

# Độ lún của móng cọc có xét ảnh hưởng của các móng lân cận

## Settlement of pile foundation considering influence of neighboring foundation

> PGS.TS BUI TRƯỜNG SƠN<sup>1</sup>, TS LÂM NGỌC QUI<sup>2</sup>, THS LÊ TIẾN NGHĨA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường ĐH Bách khoa - ĐHQG TP.HCM; E-mail: buitruongson@hcmut.edu.vn

<sup>2</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; E-mail: lamngocqui@mtu.edu.vn

<sup>3</sup>Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; E-mail: letienghia@mtu.edu.vn

### TÓM TẮT

Sử dụng phương pháp móng khối quy ước và mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 3D, bài báo đề cập đến độ lún của móng cọc có xét ảnh hưởng của các móng lân cận. Đối với cọc ma sát có chiều dài lớn hơn 30m trong nền cát, kết quả tính toán theo phương pháp móng khối quy ước cho thấy độ lún của móng cọc có thể tăng đến 44,7% khi chịu ảnh hưởng của các móng lân cận bao quanh trong khi kết quả mô phỏng cho thấy độ lún gia tăng đến 150%. Móng có số cọc như nhau bố trí trong phạm vi 3 lần bề rộng móng có thể gây độ lún bổ sung đáng kể. Kết quả mô phỏng cho thấy phạm vi vùng ảnh hưởng gây lún bổ sung các móng lân cận chủ yếu tập trung ở dọc theo thân cọc và giảm dần theo độ sâu, khác với phương pháp móng khối quy ước xem vùng ảnh hưởng chịu lún chỉ trong phạm vi nền dưới mũi cọc. Kết quả phân tích có thể giúp bổ sung phương pháp dự tính độ lún móng cọc hay bố trí móng cọc phù hợp hơn khi thiết kế.

**Từ khóa:** Độ lún; móng cọc; móng khối quy ước; Plaxis; tương tác nền và móng.

### ABSTRACT

Using conventional block foundation method and simulating with Plaxis 3D software, the paper discusses settlement of pile foundations considering influence of neighboring foundation. For friction piles with length greater than 30 m in sandy ground, the calculation results using conventional block foundation method show that settlement of pile foundation can increase up to 44.7% when influenced by surrounding pile foundation, while the simulation results show an increase in settlement of up to 150%. Having an equal number of piles arranged within a range of 3 times the width of foundation can cause significant additional settlement. The simulation results show that range of additional settlement caused by neighboring pile foundation is mainly concentrated along pile shaft and decreases with depth, unlike conventional block foundation method which considers settlement only within subsoil below pile tip. The analysing results can help supplement methods for predicting pile foundation settlement or determining appropriate pile arrangements in design.

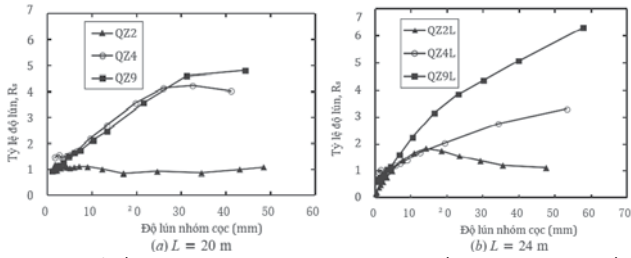
**Keywords:** Settlement; pile foundation; conventional block foundation; Plaxis, soil - foundation interaction.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Skempton và cộng sự (1953), Meyerhof (1959), Vesic (1968), Mandolini và cộng sự (2005) đã thu thập số liệu về độ lún của 63 phương án móng cọc và cọc đơn khác nhau được thi công bằng nhiều phương pháp: đóng, ép, khoan nhồi. Kết quả tổng hợp cho thấy độ lún nhóm cọc luôn bằng hoặc lớn hơn so với cọc đơn. G. Dai và cộng sự (2012) [1] đã tiến hành thí nghiệm nền tính các móng có số lượng cọc trong móng khác nhau (bao gồm 1, 2, 4 và 9 cọc). Cọc bê tông cốt thép có đường kính 400 mm, chiều dài 20 và 24m với khoảng cách 2,5 và 3d (d - đường kính cọc) được hạ vào nền sét nhiều lớp. Kết quả cho thấy độ lún của cọc đơn nhỏ hơn độ lún của nhóm cọc khi chịu cùng tải trọng bằng tải trung bình tác dụng lên từng cọc trong nhóm và hiệu ứng nhóm gây ảnh hưởng bởi khoảng cách cọc lớn hơn so với chiều dài cọc. Nhiều tác giả cho rằng độ lún của nhóm cọc lớn hơn độ lún của cọc đơn khi chịu tải trọng bằng tải trọng trung bình của cọc trong nhóm là do độ sâu ảnh hưởng của nhóm cọc lớn hơn so với độ sâu ảnh hưởng của cọc đơn.

