

MÔ HÌNH SỐ BÀI TOÁN PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH CỐ KẾT NỀN DO HẠ CỌC ĐÚC SẴN ĐẾN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC

Hoàng Thị Lua¹

Tóm tắt: Thời gian gần đây, với sự phát triển của công nghệ thi công, cọc đúc sẵn trở thành xu hướng được sử dụng đại trà, do đó độ chính xác trong tính sức chịu tải của cọc cũng được đặt ra. Khi hạ cọc vào nền, thể tích cọc chiếm chỗ và đẩy đất ra phía xung quanh khiến trạng thái ứng suất tổng và biến dạng của một phạm vi đất xung quanh vỏ cọc bị thay đổi. Trong nền đất dính bão hòa, ứng suất tăng thêm thời điểm đầu truyền vào nước lỗ rỗng của đất, được gọi là ứng suất không hiệu quả hay còn gọi là ứng suất trung hòa, ứng suất này sau đó tiêu tan dần theo thời gian và chuyển sang ứng suất hiệu quả. Khi ứng suất đất xung quanh cọc bị thay đổi thì sức chịu tải của cọc cũng thay đổi theo. Do đó, bài báo này nghiên cứu về sự biến đổi sức chịu tải của cọc đúc sẵn hạ trong đất dính bão hòa, xem xét đến ảnh hưởng của quá trình cố kết nền do việc hạ cọc gây ra, sử dụng mô hình số. Kết quả nghiên cứu cho thấy sức chịu tải của cọc tăng lên đáng kể sau quá trình cố kết nền do hạ cọc.

Từ khóa: Cố kết nền, khả năng chịu tải của cọc, cọc đúc sẵn, mô hình số.

1. GIỚI THIỆU

Cọc đúc sẵn đã được sử dụng từ lâu trong lĩnh vực xây dựng ở nhiều quốc gia trên toàn thế giới. Vì vậy việc tính toán sức chịu tải của cọc đúc sẵn cũng đã bắt đầu được nghiên cứu từ nhiều năm trước. Để hạ cọc đúc sẵn vào nền, có nhiều phương pháp tùy theo điều kiện địa chất, thiết bị thi công, tuy nhiên hạ cọc bằng phương pháp ép và đóng là hai lựa chọn phổ biến nhất. Đặc biệt phải kể tới phương pháp ép cọc do có nhiều ưu điểm vượt trội như hạn chế chất thải thi công, hạn chế ô nhiễm môi trường về tiếng ồn, năng suất cao và cọc đạt được sức chịu tải tốt. Với cọc đóng hoặc ép, khi hạ cọc vào nền, thể tích cọc chiếm chỗ và đẩy đất ra phía xung quanh khiến trạng thái ứng suất, biến dạng của một phạm vi đất xung quanh vỏ cọc bị thay đổi. Trong nền đất dính bão hòa, phần ứng suất tăng thêm ở thời điểm đầu cơ bản truyền vào nước lỗ rỗng (được gọi là ứng suất không hiệu quả hay

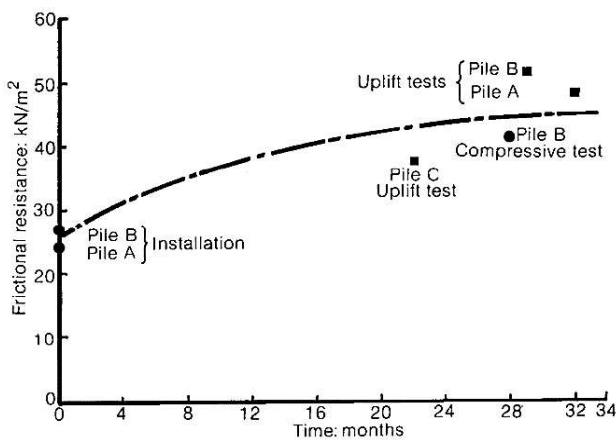
còn gọi là ứng suất trung hòa). Ứng suất trung hòa tăng thêm này thoát đầu làm giảm bớt ma sát quanh thân cọc, sau đó tiêu tan dần theo thời gian và chuyển thành ứng suất hiệu quả, quá trình này chính là hiện tượng cố kết nền do việc hạ cọc gây ra. Sự thay đổi ứng suất hiệu quả dần theo thời gian do quá trình cố kết đề cập trên sẽ ảnh hưởng đáng kể đến sức chịu tải của cọc. Khi thực hiện thí nghiệm thử tải cọc đóng hoặc ép ngoài hiện trường theo thời gian, ảnh hưởng của hiện tượng cố kết trên đã được ghi nhận và báo cáo bởi một số nhà khoa học.

