và biến dạng của đất nền. Thực tế hệ số nền là hàm phi tuyến, phụ thuộc vào cấp độ tải, phương thức gia tải, loại đất và kích thước cấu kiện tác dụng vào đất.

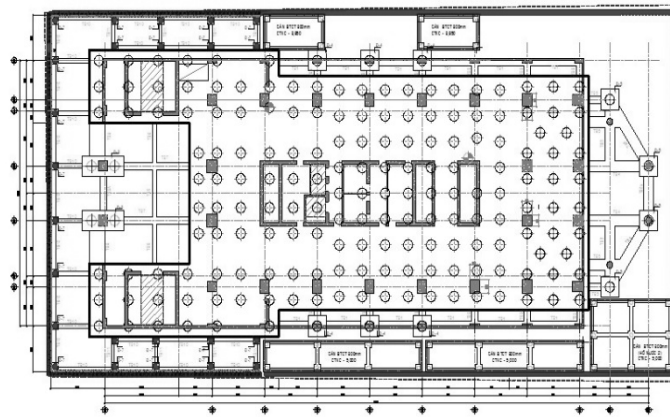
Bài viết trình bày mô phỏng tính toán móng bè - cọc có xét đến ảnh hưởng của hệ số nền bằng mô phỏng phần tử hữu hạn 3D cho một công trình khi so sánh 2 trường hợp tính toán khi có và không có xét đến sự ảnh hưởng của đất nền. Để đảm bảo tính chính xác của bài toán, hệ số C_z được gán vào mô hình tại các vị trí đáy bè, mũi cọc và dọc theo thân cọc. Vị trí gán lò xo tại thân cọc tùy thuộc vào loại đất nền và số đoạn chia dọc theo thân cọc.

2. MÔ HÌNH MÔ PHỎNG MÓNG BÈ - CỌC

Hiện nay chưa có tiêu chuẩn hướng dẫn tính toán cụ thể cho móng bè - cọc. Việc tính toán móng bè - cọc phụ thuộc vào quan điểm tính toán, có thể xem cọc, bè chịu toàn bộ tải trọng công trình hoặc cọc và bè làm việc đồng thời.

2.1. Thông tin công trình

Công trình khách sạn 40 tầng sử dụng móng bè - cọc có kích thước (dài 64,0m, rộng 39,0m). Chiều cao toàn bộ công trình là 136,6m. Tổng số cọc trên toàn diện tích công trình là 183 cọc và cọc có $D=1400$, $L=24$ m. Mặt bằng móng của công trình được thể hiện như Hình 2. Tại vị trí đặt móng công trình, các lớp đất từ trên xuống lần lượt là: lớp đất nhân tạo, lớp đất cát thô vừa đến thô, lớp cát mịn đến bụi lẫn vỏ sò ốc, lớp sét pha và dưới cùng là nền đá gốc granit.



Hình 2. Mặt bằng móng bè - cọc của công trình

2.2. Khai báo mô hình

Mô hình phần tử hữu hạn 3D được thiết lập bằng phần mềm ETABS 7.4 và SAFE 13.2.1, từ kết quả mô hình có thể so sánh giá trị sức chịu tải của cọc với kết quả thí nghiệm và xác định giá trị nội lực của bè để tính toán cốt thép cũng như kiểm tra độ lún của bè theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014 [8].

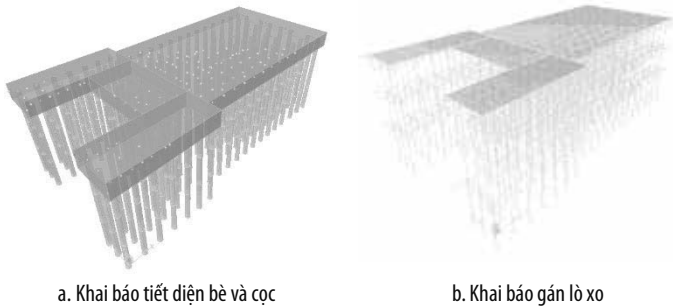
Móng bè được mô phỏng bằng phần tử tấm. Cọc được mô phỏng bằng phần tử thanh hoặc bằng lò xo. Vị trí gán lò xo tại thân cọc được chia thành 3 đoạn với 4 điểm gán. Liên kết giữa đất và bè được mô hình bằng lò xo hoặc gán trực tiếp bằng hệ số nền.