Độ lún của cọc và vùng ảnh hưởng trong nền đất gây ra do biện pháp thi công hay trong quá trình cọc chịu tải cũng được tổng kết bằng thực nghiệm và tính toán [2], [3], [4]. Từ đó, các phương pháp dự tính độ lún móng cọc khác nhau được đề nghị như phương pháp nền tương đương, phương pháp có xét đến ma sát giữa đất và cọc cũng như một số phương pháp khác. Theo TCVN 10304:2012, độ lún của móng cọc được dự tính bằng phương pháp móng khối quy ước. Việc lựa chọn kích thước móng khối quy ước phụ thuộc vào số lượng, chiều dài và khoảng cách cọc bố trí trong móng cũng như đặc trưng cơ lý của đất nền. Trong đa số các dự án xây dựng ở Việt Nam, chiều dài cọc thường được tính toán thiết kế có giá trị lớn nên kích thước móng khối quy ước sẽ lớn tương ứng, có thể gây tác động lên móng lân cận. Hơn nữa, phạm vi vùng ảnh hưởng có thể rộng hơn phạm vi nền đất có cọc và gây ảnh hưởng lên móng lân cận trong phạm vi nền đất xung quanh cọc. Trong các hồ sơ thiết kế, chi tiết cho từng loại móng được tính toán khi xem chúng làm việc độc lập. Trong thực tế, khi các móng cọc được bố trí gần nhau, dưới tác dụng của tải trọng công trình, đất nền xung quanh móng dịch

chuyển đồng thời gây tải trọng tác dụng lên móng lân cận. Do đó, tải trọng tác dụng lên móng lân cận có thể gây lún bổ sung cho móng trong phạm vi ảnh hưởng.



**Hình 1.** Tỷ số giữa độ lún nhóm cọc và cọc đơn  $R_s$ : (a) chiều dài cọc 20 m, (b) chiều dài cọc 24 m (G. Dai, 2012) [1].

**2. ĐỘ LÚN CỦA MÓNG CỌC CÓ XÉT ẢNH HƯỞNG CỦA MÓNG LÂN CẬN**

Do khoảng cách giữa các cọc trong các móng khác nhau đủ lớn nên ảnh hưởng lên khả năng chịu tải không đáng kể và hệ số nhóm cọc thường chỉ được xét trong các cọc của một móng. Trong khi đó, độ lún móng cọc được tính toán cho cả nhóm thông qua nền hay móng khối tương tự. Nhằm phân tích độ lún của móng cọc có xét ảnh hưởng của móng lân cận. Trong bài viết này sử dụng hai phương pháp tính toán độ lún móng cọc: (i) - phương pháp móng khối quy ước nhằm ước lượng phạm vi ảnh hưởng của móng lân cận lên vùng chịu nén lún và độ lún gia tăng, (ii) - phân tích mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 3D nhằm đánh giá độ lún gia tăng và phạm vi ảnh hưởng có thể có trong nền đất xung quanh móng cọc. Việc tính toán phân tích căn cứ dữ liệu thực tế từ dự án chung cư hỗn hợp, khu đô thị sinh thái Nhơn Hội, TP Quy Nhơn tỉnh Bình Định.

