

Nghiên cứu sự làm việc đồng thời của cọc, móng và nền đất trong móng bè cọc

Study on continuous working of piles, foundation and soil in pile raft foundation

> TS NGUYỄN NGỌC THẮNG^{1*}, KS LÊ QUỐC CƯỜNG²

^{1*}Khoa Kỹ thuật công nghệ, Trường Đại học Tiền Giang; Email: nguyenngocthang@tgu.edu.vn

²Khoa Công nghệ, Trường Đại học Kinh tế công nghiệp Long An

TÓM TẮT

Hiện nay, tại các đô thị lớn của Việt Nam rất nhiều nhà cao tầng được xây dựng để đáp ứng nhu cầu ở, sinh hoạt, thương mại đang tăng lên nhanh chóng của xã hội. Giải pháp thiết kế nền móng và cọc cùng tham gia làm việc là để huy động được phần móng cùng làm việc với cọc. Móng bè cọc (MBC) đã trở thành giải pháp móng hữu hiệu nhất áp dụng cho nhiều công trình cao tầng trên thế giới vì khả năng chịu lực, độ lún của bè và cọc được cải thiện đáng kể so với móng cọc thông thường.

Từ khóa: Móng; móng bè cọc; đất yếu; Plaxis 3D; FEM.

ABSTRACT

High-rise buildings are currently being built a lot in Vietnam's major cities to meet the rapidly increasing residential, living and commercial needs of society. The solution to design the foundation and the pile to work together is to mobilize the foundation to work with the pile. Pile raft foundation has become the most effective foundation solution applied to many high-rise buildings in the world because the bearing capacity, settlement of rafters and piles are significantly improved compared to conventional pile foundation.

Keywords: Foundation; pile raft foundation; soft soil; Plaxis 3D; FEM.

1. GIỚI THIỆU

Nhà cao tầng hiện đang được xây dựng rất nhiều tại các đô thị lớn của Việt Nam để đáp ứng nhu cầu ở, sinh hoạt, thương mại đang tăng lên nhanh chóng của xã hội. Giải pháp thiết kế nền móng và cọc cùng tham gia làm việc là để huy động được phần móng cùng làm việc với cọc. MBC đã trở thành giải pháp móng hữu hiệu nhất áp dụng cho nhiều công trình cao tầng ở trên thế giới vì khả năng chịu lực, độ lún của bè và cọc được cải thiện đáng kể so với móng cọc thông thường. Katzenbach (2000) đã cho thấy được lợi thế của việc sử dụng móng cọc đài bè và cung cấp cho ta một số ví dụ về việc áp dụng móng cọc đài bè vào đất sét cứng [1]. Ngoài ra còn có một số ví dụ khác về việc sử dụng móng cọc đài bè

cho các cấu trúc đất khác nhau có thể tìm thấy trong sách của Hemsley, J. A. (2000) [2]. Nói chung sự hiệu quả về kinh tế của móng cọc đài bè hầu hết được trình bày bởi Randolph (1994) là những chiếc bè và cọc cùng tham gia chịu tải, làm cho sự lún, lún lệch giữa bè-cọc vẫn nằm trong phạm vi cho phép [3]. Nói một cách rõ ràng là các cọc phải được thiết kế làm sao huy động gần hết khả năng làm việc của cọc khi chịu tải.

Giải pháp MBC mặc dù được đề cập nhiều không chỉ trong các công trình nghiên cứu mà còn được giới các nhà đầu tư, nhà thầu, đơn vị tư vấn đề nghị [4]. Nhưng việc áp dụng giải pháp MBC trong thực tế chưa được xem xét nhiều, còn có rất ít công trình nghiên cứu trong nước quan tâm đến.

2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN MÓNG BÈ CỌC

Trong thiết kế MBC, có 5 vấn đề cần thiết được xem xét bao gồm: Sức chịu tải cực hạn khi chịu tải đứng, tải ngang và moment; Độ lún tối đa; Độ lún lệch; Đánh giá các giá trị moment, lực cắt của bè để thiết kế bè móng; Đánh giá các giá trị moment, sức chịu tải của cọc để thiết kế cọc. Hiện nay, cùng với sự phát triển của máy tính và phương pháp phần tử hữu hạn, các mô hình tính toán cọc làm việc đồng thời với nền thường được xây dựng.