Cooke và cộng sự (1979) đã thực hiện thí nghiệm hiện trường ép ba cọc trong nền đất sét Luân Đôn để nghiên cứu sức chịu tải của cọc, có xét đến các yếu tố như độ sâu hạ cọc, sức chịu tải của cọc theo thời gian, ảnh hưởng của quá trình hạ cọc đến hiện tượng lún, ép trôi đất xung quanh cọc và sự phát triển mô-đun chống cắt của đất bao quanh cọc. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, sức chịu tải của cọc đã tăng dần theo thời gian sau khi hạ cọc, quá trình tăng

¹Trường Đại học Thủy lợi

nhau trong tám tháng đầu sau khi hạ cọc (tăng gần 1.5 lần) và tăng tiếp tục kéo dài với tốc độ tăng chậm lại dần trong suốt hai mươi sáu tháng đo đạc tiếp sau đó (Hình 1.1).

Kenneth và David (2005) đã thực hiện đo đạc sự phát triển của ứng suất trong đất xung quanh vỏ cọc đối với cọc đóng trong cả nền sét và cát do quá trình hạ cọc gây ra. Kết quả cho thấy ứng suất tổng theo phương bán kính hướng trục cọc đã tăng lên so với trạng thái ban đầu khi chưa có cọc và độ tăng cũng lớn dần theo chiều sâu hạ cọc. Tương tự, kết quả đo đạc áp lực nước lỗ rỗng tăng thêm cũng tăng lên và độ tăng lớn dần theo chiều sâu. Độ tăng áp lực nước lỗ rỗng chiếm phần lớn trong độ tăng tổng ứng suất tại thời điểm đo đạc.



Hình 1. Sức kháng ma sát của cọc theo thời gian (Cooke và cộng sự 1979)

Trong một số nghiên cứu của các tác giả như Bullock và cộng sự (2005), Konrad và cộng sự (1987), qua thí nghiệm thử tải hiện trường của cọc đóng trong sét ở các địa điểm khác nhau đã cho điểm chung là sức kháng ma sát thành bên của cọc tăng lên đáng kể sau một thời gian hạ cọc. Từ đó các nhà nghiên cứu cũng đưa ra giải thích về sự tăng ma sát là do quá trình hồi phục của đất ở khu vực bị xáo trộn xung quanh cọc do quá trình hạ cọc gây ra với thuật ngữ “side shear set-up”.

Mặc dù hiện tượng sức chịu tải của cọc biến chuyển theo thời gian sau khi hạ cọc đã được ghi nhận qua các thí nghiệm, việc tính toán sức chịu tải của cọc xét đến sự ảnh hưởng của quá trình cố kết nền vẫn còn rất hạn chế. Một trong những lý do cần phải kể đến là, hầu hết các công thức tính toán giải tích hiện tại sử dụng các chỉ tiêu cơ lý của đất nền ở trạng thái ban đầu khi chưa có cọc hoặc khi vừa hạ cọc, chưa xét đến quá trình cố kết nền do hạ cọc để đánh giá sức chịu tải của cọc. Tuy nhiên, quá trình cố kết do hạ cọc đúc sẵn lại gây ra sự thay đổi các chỉ tiêu cơ lý ở một phạm vi đất xung quanh cọc so với ban đầu. Vì vậy, bài báo này nghiên cứu cách tính toán sức chịu tải của cọc đúc sẵn (hạ theo phương pháp đóng/ ép) khi có xét đến ảnh hưởng của quá trình cố kết nền nói trên. Trong nghiên cứu này, phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng, khai thác phần mềm Plaxis 3D – một phần mềm thương mại được sử dụng rộng rãi ở Việt Nam cũng như ở nhiều quốc gia khác.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Giới thiệu phương pháp

Để nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình cố kết nền do hạ cọc, tác giả sử dụng chương trình phần mềm phần tử hữu hạn Plaxis để mô phỏng: i) tác động của quá trình hạ cọc lên đất nền, tức mô phỏng sự thay đổi ứng suất, biến dạng của đất ở xung quanh và ở mũi cọc do hạ cọc gây ra; ii) quá trình cố kết của đất nền theo thời gian do sự thay đổi ứng suất nói trên gây ra; iii) quá trình nén tĩnh tải cọc, phân tích kết quả và đánh giá sự biến đổi sức chịu tải của cọc theo thời gian. Chương trình Plaxis 3D thuộc sở hữu của tập đoàn Bentley – Mỹ, phiên bản Ultimate 2022 được khai thác để đem lại hiệu quả tối ưu trong nghiên cứu này.