Căn cứ hồ sơ khảo sát địa chất công trình và địa chất thủy văn được thực hiện bởi Công ty TNHH H.2, cấu tạo địa chất ở khu vực xây dựng công trình bao gồm:

Lớp 1: Cát thô vừa, màu nâu vàng, chặt vừa - rất chặt, bề dày 38,0 m, trị số N: 12 - 50, trọng lượng riêng  $\gamma = 15,8 \text{ kN/m}^3$ , góc ma sát trong  $\varphi' = 34^\circ$ , module tổng biến dạng  $E_o = 39400 \text{ kN/m}^2$ .

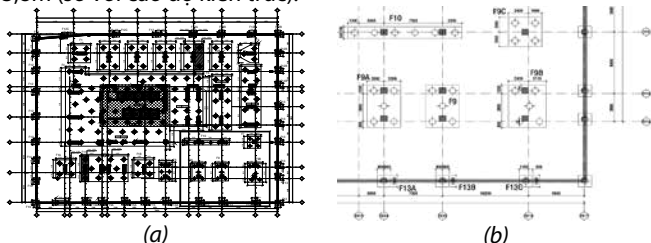
Lớp 2: Á sét, loang lổ xám xanh, nâu vàng, xanh nhạt, xám tro, cứng, bề dày 7,5 m, trị số N: 31 - 50,  $\gamma = 19,9 \text{ kN/m}^3$ ,  $\varphi' = 21^\circ$ ,  $c' = 35 \text{ kN/m}^2$ , cường độ sức kháng nén đơn  $q_u = 168,3 \text{ kN/m}^2$ , module tổng biến dạng  $E_o = 21800 \text{ kN/m}^2$ .

Lớp 3: Sét, màu xám xanh, xanh nhạt, xám tro, nâu vàng, cứng - rất cứng, bề dày 10,5 m, trị số N: 33-50,  $\gamma = 19,9 \text{ kN/m}^3$ ,  $\varphi' = 20,5^\circ$ ,  $c' = 46 \text{ kN/m}^2$ , cường độ sức kháng nén đơn  $q_u = 382,5 \text{ kN/m}^2$ , module tổng biến dạng  $E_o = 24500 \text{ kN/m}^2$ .

Lớp 4: Á cát, màu nâu vàng, chặt - rất chặt, bề dày 5,1 m, trị số N: 39-50.

Lớp 5: Sét, màu xám xanh, nâu vàng, xám vàng, lẫn xanh nhạt, rất cứng, bề dày 9,4 m, trị số N > 50.

Mức nước ngầm đo trong giếng quan trắc tại thời điểm khảo sát ổn định ở cao độ + 3,0 m (so với cao độ VN 2000) ứng với độ sâu 13,8m (so với cao độ kiến trúc).



**Hình 2.** Sơ đồ mặt bằng móng công trình (a) và phạm vi khu vực khảo sát chi tiết các móng (b)

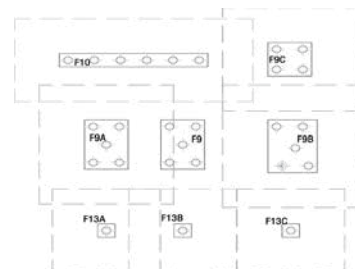
Căn cứ cấu tạo địa chất và tải trọng công trình, cọc khoan nhồi đường kính 800mm, chiều dài 30,4m (đầu cọc ở độ sâu 6,5m và mũi cọc ở độ sâu 36,9m), khoảng cách giữa các cọc trong móng 3d (tương ứng là 2,4m) được thi công đại trà cho các móng khác nhau. Sơ đồ mặt bằng móng và chi tiết phạm vi phân tích đánh giá ảnh hưởng của các móng lân cận lên độ lún móng cọc thể hiện như ở Hình 3. Việc phân tích tập trung vào độ lún của móng F9 được bao quanh bởi các móng khác nhau.