MBC là một hệ móng rất phức tạp, sự làm việc của móng phụ thuộc vào sự tương tác giữa các thành phần: cọc - đất - bè, chỉ cần một trong các thành phần này thay đổi, sự làm việc của móng đã lập tức thay đổi theo. Các quan điểm thiết kế MBC hiện nay [5-8]:

2.1. Quan điểm cọc chịu tải hoàn toàn

Theo quan điểm này, các cọc dưới bè móng được thiết kế như một nhóm cọc để tiếp nhận hoàn toàn của công trình mà không kể đến sự tham gia chịu tải của nền đất dưới đài cọc. Trong khi tính toán, hệ MBC được tính như móng cọc đài thấp với nhiều giả thiết kèm theo như:

Tải trọng ngang do nền đất trên mức đáy đài tiếp thu.

Đài móng tuyệt đối cứng, ngàm cứng với các cọc, chỉ truyền tải trọng đứng lên các cọc, do đó cọc chỉ chịu kéo hoặc nén.

Cọc trong nhóm cọc làm việc như cọc đơn và cọc chịu toàn bộ tải trọng từ đài.

Khi tính toán tổng thể móng cọc thì coi hệ móng là một khối móng quy ước.

Tính toán theo quan điểm cọc chịu tải hoàn toàn có ưu điểm là đơn giản, thiên về an toàn và được hướng dẫn chi tiết trong các giáo trình nền móng hiện nay. Độ lún của móng tính toán theo phương pháp này nhỏ, sử dụng nhiều cọc và thường hệ số an toàn cao, chưa phát huy được hết sức chịu tải của cọc và không kinh tế, được coi như là một phương án "lãng phí" trong thiết kế.

Quan điểm tính toán này phù hợp cho những kết cấu móng

cọc có chiều dày dài lớn kích thước dài nhỏ, hoặc nền đất dưới đáy dài yếu, có tính biến dạng lớn. Khi đó, ta có thể bỏ qua sự làm việc của đất nền dưới đáy dài và xem toàn bộ tải trọng công trình do cọc chịu.

2.2. Quan điểm bè chịu tải hoàn toàn

Theo quan điểm này, bè được thiết kế để chịu phần lớn tải trọng lên móng, các cọc chỉ nhận một phần nhỏ tải trọng, được bố trí hạn chế cả về số lượng sức chịu tải với mục đích chính là gia cố nền, giảm độ trung bình và lún lệch. Độ lún của móng trong quan điểm này thường lớn, vượt quá độ lún cho phép, ngoài ra với tải trọng công trình lớn, tính theo quan điểm này thường không đảm bảo sức chịu tải của nền đất dưới móng.

Quan điểm thiết kế này phù hợp với những công trình đặt trên nền đất yếu có chiều dày không lớn. Khi đó liên kết giữa cọc và đài không cần phức tạp, vì mục đích cọc để gia cố nền và giảm lún lệch là chính.

2.3. Quan điểm bè và cọc đồng thời chịu tải

Theo quan điểm này, 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. Trong quan điểm này, các cọc ngoài tác dụng giảm lún cho công trình, còn phát huy hết được khả năng chịu tải, do đó cần ít cọc hơn, chiều dài cọc nhỏ hơn. Khi cọc đã phát huy hết khả năng chịu tải, thì một phần tải trọng còn lại sẽ do phần bè chịu và làm việc như móng bè trên nền thiên nhiên.

Trong quan điểm này, độ lún của công trình thường lớn hơn so với quan điểm cọc chịu tải hoàn toàn nhưng về tổng thể, nó vẫn đảm bảo nằm trong quy định với một hệ số an toàn hợp lý, do đó quan điểm tính toán này cho hiệu quả kinh tế tốt hơn so với quan điểm đầu. Tuy nhiên, quá trình tính toán cần sử dụng các mô hình phức tạp hơn, do đó hiện nay quan điểm này chưa được phổ biến rộng rãi.