2.2 Mô hình đất

Đất sử dụng trong nghiên cứu là một loại Á sét quá cố kết với áp lực tiền cố kết là 100 kPa. Bảng 1 nêu các tính chất vật lý của đất nghiên cứu (Hoàng Thị Lua, 2021).

Bảng 1. Tính chất vật lý của đất nghiên cứu

Chỉ tiêu	Giá trị
Khối lượng đơn vị thể tích hạt, ρ_s (Mg/m ³)	2.653
Khối lượng đơn vị thể tích bão hòa, ρ_{sat} (Mg /m ³)	1.98
Độ ẩm giới hạn dẻo, PL (%)	13.6
Độ ẩm giới hạn chảy, LL (%)	33.9
Chỉ số dẻo, PI (%)	20.3
Độ ẩm tự nhiên, w (%)	26.2
Hệ số rỗng, e	0.703

Mô hình đất: các mô hình vật liệu cung cấp bởi Plaxis có khả năng mô phỏng tính ép co của đất dính bao gồm: "Cam-Clay", "Soft Soil", "Soft Soil Creep (SSC)", "Hardening Soil" và "Sekiguchi-Ohta". Tuy nhiên, để mô phỏng được ứng xử theo thời gian cho sét quá cô kết thì SSC là mô hình phù hợp nên được chọn trong nghiên cứu này. Chi tiết về mô hình SSC được trình bày trong hướng dẫn sử dụng mô hình vật liệu của Plaxis (PLAXIS 3D 2018, Material Models Manual). Một số đặc trưng cơ bản của mô hình:

- Độ cứng của đất phụ thuộc theo ứng suất,
- Phân biệt giữa các giai đoạn tăng tải nén lần đầu, giảm tải và tăng lại tải,
- Xét đến nén thứ cấp (biến dạng kéo dài theo thời gian),
- Xét ảnh hưởng của áp lực tiền cô kết,
- Ứng xử bền tuân theo tiêu chuẩn Mohr-Coulomb.

Các thông số cho mô hình SSC cũng như nguồn gốc các thông số được liệt kê ở bảng 2 (Hoàng Thị Lụa, 2021).

Bảng 2. Các thông số đầu vào cho mô hình đất SSC

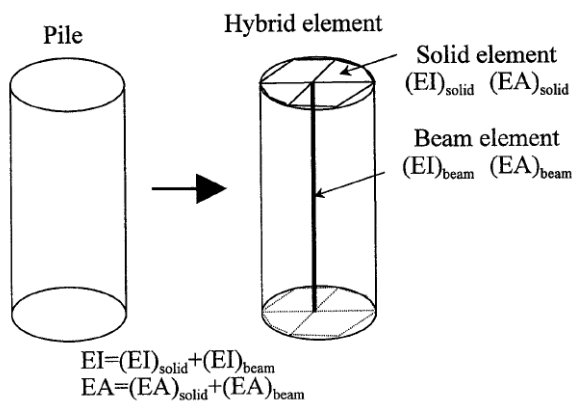
Thông số đất	Giá trị
Chỉ số nén, C_c (từ TN oedometer)	0.291
Chỉ số nở, C_s (từ TN oedometer)	0.055
Chỉ số nén thứ cấp, C_α (từ TN oedometer)	0.00125
Lực dính hiệu quả, c' (dự đoán từ mô phỏng TN CU)	0.005 N/mm ²
Góc ma sát trong, ϕ' (từ TN CU)	34.8°
Hệ số Poisson, ν_{ur} (giả thiết)	0.17
Áp lực tiền cô kết, POP	0.1 N/mm ²
Hệ số rỗng ban đầu, e_0	0.703
Hệ số thấm, k (TN oedometer)	0.00038 mm/min

Thông số đất	Giá trị
Chỉ số thấm, c_k (TN oedometer)	0.425
Trọng lượng đơn vị thể tích tự nhiên, γ_{unsat}	0.000019 N/mm ³
Trọng lượng đơn vị thể tích bão hòa, γ_{sat}	0.0000197 N/mm ³
Trọng lượng đơn vị thể tích của nước, γ_w	0.00001 N/mm ³

Các thông số đất trong bảng 2 đã được kiểm nghiệm thông qua mô phỏng thí nghiệm nén 3 trục cố kết không thoát nước CU và thí nghiệm nén cố kết Oedometer và cho kết quả phù hợp (Hoàng Thị Lua, 2021).