**2.1. Độ lún của móng F9 có xét ảnh hưởng của các móng lân cận theo phương pháp móng khối ước**

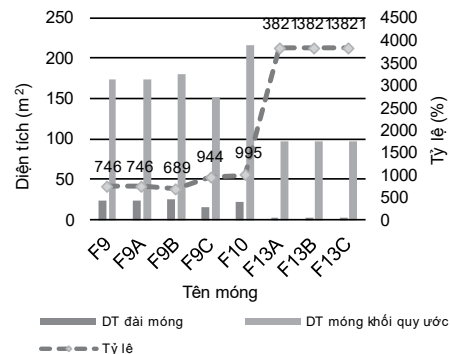
Căn cứ cách bố trí cọc trong móng và đặc trưng cơ lý của đất xung quanh cọc, xác định kích thước móng khối quy ước ở mặt phẳng ngang mũi cọc, chi tiết kích thước móng và mặt bằng móng khối quy ước thể hiện như ở Bảng 1 và Hình 3. Kết quả cho thấy diện tích móng khối quy ước lớn hơn nhiều lần so với diện tích của đài móng (Hình 4). Diện tích móng khối quy ước phụ thuộc chủ yếu vào chiều dài cọc cũng như đặc trưng độ bền của đất xung quanh cọc. Sơ đồ diện tích móng khối quy ước ở Hình 3 cho thấy hầu như diện tích móng khối quy ước lân cận phân bố rộng khắp và giao với diện tích móng khối quy ước móng F9. Ứng suất gây lún tác dụng lên diện tích này gây lún bổ sung móng F9.

**Bảng 1.** Chi tiết tải trọng và kích thước các móng

Móng cọc	Tải trọng tiêu chuẩn $N^t$ (kN)	Đài móng			Móng khối quy ước		
		Dài (m)	Rộng (m)	Diện tích (m <sup>2</sup> )	Dài (m)	Rộng (m)	Diện tích (m <sup>2</sup> )
F9	18413	5,8	4	23,2	14,09	12,29	173,2
F9A	17625	5,8	4	23,2	14,09	12,29	173,2
F9B	17840	5,8	4,5	26,2	14,09	12,8	180,4
F9C	12166	4	4	16,0	12,29	12,3	151,0
F10	23372	13,6	1,6	21,8	21,89	9,9	216,5
F13A	3505	1,6	1,6	2,6	9,89	9,9	97,8
F13B	3501	1,6	1,6	2,6	9,89	9,9	97,8
F13C	3845	1,6	1,6	2,6	9,89	9,9	97,8



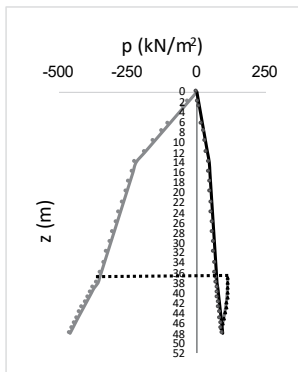
**Hình 3.** Sơ đồ diện tích móng khối quy ước các móng xung quanh móng F9



**Hình 4.** Diện tích đài móng và móng khối quy ước các móng

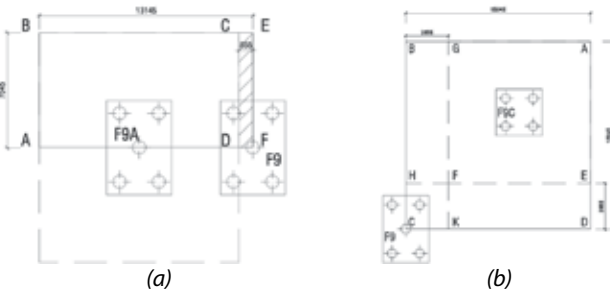
Độ lún móng cọc được dự tính theo phương pháp tổng độ lún các lớp phân tố. Hình 5 thể hiện kết quả tính toán phạm vi vùng chịu

nén lún dưới mũi cọc ở độ sâu ứng suất gây lún bằng 0,2 ứng suất do trọng lượng bản thân đất nền. Ở đây, bề dày lớp đất chịu nén lún móng khối quy ước F9:  $h_0 = 11,0m$  nên lớp đất chịu lún bao gồm một phần ở Lớp 1, một phần ở Lớp 2 và Lớp 3. Bề dày các lớp phân tổ được chọn là 1,0m. Độ lún móng F9 khi được tính riêng rẽ có giá trị  $S = 28,6mm$ .