Quan điểm thiết kế thứ nhất thiên về an toàn, nhưng không kinh tế, nên áp dụng khi công trình có yêu cầu cao về khống chế độ lún. Quan điểm thiết kế thứ hai, móng bè trên nền thiên nhiên là phương án kinh tế nhưng độ lún của bè là rất lớn và thường nền đất không đủ sức chịu tải với công trình có tải trọng lớn. Quan điểm thiết kế thứ ba, dung hòa được các ưu, nhược điểm của hai quan điểm trên, nên trường hợp công trình không có yêu cầu quá cao về độ lún, có thể sử dụng để tăng tính kinh tế.

Để thay đổi quan điểm chưa chính xác về móng bè cọc, các chuyên gia cơ đất đã tìm cách đưa ra các lý thuyết tính toán hệ thống móng này, trong đó có Poulos & Davis (1980), Fleming et. al. (1992), Randolph (1994), Burland (1995) và những nghiên cứu gần đây của Poulos (2001, 2011) [9-13]. Áp dụng phương trình Midlin của bán không gian đàn hồi vào trong bài toán bè - cọc và những thử nghiệm thực tế để phân tích ngược bài toán này, Poulos (1994) đã đưa ra một mô hình gần với thực tế. Mô hình này được chấp nhận rộng rãi, được áp dụng để xây dựng nhiều công trình và tiếp tục được phát triển.

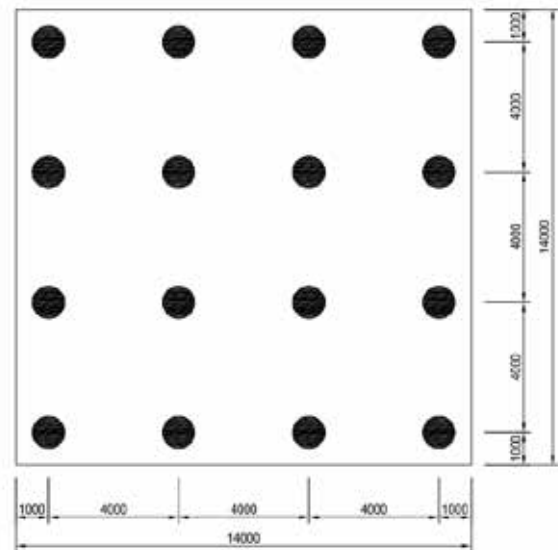
3. MÔ PHỎNG PHÂN TÍCH MÓNG BÈ CỌC

3.1. Giới thiệu công trình

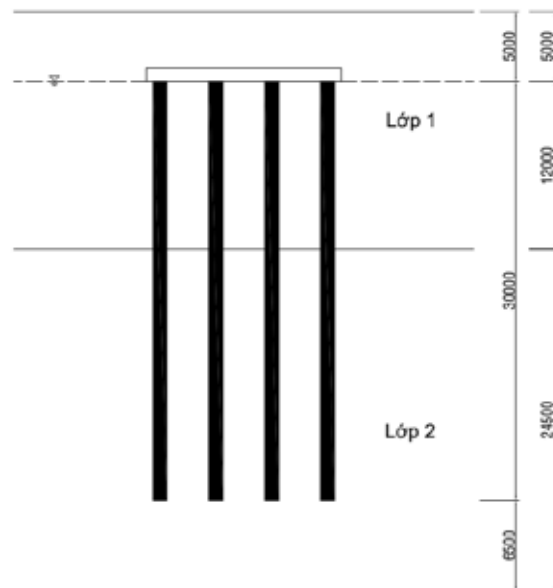
Công trình đưa vào ví dụ minh họa là một công trình nhà chung cư kết hợp văn phòng cao 18 tầng với 1 tầng hầm. Mặt bằng chữ nhật 16x33m, tổng chiều cao 60,9m. Giải pháp kết cấu, sử dụng hệ khung vách chịu lực. Cốt đáy móng ở độ sâu -5,0m so với mặt đất tự nhiên. Mặt bằng công trình khá nhỏ, tải trọng lại tương đối lớn nên sơ bộ chọn phương án cọc khoan nhồi đường kính $d = 1,0\text{m}$, chiều dài cọc dự kiến 30,0m, cắm sâu vào lớp cát pha số 2 một đoạn 18,0m.