Nhằm so sánh việc ảnh hưởng của đất nền vào sự làm việc của móng bè - cọc, bài toán được chia làm 2 dạng: Bài toán 1- dạng không gian, cọc được mô hình bằng phần tử thanh. Bài toán 2- dạng bán không gian, cọc được mô hình bằng lò xo.

a. Bài toán 1- Bài toán không gian

Bài toán này, bè đóng vai trò liên kết cọc tạo thành các nhóm cọc với nhau và xem toàn bộ tải trọng công trình do cọc chịu. Mô

hình mô phỏng được thể hiện như Hình 3. Cọc có đường kính $D=1400\text{mm}$, dài 24m . Cọc được chia làm 3 đoạn, mỗi đoạn 8m . Ở mũi cọc, liên kết với đất được mô hình bằng lò xo có hệ số nền theo phương đứng k_v . Trên thân cọc, các lò xo được gán với hệ số nền theo phương đứng và phương ngang tại các vị trí thể hiện như Hình 3b.

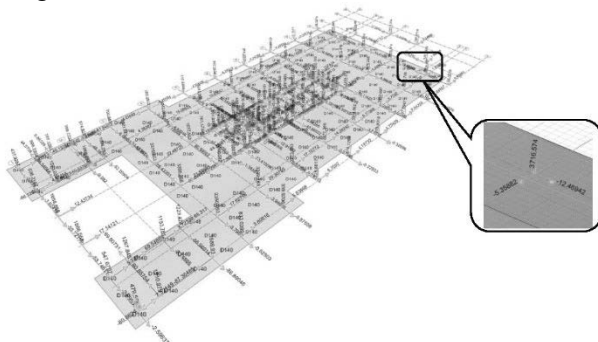


a. Khai báo tiết diện bè và cọc

b. Khai báo gán lò xo

Hình 3. Mô hình không gian móng bè - cọc

Tải trọng khai báo gồm các giá trị mô men, lực dọc của tĩnh tải và hoạt tải truyền từ công trình bên trên xuống đài móng, được mô hình như Hình 4. Hình 5-6 biểu diễn giá trị mô men M_{11} của bè và biểu đồ lực dọc N trong cọc. Theo đó, kết quả nội lực của móng khi có xét và không xét ảnh hưởng của đất nền được biểu diễn theo Bảng 2.



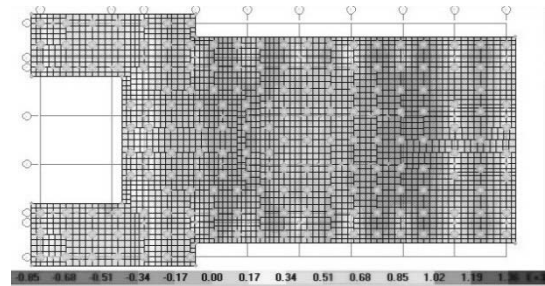
Hình 4. Khai báo giá trị tải trọng cho móng

Việc sử dụng móng bè - cọc giúp làm tăng hiệu quả làm việc của móng nhờ vào sự tương tác kết hợp giữa cọc và bè. Kết quả cho thấy, giá trị mô men khi có xét đến hệ số nền nhỏ hơn trường hợp không xét khoảng 8% và lực dọc của cọc giảm 12.21%. Bên cạnh đó, khi phân tích giá trị độ lún tại cùng một vị trí, nhận thấy rằng giá trị độ lún giảm 11,62% so với trường hợp không xét đến hệ số nền. Điều

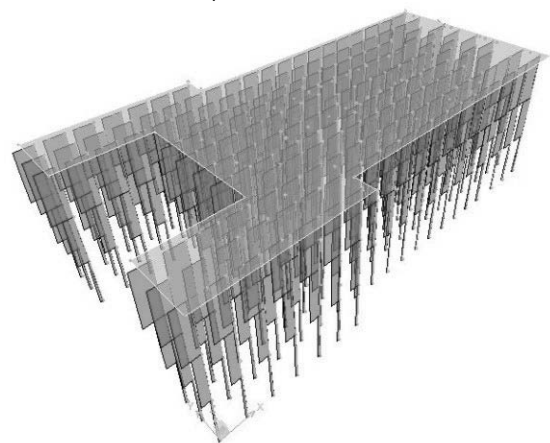
này phù hợp với ứng xử của kết cấu, chứng tỏ việc sử dụng mô hình tính mang lại kết quả đáng tin cậy đối với bài toán này.