**Hình 5.** Phân bố ứng suất theo độ sâu theo móng khối quy ước móng F9

Theo sơ đồ bố trí móng, móng F9 được bao quanh bởi 7 móng có khả năng ảnh hưởng lên độ lún móng này. Nền đất dưới móng khối quy ước F9 chịu tác dụng ứng suất gây lún của các móng lân cận nên gây lún bổ sung. Sử dụng phương pháp điểm góc để đánh giá ứng suất gây lún của các móng lân cận lên móng F9. Hình 6 thể hiện sơ đồ tính toán ứng suất gây lún bổ sung từ móng lân cận F9A và F9C lên móng F9. Chính ứng suất bổ sung này gây độ lún bổ sung móng F9. Theo sơ đồ Hình 6, ứng suất gây lún của móng F9A tác dụng tại tâm móng F9 bằng 2 lần hiệu số ứng suất tại góc trên diện tích ABEF và CDEF (Hình 6a) còn ứng suất gây lún của móng F9C sẽ là hiệu số ứng suất tại góc trên diện tích (CDAB + CKFH) và (CBGK + CHED) (Hình 6b). Các trường hợp khác cũng được tính toán tương tự.



**Hình 6.** Sơ đồ tính toán ứng suất gây lún tại tâm móng F9 do tải trọng từ móng F9A (a) và móng F9C (b)

Xem bề dày lớp đất chịu lún trong nền dưới móng F9 không đổi  $h_0 = 11,0m$ , độ lún bổ sung của móng F9 do ảnh hưởng bởi các móng lân cận được tính toán và tổng hợp ở biểu đồ Hình 12. Kết quả tính toán cho thấy ứng suất gây lún từ móng F9A gây độ lún bổ sung móng F9 đến 6,7mm, chiếm 23% giá trị độ lún móng F9. Độ lún bổ sung do tác động của các móng lân cận khác ít hơn, chỉ từ 1 đến 10% so với độ lún của riêng móng F9. Giá trị độ lún của móng F9 dự tính riêng rẽ: 28,6mm, tổng độ lún do ảnh hưởng của các móng lân cận: 12,8mm, khi đó độ lún của móng F9 có xét ảnh hưởng các móng lân cận sẽ đạt giá trị 41,4mm.

**2.2. Mô phỏng phân tích độ lún móng cọc có xét ảnh hưởng của móng cọc kế cận bằng phần mềm Plaxis 3D**

Việc mô phỏng bằng phần mềm trên cơ sở phương pháp phần tử hữu hạn cho phép mô tả và phân tích phạm vi và mức độ ảnh hưởng của các móng lân cận trực quan hơn. Sử dụng phần mềm Plaxis 3D với các đặc trưng cơ lý đất nền từ hồ sơ khảo sát, mô hình

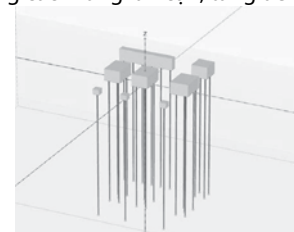
mô phỏng đánh giá độ lún móng cọc có xét ảnh hưởng của các móng lân cận được thiết lập như Hình 7. Ở đây, cọc và bản móng được mô phỏng bằng vật liệu đàn hồi, tải trọng tác dụng lên các móng được xem như phân bố đều do tải trọng tiêu chuẩn tác dụng lên bản móng và đất nền ứng xử thoát nước. Sau khi thiết lập mô hình, việc mô phỏng bắt đầu từ việc gán tải trọng tác dụng lên móng F9, sau đó lần lượt gán tải từng móng lân cận để đánh giá mức độ ảnh hưởng của các móng.

Hình 8 thể hiện độ lún móng F9 khi chịu tải riêng rẽ và Hình 9 thể hiện độ lún khi móng F9 và F9A đồng thời chịu tải. Kết quả mô phỏng cho thấy độ lún ở đáy móng lớn hơn so với độ lún ở dưới mũi cọc (Hình 8), độ lún của dưới đáy móng F9 có giá trị 21,0mm trong khi độ lún dưới mũi cọc chỉ 15,4mm. Độ lún dưới đáy móng lớn hơn là do biến dạng của vật liệu cọc dọc theo thân cọc gây bởi tải trọng công trình. Cả hai giá trị này đều nhỏ hơn so với kết quả tính toán bằng phương pháp móng khối quy ước là 28,6mm do sự huy động sức kháng của đất nền dưới bản móng và dọc theo thân cọc nên ứng suất giảm dần theo độ sâu và cho kết quả độ lún khác biệt. Trong phân tích mô phỏng, giá trị độ lún dưới đáy móng được sử dụng để phân tích đánh giá.