3.2. Mô hình tính toán

Xét một MBC, trong đó bè móng có dạng bản phẳng, chiều dày bè h_b , nằm trên hệ cọc khoan nhồi đường kính d , khoảng cách các cọc là L . Móng chịu tải trọng do công trình truyền xuống. Xây dựng mô hình phân tích là một hệ MBC đơn giản, kích thước phần bè không đổi 14m x 14m, chịu tải trọng phân bố đều $q = 500\text{kPa}$ như chính tải trọng phân bố của công trình. Bằng cách lần lượt thay đổi các thông số về đường kính, khoảng cách các cọc để phân tích sự làm việc đồng thời của cọc, móng và nền đất dưới công trình (Hình 1 và Hình 2).



Hình 1. Mặt bằng MBC



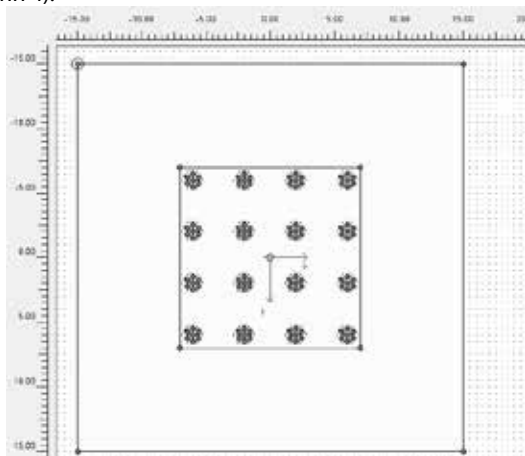
Hình 2. Mặt cắt ngang MBC

3.3. Mô hình tính toán trong Plaxis

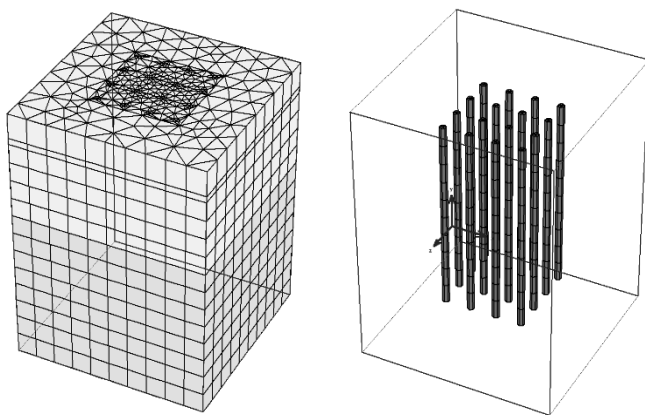
Plaxis 3D Foundation là một chương trình PTHH không gian ba chiều, ứng dụng vào việc phân tích kết cấu móng cho các công trình xây dựng trong đất liền và trên biển. Nhờ việc ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật, chương trình này cho phép người sử dụng giải quyết những bài toán kết cấu phức tạp bằng những dữ liệu đầu vào đơn giản. Kết quả của bài toán cho ta các trị số ứng suất, biến dạng... tại từng vị trí trong móng cũng như toàn bộ móng. Phương pháp mô hình hóa của Plaxis 3D Foundation: Biểu diễn

mặt bằng công trình, mô phỏng các lớp đất, mô phỏng cấu trúc công trình, xác định tính chất vật liệu, tạo lưới phần tử (2D - 3D) và xác định các bước tính toán.

Quá trình tính toán trong Plaxis 3D Foundation được bắt đầu với việc thiết lập mô hình tính toán. Mô hình tính toán là sự kết hợp của các hình trụ hố khoan và các mặt phẳng nằm ngang (Hình 3 và Hình 4).



Hình 3. Mô hình trong Plaxis 3D Foundation



Hình 4. Lưới phần tử hữu hạn

Các đặc trưng vật liệu của các lớp đất [14], cọc và đài móng BTCT [15] trong Plaxis 3D Foundation được thí nghiệm, tính toán và được trình bày trong các Bảng 1 và Bảng 2.