2.3 Mô hình cọc và lưới PTHH

Để mô phỏng cọc, mô hình "hybrid model" (Hình 2) (Kimura and Zhang, 2000) được sử dụng. Cọc gồm một dầm được bao quanh là các phần tử thể tích với kích thước bằng với kích thước cọc. Để mô phỏng ứng xử của cọc, mô hình vật liệu đàn hồi tuyến tính (linear elastic material model) được gán cho các phần tử thể tích cọc.



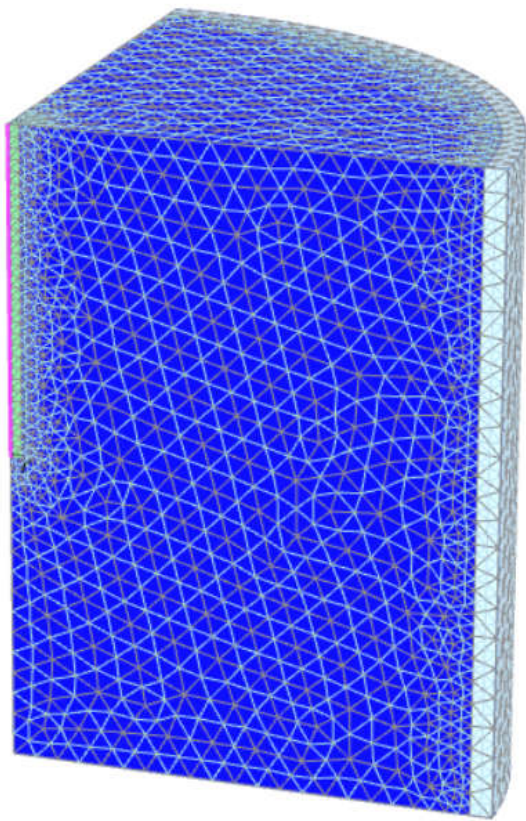
Hình 2. Mô hình cọc kết hợp phần tử thể tích và phần tử dầm "hybrid model"

Các thông số tính chất vật liệu cọc lấy theo cọc thí nghiệm (Hoang and Matsumoto, 2020) với đường kính 10 mm, chiều dài 150 mm, trọng lượng riêng 11.69×10^{-5} N/mm³ mô-đun đàn hồi 2920 N/mm² và hệ số Poisson 0.406. Khi mô phỏng với mô hình cọc Hybrid, dầm sẽ chiếm phần lớn độ cứng và trọng lượng của toàn cọc (trong nghiên cứu này, dầm mang 90%) và phần tử bao quanh chiếm phần còn lại (10% trọng lượng đơn vị và mô-đun biến dạng) của cọc thí nghiệm, hệ số Poisson chỉ áp dụng cho phần tử thể tích bao quanh cọc. Cần lưu ý rằng, tuy chỉ chiếm 10% mô-đun biến dạng của cọc nhưng độ cứng của các phần tử thể tích bao quanh cọc này vẫn lớn hơn nhiều so với độ cứng của đất bao xung quanh cọc. Bảng 3 thể hiện các thông số cho mô hình cọc.

Mô hình của toàn bộ hệ cọc – nền sẽ được lấy bằng kích thước của mô hình thí nghiệm vật lý (Hoàng Thị Lua, 2021). Tuy nhiên, chỉ một phần tử mô hình vật lý được xây dựng trên lưới phần tử hữu hạn, lợi dụng tính chất đối xứng của mô hình để giảm bớt thời gian tính toán. Hình 3 thể hiện mô hình phần tử hữu hạn cho bài toán.

Bảng 3. Các thông số đầu vào cho mô hình cọc

Mô tả	Dầm	Phần tử thể tích bao quanh dầm
Mô hình vật liệu		linear elastic
Trọng lượng đơn vị thể tích, γ (N/mm ³)	10.52×10^{-6}	1.169×10^{-6}
Mô-đun biến dạng, E (N/mm ²)	2628	292
Hệ số poisson's, ν	-	0.406