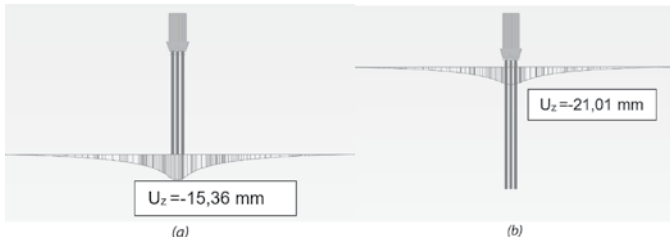
Kết quả ở Hình 9 cho thấy do ảnh hưởng của móng F9A, độ lún móng F9 tăng từ 21,0 mm lên 31,0 mm. Độ lún của móng F9 tăng đến 46% chỉ do ảnh hưởng của 1 móng kế cận. Nếu xét ảnh hưởng lẫn nhau, móng F9A cũng chịu ảnh hưởng bởi móng F9 và độ lún của hai móng F9 và F9A xấp xỉ nhau nên không gây lún lệch đáng kể. Khi cả hai móng chịu tải đồng thời, phạm vi đất nền ảnh hưởng do độ lún hai móng gây nên cũng mở rộng hơn. Ngoài ra, độ lún không chỉ xảy ra trong phạm vi móng mà còn mở rộng ra xung quanh móng khối quy ước với khoảng cách xấp xỉ 3 lần bề rộng móng.

Biểu đồ Hình 12 tổng kết giá trị độ lún của móng F9 do ảnh hưởng của các móng lân cận. So với kết quả tính toán bằng giải tích theo phương pháp móng khối quy ước, độ lún của móng F9 do ảnh hưởng của các móng lân cận từ kết quả mô phỏng có sự khác biệt. Xét tổng thể, mức độ ảnh hưởng có quy luật tương tự, tức là móng bố trí gần với móng F9 hơn thì gây ảnh hưởng với mức độ lớn hơn. Về giá trị tỷ lệ, độ lún bổ sung do ảnh hưởng của các móng lân cận từ kết quả mô phỏng có giá trị lớn hơn so với kết quả tính toán bằng phương pháp móng khối quy ước. Ở đây, độ lún móng F9 có giá trị 21,0mm khi chịu tải riêng rẽ sẽ gia tăng thêm 9,8mm và 7,8mm khi các móng lân cận F9A và F9B chịu tải đồng thời, tương ứng chiếm 46% và 37% so với độ lún của riêng móng F9.

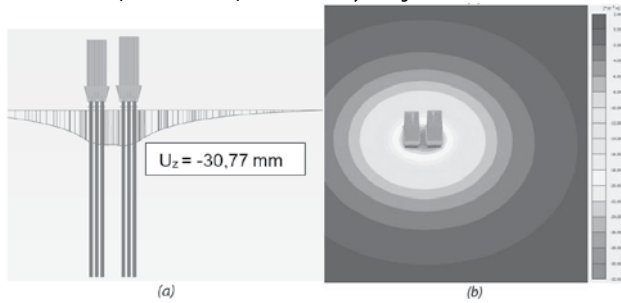
Hai phương pháp dự tính độ lún căn cứ cơ sở khác nhau nên cho kết quả khác nhau. Phương pháp móng khối quy ước xét vùng ảnh hưởng trong vùng nền dưới mũi cọc. Trong khi đó, việc mô phỏng bằng phần mềm cho phép xét đến biến dạng của đất dưới mũi cọc, biến dạng vật liệu cọc, ma sát giữa đất và cọc (có xu hướng làm giảm độ lún) và hàng loạt các yếu tố khác. Tổng hợp kết quả tính toán và mô phỏng cho thấy khi xét ảnh hưởng của các móng lân cận theo phương pháp móng khối quy ước, độ lún móng F9 tăng từ 28,6mm lên 41,0mm, tăng 44,7% còn theo kết quả mô phỏng bằng Plaxis 3D, độ lún móng F9 từ 21,0mm khi làm việc độc lập tăng lên 52,5mm khi chịu ảnh hưởng các móng lân cận, tăng đến 150%.