Bảng 1. Thông số các lớp đất trong mô hình Plaxis 3D Foundation

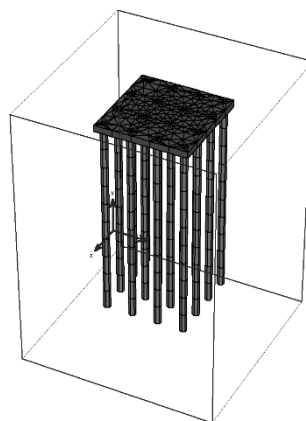
STT	Tham số	Ký hiệu	Lớp 1	Lớp 2
1	Mô hình	Model	Mohr - Coulomb	Mohr - Coulomb
2	Ứng xử vật liệu	Type	Undrained	Undrained
3	Dung trọng tự nhiên (kN/m ³)	γ_{unsat}	18,00	20,10
4	Dung trọng bão hòa (kN/m ³)	γ_{sat}	20,00	20,37
5	Mô đun Young, E (kN/m ²)	E	13980	43500
6	Hệ số Poisson (-)	ν	0,330	0,325
7	Cường độ kháng cắt (kN/m ²)	c_{ref}	10,0	46,00
8	Góc ma sát trong (°)	φ	24°30'	19°49'
9	Góc dẫn nở (°)	ψ	0°	0°

Bảng 2. Thông số cọc và đài móng BTCT

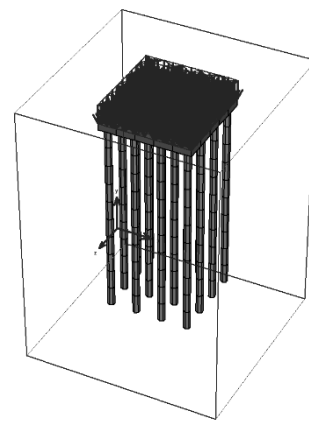
STT	Tham số	Ký hiệu	Giá trị
1	Mô hình	Model	Linear - elastic
2	Ứng xử vật liệu	Type	Non - porous
3	Dung trọng tự nhiên (kN/m ³)	γ_{unsat}	25
4	Mô đun Young, E (kN/m ²)	E	29,2 x 10 ⁶
5	Hệ số Poisson (-)	ν	0,200

3.4. Quá trình tính toán

Quá trình mô phỏng để phân tích biến dạng và ứng suất của MBC được xét trong hai trường hợp: MBC chưa chịu tải trọng công trình (Hình 4) và chịu tải trọng công trình bên trên (Hình 5).



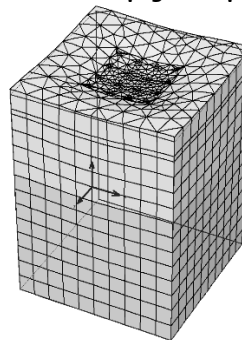
Hình 5. MBC chưa chịu tải trọng công trình



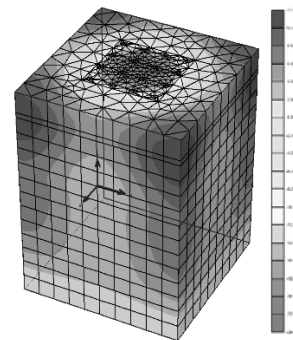
Hình 6. MBC chịu tải trọng công trình

4. KẾT QUẢ MÔ PHỎNG

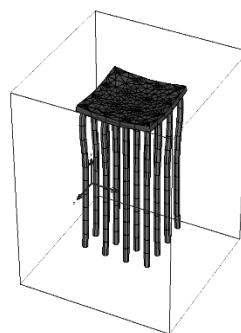
4.1. Biến dạng của hệ móng



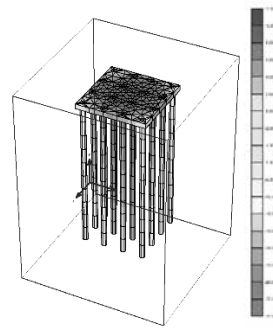
Hình 7. Tổng chuyển vị của hệ nền - móng



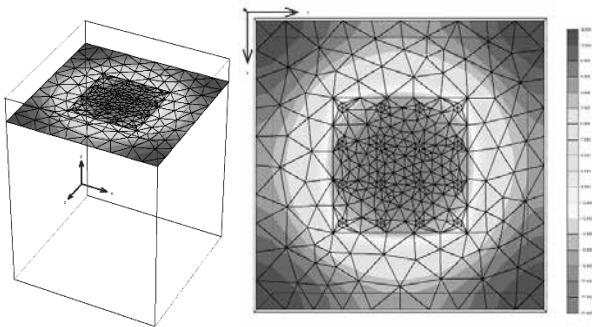
Hình 8. Chuyển vị theo phương đứng của hệ nền - móng