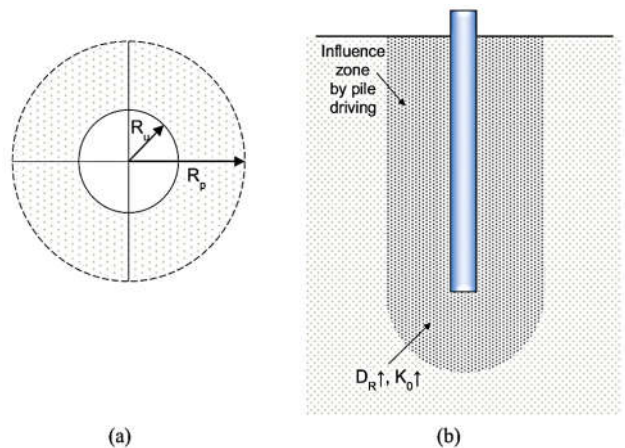
Hình 3. Mô hình phần tử hữu hạn của bài toán

2.4 Mô phỏng hiệu ứng hạ cọc

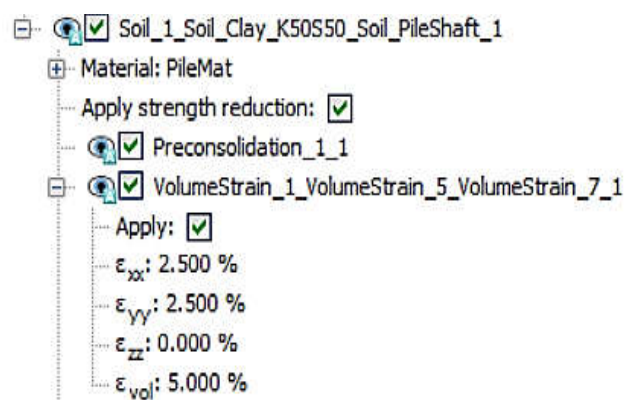
Như đã trình bày ở phần giới thiệu, khi ép cọc vào nền, thể tích cọc chiếm chỗ khiến một vùng đất xung quanh cọc sẽ bị nén ép và thay đổi trạng thái ứng suất, biến dạng (Hình 4). Việc mô phỏng hiệu ứng hạ cọc đóng vai trò rất quan trọng trong việc xét ảnh hưởng của quá trình cố kết do hạ cọc gây ra. Để mô phỏng ảnh hưởng của quá trình ép cọc lên đất xung quanh cọc, phương pháp sử dụng trong nghiên cứu này là phương pháp cưỡng bức mở rộng hồ đất cọc (cavity expansion). Phương pháp này được giới thiệu bởi Broere và van Tol (2006) khi nghiên cứu cọc ép trong cát khô, và sau đó cũng được một số nhà khoa học sử dụng để tính toán cọc đúc sẵn – sử dụng hàm tính giải tích.

Trong nghiên cứu này, phương pháp được thực hiện bằng cách áp dụng biến dạng nở thể tích (volumetric strains) cho các phần tử thể tích cọc. Khi các phần tử thể tích cọc nở ra sẽ gây

ứng suất nén lên các phần tử đất xung quanh cọc. Ứng suất nén này tiếp tục lan truyền tới các phần tử đất khác tiếp xúc với nó. Như vậy một vùng đất xung quanh cọc sẽ bị "nén" ở giai đoạn này – giai đoạn trước khi tăng tải nén tĩnh lên đầu cọc, tạo hiện tượng tương tự như hiện tượng đất bị nén ép ra xung quanh cọc khi ép cọc vào nền. Ở phía mũi cọc, một chuyển vị nhỏ tương đương $0.1D$ (D : đường kính cọc) theo phương đứng hướng xuống cũng được gán để mô phỏng áp lực nén của mũi cọc lên đất khi hạ cọc. Biến dạng nở $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ được gán đẳng hướng cho toàn bộ phần tử thể tích của cọc (Hình 5). Các giá trị $\varepsilon_x = \varepsilon_y$ tăng dần được giả sử khi tính toán để tìm ra giá trị phù hợp với loại đất nghiên cứu.



Hình 4. Vùng ảnh hưởng bởi quá trình hạ cọc (Park and Lee).