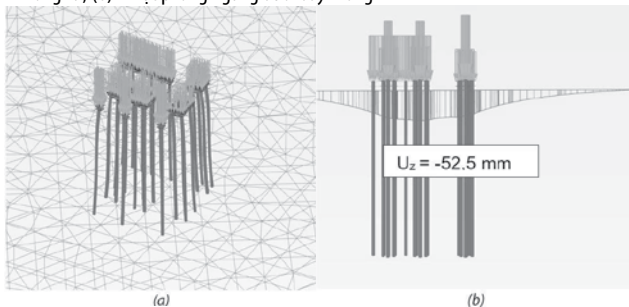
**Hình 7.** Mô hình mô phỏng 3D nhóm móng cọc



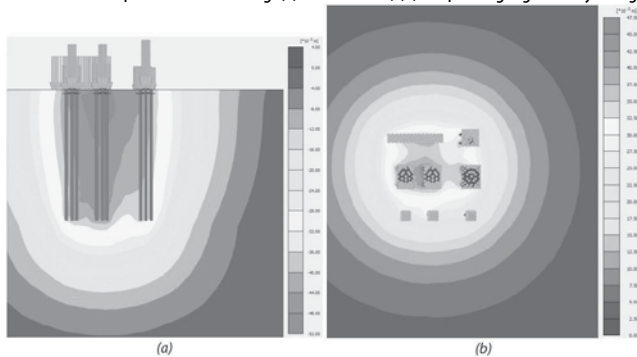
**Hình 8.** Độ lún dưới mũi cọc (a) và dưới đáy móng F9 (b)



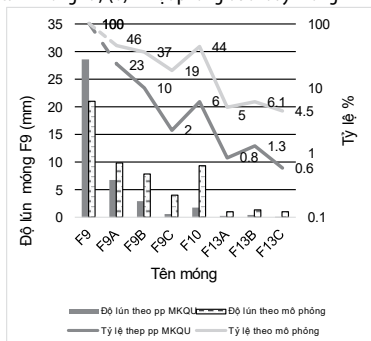
**Hình 9.** Độ lún dưới đáy đài móng F9 và F9A: (a) - mặt cắt theo phương đứng đi qua tâm móng F9, (b) - mặt phẳng ngang dưới đáy móng



**Hình 10.** Độ lún của nhóm móng: (a) - mô hình 3D, (b) - mặt cắt ngang dưới đáy móng



**Hình 11.** Tổng chuyển vị theo phương đứng của nhóm móng: (a) - mặt cắt đứng theo phương ngang qua tâm móng F9, (b) - mặt phẳng dưới đáy móng



**Hình 12.** Độ lún của móng F9 do ảnh hưởng của các móng lân cận theo phương pháp móng khối quy ước (pp MKQU) và mô phỏng bằng Plaxis 3D

### 3. NHẬN XÉT KẾT LUẬN

Từ kết quả tính toán phân tích độ lún của móng cọc có xét đến ảnh hưởng của móng lân cận bằng phương pháp móng khối quy ước và mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 3D, có thể nhận thấy rằng:

- Đối với cọc ma sát có chiều dài lớn hơn 30m trong nền đất rời, diện tích móng khối ước ngang mũi cọc lớn hơn đáng kể so với diện tích đài móng, gây ảnh hưởng lên độ lún của móng kế cận. Kết quả tính toán bằng giải tích theo phương pháp móng khối quy ước và mô phỏng bằng phần mềm đều cho thấy các móng kế cận bao quanh đều gây ảnh hưởng lên móng ở giữa với mức độ khác nhau. Mức độ gia tăng độ lún đáng kể được ghi nhận do ảnh hưởng các móng trong phạm vi nhỏ hơn 3 lần bề rộng móng.