Hình 9. Tổng chuyển vị của MBC

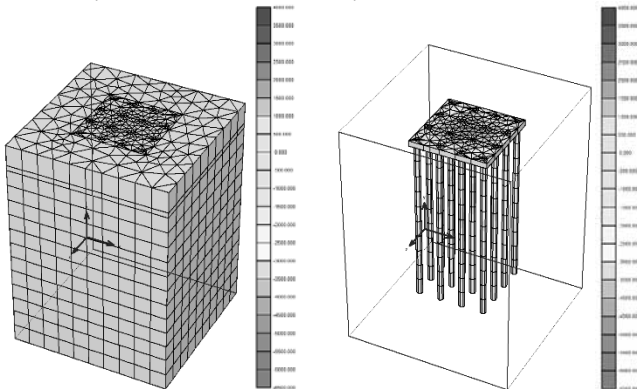


Hình 10. Chuyển vị theo phương đứng của MBC



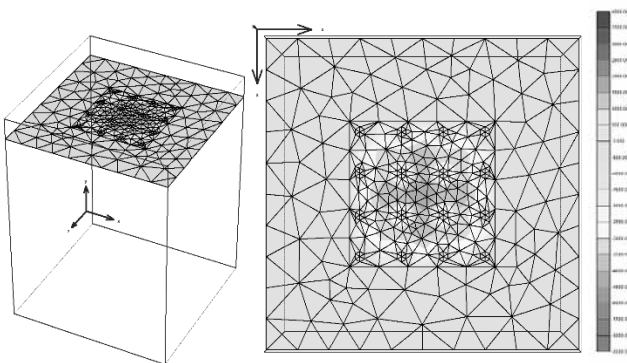
Hình 11. Chuyển vị theo phương đứng tại đáy đài móng

4.2. Sự phân bố ứng suất của hệ móng

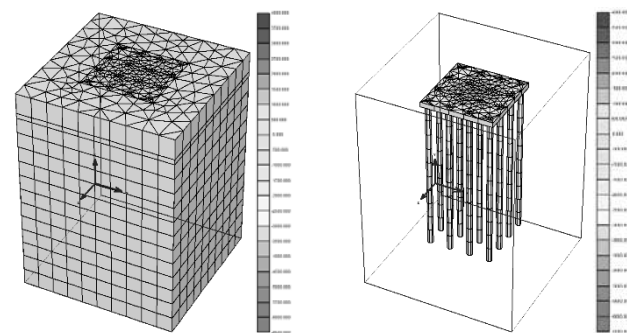


Hình 12. Sự phân bố ứng suất hữu hiệu trong hệ nền - móng

Hình 13. Sự phân bố ứng suất hữu hiệu trong móng MBC

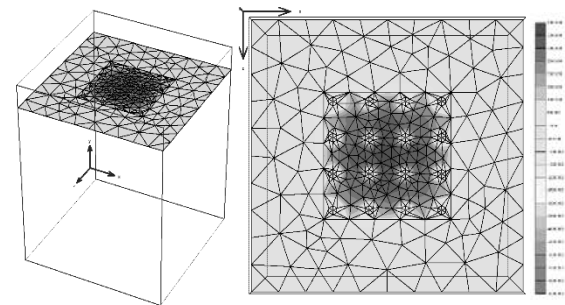


Hình 14. Sự phân bố ứng suất hữu hiệu tại đầu cọc



Hình 15. Sự phân bố ứng suất tổng trong hệ nền - móng

Hình 16. Sự phân bố ứng suất tổng trong móng MBC



Hình 17. Sự phân bố ứng suất tổng tại đầu cọc

5. KẾT LUẬN

Hệ MBC có kích thước phần bè 14m x 14m bố trí 16 cọc khoan nhồi đường kính $d = 1,0\text{m}$ khoảng cách các cọc 4,0m, chiều dài cọc 30m, cắm sâu vào lớp cát pha số 2 một đoạn 18m, chịu tải trọng phân bố đều $q = 500\text{kPa}$ có độ lún là 23,43mm.