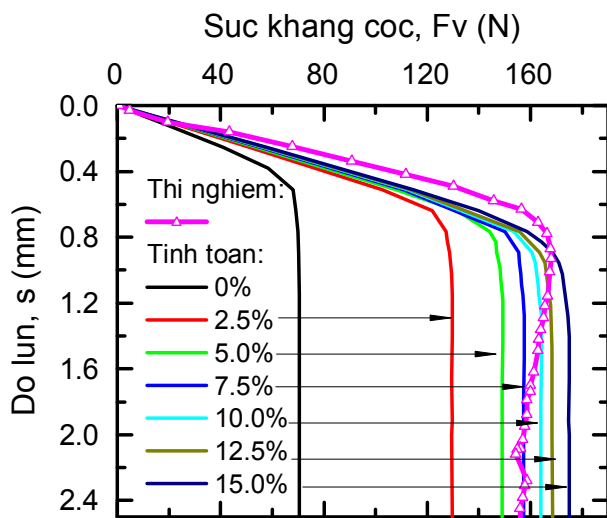
Hình 5. Gán biến dạng nở thể tích cho mô phỏng hiệu ứng ép cọc bằng Plaxis

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

3.1 Trạng thái ứng suất, biến dạng của đất ngay sau quá trình hạ cọc

3.1.1. Kết quả lựa chọn biến dạng nở phù hợp để mô phỏng ảnh hưởng của quá trình hạ cọc vào nền

Hình 6 thể hiện quan hệ giữa giá trị biến dạng nở gán cho phần tử thể tích cọc và sức chịu tải tương ứng của cọc. Kết quả thí nghiệm nén tĩnh tải cũng được trình bày trong hình. Kết quả tính toán và đo đạc ở trạng thái nền đã ổn định cố kết.



Hình 6. Biến đổi sức kháng cọc theo biến dạng nở

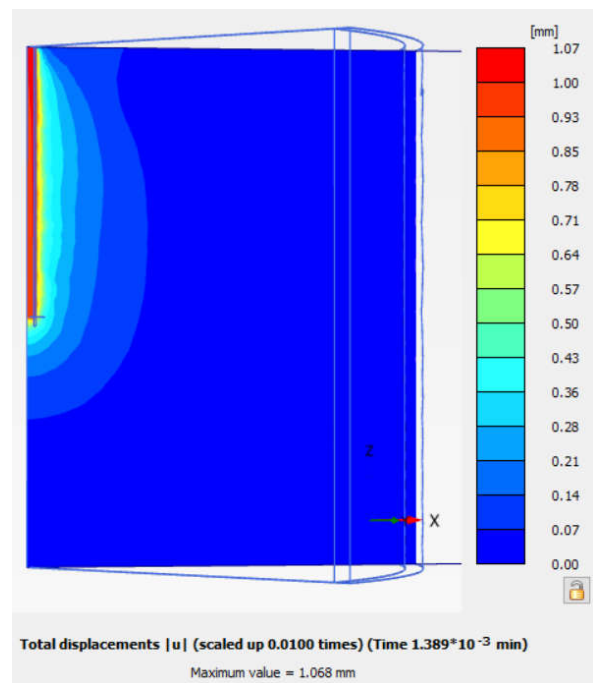
Kết quả tính toán cho thấy rằng, khi không mô phỏng hiệu ứng hạ cọc (biến dạng $\epsilon_x = \epsilon_y = 0\%$), sức chịu tải của cọc theo tính toán nhỏ hơn rất nhiều so với kết quả theo thí nghiệm, mặc dù mô hình đất SSC đã mô phỏng rất tốt thí nghiệm Oedometer và thí nghiệm ba trục nén cố kết không thoát nước CU. Khi biến dạng nở được áp dụng, chỉ cần một giá trị nhỏ ($\epsilon_x = \epsilon_y = 2.5\%$), sức chịu tải của cọc đã tăng một cách đáng kể từ 70N lên 135N. Với giá trị $\epsilon_x = \epsilon_y = 7.5\%$, kết quả tính toán cho giá trị tương đương với kết quả thí nghiệm. Vì vậy, giá trị $\epsilon_x = \epsilon_y = 7.5\%$ kết hợp chuyển vị mũi cọc $0.1D$ được lựa

chọn để mô phỏng hiệu ứng hạ cọc cho các phần tính toán tiếp theo.