Bảng 2. Giá trị nội lực của bè và cọc mô hình không gian

STT	Trường hợp	Bè		Cọc		
		M11 (T.m)	Tọa độ	N (T)	Độ lún (cm)	Tọa độ
1	Xét đến hệ số nền	424	X=11 Y=6.8	848	5.55	X=72.03 Y=23.41
2	Không xét hệ số nền	464		966	6.28	



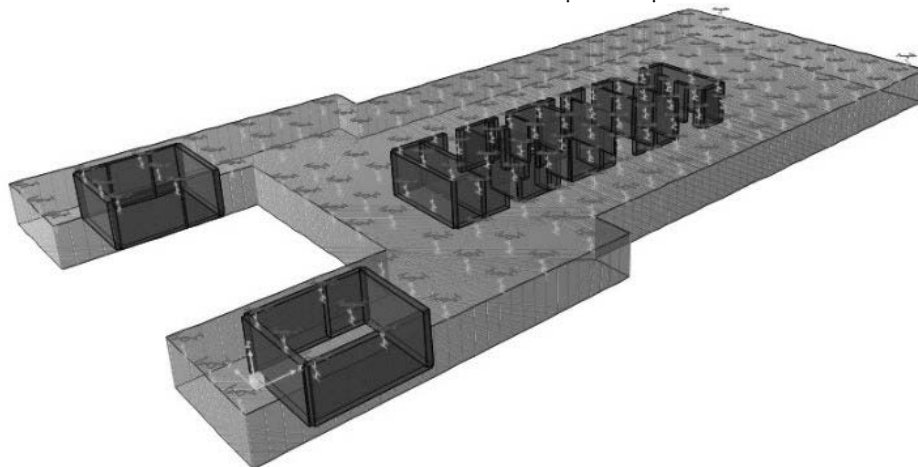
Hình 5. Momen M_{11} trên Bè cọc



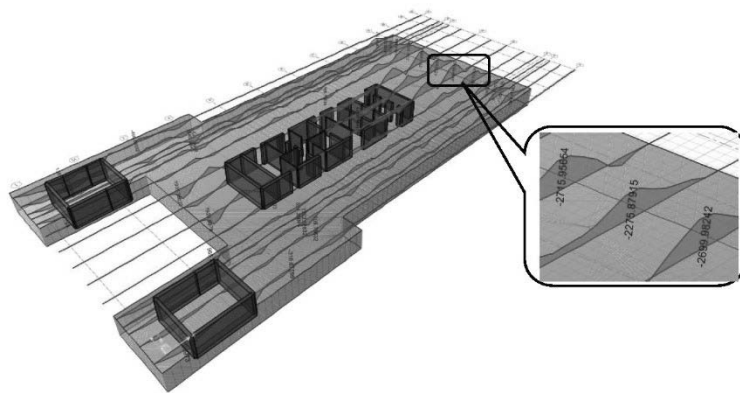
Hình 6. Biểu đồ lực dọc của cọc

b. Bài toán 2 - Bài toán bán không gian

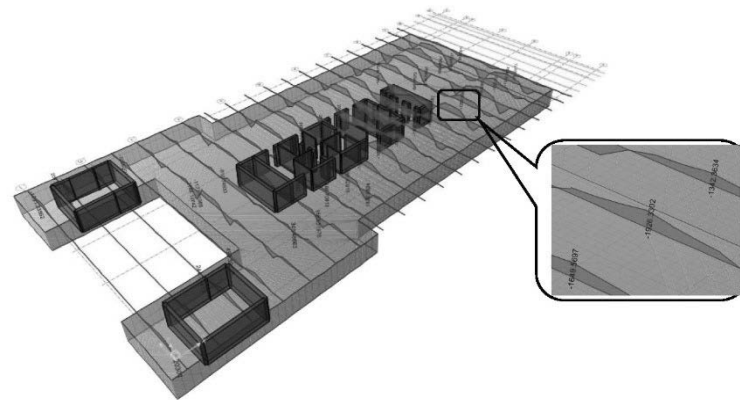
Với bài toán này, bè được mô phỏng bằng phần tử tấm, cọc liên kết với đài bằng phần tử lò xo. Đất nền dưới đáy đài được gán bằng giá trị hệ số nền như Hình 7. Giá trị mô men trong bè theo các dải bản được thể hiện như Hình 8-9.