- Kết quả tính toán phân tích cụm móng cọc của công trình thuộc dự án khu đô thị sinh thái Nhơn Hội theo phương pháp móng khối quy ước cho thấy độ lún móng cọc F9 tăng từ 28,6 mm lên 41,4mm khi chịu ảnh hưởng từ tải trọng các móng lân cận bao quanh, tăng 44,7%. Trong đó, ảnh hưởng từ móng F9A có tâm cách 2 lần chiều rộng móng gây tăng thêm 6,7mm, chiếm đến 23%.

- Kết quả mô phỏng cho thấy độ lún của móng cọc F9 tăng từ 21,0mm lên đến 52,5mm khi chịu ảnh hưởng từ tải trọng các móng lân cận bao quanh, tăng 150%. Các móng có số cọc như nhau bố trí trong phạm vi 3 lần bề rộng móng có thể gây độ lún bổ sung từ 37 đến 46% (Móng F9A, F9B và F10). Ngoài ra, khi các móng chịu tải đồng thời, phạm vi nền đất chịu ảnh hưởng mở rộng đáng kể so với phạm vi bố trí các móng, gây ảnh hưởng lẫn nhau và gia tăng độ lún các móng. Ở đây cũng cần lưu ý thêm rằng bài toán sử dụng làm ví dụ phân tích cụ thể đặc trưng cho móng nhà cao tầng. Việc bố trí móng cọc khác nhau sẽ cho kết quả mức độ ảnh hưởng khác nhau phụ thuộc vào chiều dài, số lượng cọc, khoảng cách các móng, cấu tạo địa chất, tải trọng tác dụng và một số yếu tố khác.

- Kết quả mô phỏng cho thấy phạm vi vùng ảnh hưởng gây lún bổ sung các móng lân cận chủ yếu tập trung ở dọc theo thân cọc và giảm dần theo độ sâu, khác với vùng ảnh hưởng chịu lún chỉ trong phạm vi nền dưới mũi cọc theo phương pháp móng khối quy ước. Khi chịu tải trọng, phạm vi vùng ảnh hưởng bao gồm dưới đáy móng đến độ sâu dưới mũi cọc nên mức độ ảnh hưởng lên độ lún của móng lớn hơn so với kết quả tính toán xét vùng ảnh hưởng là vùng nền dưới mũi cọc.

Như vậy, trong tính toán phân tích móng cọc nhất thiết phải xét đến ảnh hưởng của khu vực lân cận. Thực tế trong các hồ sơ thiết kế, việc tính toán độ lún thực hiện dựa trên giả thiết móng làm việc độc lập. Khi độ lún của một móng có giá trị lớn xấp xỉ giới hạn, nếu xét ảnh hưởng của móng lân cận thì độ lún có thể vượt quá giới hạn cho phép.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. G. Dai, R. Salgado, W. Gong and Y. Zhang. Load tests on full scale bored pile group. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 49, N<sup>o</sup>. 11, pp. 1293-1308, 2012.
2. A.A. Бартоломей, И.М. Омельчак, Б.С. Юшков (1994). Прогноз осадок свайных фундаментов. Москва. Стройиздат.
3. Poulos H.G, Davis E. H (1980). Pile Foundation Analysis and Design. Wiley Series in Geotechnical Engineering, Wiley.
4. H.G. Poulos (2007). Pile Group Settlement Estimation - Research to Practice.
5. TCVN 10304:2014 - Móng cọc - Tiêu chuẩn thiết kế.
6. Shamsher Prakash - Hari D. Sharma (1999). Móng cọc trong thực tế xây dựng (bản dịch). NXB Xây dựng.
7. Vesic A. Experiments with instrumented pile groups in sand. Performance of deep foundations. ASTM international, pp. 177-22, 1969.
8. Van Impe W. F. Deformations of deep foundations. General Report. Proceedings of the 10<sup>th</sup> European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering Florence, pp. 1031-1062, 1991.
9. Viggiani C., Mandolini A. & Russo G (2012). Piles and Pile Foundation, CRC Press.