3.1.2. Trạng thái ứng suất biến dạng của đất xung quanh cọc sau quá trình hạ cọc

a. Trạng thái biến dạng của đất xung quanh cọc

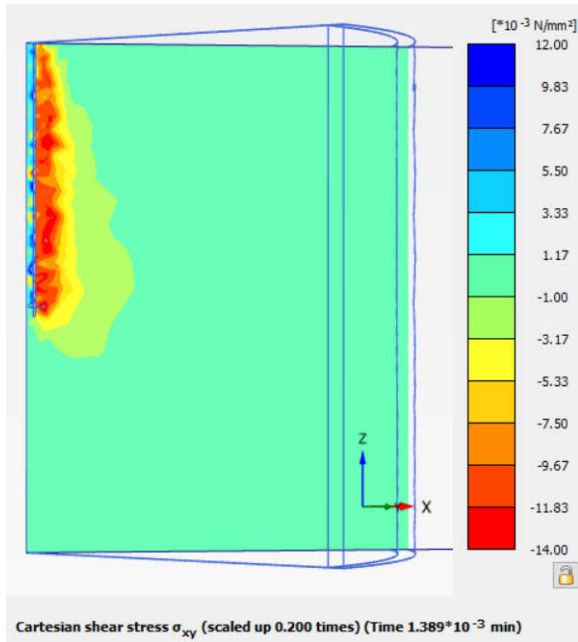
Hình 7 thể hiện trạng thái chuyển vị của đất xung quanh cọc sau khi mô phỏng quá trình hạ cọc vào nền. Có thể thấy rằng, sau khi hạ cọc, đất ở một phạm vi xung quanh cọc chuyển vị ra phía ngoài (phạm vi $\sim 10D$), dạng các đường đẳng chuyển vị có dạng tương đồng với mô tả chuyển vị đã được trình bày trong một số báo cáo khoa học trước đây.



Hình 7. Trạng thái biến dạng của đất xung quanh cọc

b. Trạng thái ứng suất của đất xung quanh cọc

Hình 8 thể hiện trạng thái ứng suất theo phương bán kính hướng trục cọc σ_{xy} của đất xung quanh cọc. Kết quả mô phỏng thể hiện rằng ứng suất ở một vùng đất xung quanh cọc đã gia tăng so với trạng thái ban đầu, đặc biệt tăng cao trong phạm vi $4D$, và ảnh hưởng đáng kể lên đến phạm vi khoảng $10D$.



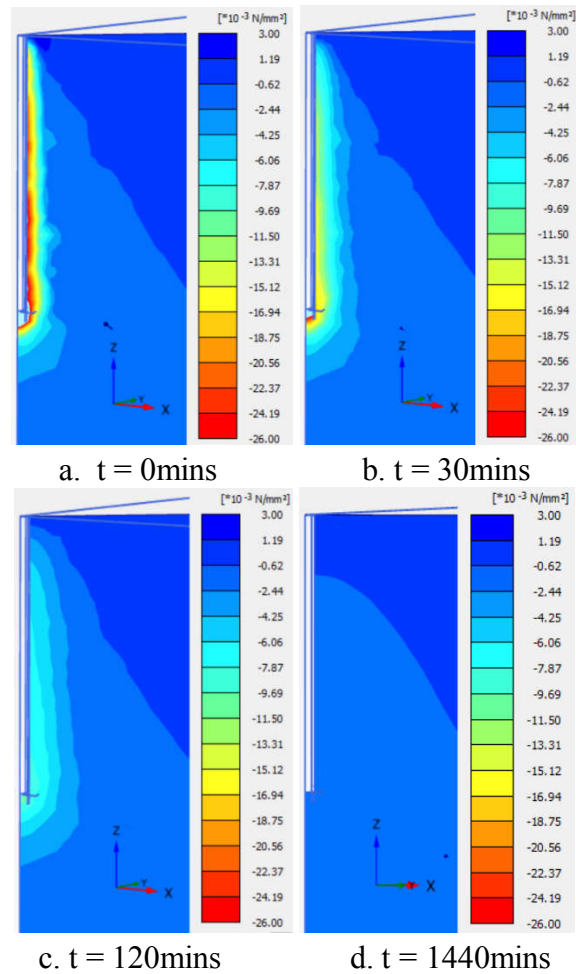
Hình 8. Trạng thái ứng suất cắt của đất xung quanh cọc

Hình 9a thể hiện ứng suất tăng thêm (ứng suất dư) trong nước lỗ rỗng (ứng suất trung hòa) sau khi mô phỏng quá trình hạ cọc. Trong phạm vi khoảng $4D$ xung quanh cọc, ứng suất trung hòa tăng lên rõ rệt, ngay vùng tiếp giáp vỏ cọc, ứng suất tăng thêm khoảng ~ 26 kPa. Ứng suất trung hòa tăng thêm giảm dần theo khoảng cách từ vỏ cọc. Ứng suất này tiêu tan dần theo thời gian (quá trình cố kết) và chuyển sang ứng suất hiệu quả. Sự thay đổi ứng suất theo thời gian này là nguyên nhân gây ra sự thay đổi sức chịu tải của cọc. Nếu hiệu ứng hạ cọc không được mô phỏng, sẽ không có sự thay đổi trạng thái ứng suất tăng thêm của đất xung quanh cọc, sức chịu tải của cọc đúc sẵn hạ theo phương pháp đóng/ép sẽ giống như sức chịu tải của cọc chèn tại chỗ.