Hình 7. Mô hình bán không gian



Hình 8. Kết quả momen của dải bản theo trục X



Hình 9. Kết quả momen của dải bản theo trục Y

Bảng 3. Giá trị nội lực của bè và cọc của mô hình bán không gian

STT	Trường hợp	Bè		Cọc		
		M11 (T.m)	Tọa độ	N (T)	Độ lún(cm)	Tọa độ
1	Xét đến hệ số nền	448	X=11	875	5.55	X=72.03
2	Không xét hệ số nền	461	Y=6.8	982	6.28	Y=23.41

Kết quả trong Bảng 3 cho thấy, giá trị mô men khi có xét đến hệ số nền nhỏ hơn trường hợp không xét hệ số nền khoảng 2,82% và lực dọc của cọc giảm 10,9%. Độ lún của móng cũng giảm 11,62%.

Khi so sánh 2 bài toán cùng xét đến hệ số nền thì giá trị mô men của bè chênh lệch khoảng 5,4%, lực dọc trong cọc của bài toán bán không gian tăng 3,01% so với bài toán không gian. Trong khi đó, độ lún của móng có giá trị bằng nhau ở cả hai bài toán.

Giá trị lực dọc lớn nhất, ở 2 phương pháp tính, truyền về cọc là $N_{max}=982$ (Tấn) đều nhỏ hơn sức chịu tải của cọc xác định theo phương pháp thí nghiệm nền tĩnh dọc trục tại hiện trường là $[P]=1200$ (T). Như vậy, phương án móng bè - cọc đã chọn đủ khả năng chịu lực.

3. NHẬN XÉT

Mô hình phần tử hữu hạn 3D được thiết lập nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của đất nền đến sự làm việc của hệ móng bè - cọc. Kết quả mô hình tính toán cho thấy, việc xét đến hệ số nền C_z có ảnh hưởng đến nội lực của bè và cọc. Vì bè và cọc làm việc đồng thời với đất nền nên khi có xét đến sự làm việc của đất nền, thì tỷ lệ tải phân cho bè đạt từ 2-13.5%.

Việc tính toán nội lực theo cả hai mô hình không gian và bán không gian cho kết quả không chênh lệch nhiều. Tuy nhiên, bài toán không gian cần phải qua nhiều công đoạn mô phỏng từ việc mô hình cọc đến

chia các phần tử và gán lò xo trên cọc. Do đó, có thể sử dụng mô hình bán không gian trong tính toán thiết kế móng bè cọc.

Bên cạnh đó, việc tối ưu hóa khả năng chịu tải của cọc có thể được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo. Tải trọng từ công trình được truyền xuống cọc có các giá trị thay đổi, phụ thuộc vào vị trí bố trí cọc cũng như lực tập trung từ cột vách truyền xuống cọc. Với các kết quả tính toán từ mô hình, một số vị trí cọc có khả năng chịu tải nhỏ hơn nhiều so với sức chịu tải của cọc, do đó chưa phát huy hết khả năng chịu tải tối đa của cọc. Việc tối ưu hóa khả năng chịu tải của cọc có thể được thực hiện bằng cách lập mô hình mô phỏng nhiều dạng bài toán khác nhau, điều chỉnh khoảng cách cọc và số lượng cọc để từ đó lựa chọn giải pháp thiết kế đạt hiệu quả kinh tế cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. G. POULOS, "Piled raft foundations: design and applications," *Geotechnique*, vol. 51, pp. 95-113, 2001.
- [2] O. A. Abdel-Azi, K. Abdel-Rahman, Y. M. El-Mossallamy, "Numerical investigation of optimized piled raft foundation for high-rise building in Germany," *Innovative Infrastructure Solutions*, vol. 5, 2020.
- [3] Meisam Rabiei, Askar Janalizadeh Choobast, "Piled Raft Design Strategies for High Rise Buildings," *Geotech Geol Eng*, 2015.
- [4] Ashutosh Kumar, Deepankar Choudhury, Rolf Katzenbach, "Effect of Earthquake on Combined Pile-Raft Foundation," *International Journal of Geomechanics, ASCE*, p. 04016013, 2016.
- [5] Th.S Trần Quang Hộ, Nguyễn Trọng Nghĩa, Nguyễn Đăng Đình Chung, "Hiệu quả kinh tế của móng bè cọc," *Tạp chí Khoa học công nghệ Xây dựng*, vol. 3, pp. 46-51, 2007.
- [6] GS. TS Nguyễn Văn Quảng, Nguyễn Hữu Kháng, Hướng dẫn đồ án Nền và Móng, Hà Nội: Nhà Xuất bản Xây dựng, 2013.
- [7] *Tạp chí Cầu đường Việt Nam*, số 11/2006.
- [8] TCVN 10304: 2014 Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế, Hà Nội, 2014.