Khi chiều dày bè tăng dần lên, độ cứng bè tăng dẫn đến nội lực được phân phối đồng đều hơn giữa các cọc, tỷ lệ chia tải cho bè cũng tăng lên, dù không đáng kể, tuy nhiên tải trọng cực đại tác dụng lên đầu cọc nhỏ, không tận dụng hết sức chịu tải cọc. Chiều dày bè lớn cũng dẫn đến lãng phí vật liệu. Khi chiều dày bè nhỏ, tải trọng cực đại tác dụng lên đầu cọc tăng lên, tuy nhiên chênh lệch giữa $P_{\max}$ và $P_{\min}$ cũng tăng theo. Do đó, để đảm bảo tiết kiệm vật liệu mà vẫn đảm bảo sức chịu tải, ta có thể chọn phương án dùng chiều dày bè nhỏ và sử dụng các cọc có sức chịu tải khác nhau, hoặc tăng mật độ cọc ở những vị trí chịu lực nhiều.

Móng bè cọc là một phương án móng hiện đại, thích hợp cho nhiều dạng công trình khác nhau, đặc biệt là những công trình cao tầng, chịu tải trọng lớn. Cho phép tận dụng tối đa khả năng chịu lực của cọc. Tải trọng công trình không những chia cho cọc mà còn chia cho cả bè.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Katzenbach et al. "Piled Raft Foundation Interaction between Piles and Raft", *Int. Conf. SSL in Urban Civil Eng*, 2000.
- [2] Hemsley, J. A. *Design Applications of Raft Foundations*. Thomas Telford Ltd., London, 2000.
- [3] Randolph. "Design Methods for Pile Groups and Piled Rafts", *XIII ICSMMFE*, New Delhi, India, 1994.
- [4] Phung Duc Long. "Piled Raft - A Cost-Effective Foundation Method for High-Rises". *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, Vol. 41 No.3, 2010
- [5] Ngô Đức Hà. "Nghiên cứu sự làm việc đồng thời của cọc, móng & nền đất dưới đáy móng được gia cố bằng top-base", *Công ty TADITS Viet Nam*, 2020.
- [6] Phan Huy Đồng. "Nghiên cứu sự làm việc đồng thời móng băng, bè cọc và nền đất", *Trường Đại học Xây dựng*, 2020.
- [7] Trần Quang Hộ, Nguyễn Trọng Nghĩa, Nguyễn Đăng Đình Chung, "Hiệu quả kinh tế của móng bè - cọc", *Trường Đại học Bách khoa TP.HCM*, 2007.
- [8] Nguyễn Ngọc Thắng, Nguyễn Trường Hải. "Nghiên cứu sự phân bố tải trọng trong quá trình làm việc của móng bè cọc", *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng - Viện Vật liệu xây dựng*, Bộ Xây dựng, số 4, trang 67-72, 2021.
- [9] Poulos & Davis. *Pile Foundation Analysis and Design*; New York, John Wiley, 1980.
- [10] Randolph. "Design Methods for Pile Groups and Piled Rafts", *XIII ICSMMFE*, New Delhi, India, 1994
- [11] Burland, "Assessment of risk of damage to buildings due to tunnelling and excavations", *Invited Special Lecture to IS-Tokyo '95: 1st Int. Conf. on Earthquake Geotechnical Engineering*, 1995.
- [12] H.G. Poulos, "Methods of analysis of piled raft foundations", *Coffey Geosciences Pty. Ltd. & the University of Sydney*, Australia, pp. 3-9, 2001.
- [13] H.G. Poulos, J.C. Small and H. Chow, "Piled Raft Foundations for Tall Buildings". *Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA*, Vol. 42 No.2, 2011.
- [14] Công ty trách nhiệm hữu hạn tư vấn và kiểm định xây dựng Mỹ Tho, *Hồ sơ báo cáo địa chất công trình tại TP Mỹ Tho - tỉnh Tiền Giang*, 2021.
- [15] Bộ Khoa học và Công nghệ, *Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế*, TCVN:10304-2014, Hà Nội, 2014.