3.1.2. Sự thay đổi sức chịu tải của cọc theo thời gian

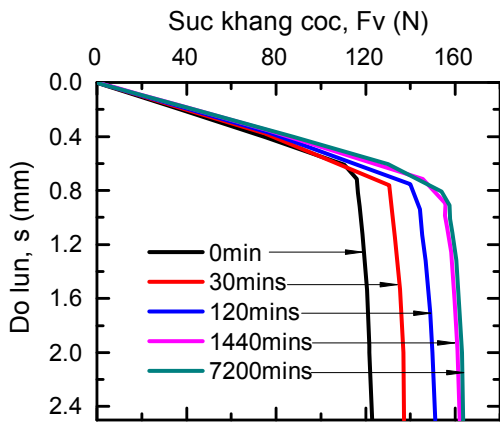
Hình 9 thể hiện sự thay đổi ứng suất trung hòa theo thời gian tại một số mốc thời gian tính từ sau khi mô phỏng quá trình hạ cọc. Thang đo ứng suất được đặt cùng tỉ lệ để tiện trong so sánh. Hình 10 thể hiện sự thay đổi sức chịu tải

của cọc theo thời gian tại các mốc thời gian tương ứng trong Hình 9.



Hình 9. Sự phát triển của ứng suất trung hòa theo thời gian sau hạ cọc

Kết quả tính toán cho thấy sức chịu tải của cọc tăng lên rõ rệt sau quá trình cố kết, từ 120N lên 160N (tăng lên tới 33%). Có thể lý giải rằng, hiện tượng tăng sức chịu tải theo thời gian này là do phần ứng suất trung hòa tăng thêm tiêu tan và chuyển hóa sang ứng suất hiệu quả. Khi ứng suất hiệu quả tăng lên thì cường độ kháng cắt của đất cũng tăng lên. Giữa ứng suất hiệu quả, sức kháng cắt của đất và sức chịu tải của cọc có mối liên hệ chặt chẽ, nhiều công thức tính toán sức ma sát thành bên của cọc thông qua ứng suất hiệu quả hoặc lực dính của đất hoặc cả hai đã được đưa ra và sử dụng rộng rãi ở nhiều quốc gia.



Hình 10. Sự phát triển của áp lực nước lỗ rỗng dư theo thời gian sau hạ cọc

Hình 10 cũng thể hiện rằng, sức chịu tải của cọc tăng mạnh trong giai đoạn đầu và chậm dần ở giai đoạn cuối của quá trình cố kết nền. Kết quả nén tĩnh tải ở thời điểm cố kết sau 30 phút đã tăng từ 120N lên 135N, và sau 1440 phút đã tăng lên 160N. Từ 1440 phút đến 7200 phút, sức chịu tải tăng lên không đáng kể do giai đoạn này áp lực nước lỗ rỗng dư đã tiêu tan gần hết và quá trình cố kết phần đa đã hoàn thành. Độ tăng sức chịu tải của cọc tương đối tỉ lệ với tốc độ tiêu tan áp lực nước lỗ rỗng dư, như thể hiện trong hình 9, điều này cũng minh chứng thêm việc ảnh hưởng của quá trình cố kết đến sức chịu tải của cọc.

4. KẾT LUẬN

Trong bài báo này, sức chịu tải của cọc đúc sẵn đã được nghiên cứu, xem xét đến ảnh hưởng

của quá trình cố kết nền do chính việc hạ cọc gây ra, sử dụng phần mềm Plaxis 3D, phiên bản Ultimate 2022. Một số kết luận rút ra từ nghiên cứu như sau:

Để phân tích ảnh hưởng của quá trình cố kết đến sức chịu tải của cọc, việc đánh giá tác động của quá trình hạ cọc đến đất xung quanh cọc là rất quan trọng. Trong nghiên cứu này, tác động của quá trình hạ cọc được mô phỏng bằng cách áp dụng biến dạng nở theo phương ngang ngang trục cọc cho các phần tử thể tích thân cọc, phía dưới mũi sử dụng chuyển vị nhỏ theo phương dọc trục cọc.

Quá trình cố kết nền do chính việc hạ cọc gây ra có ảnh hưởng đáng kể đến sức chịu tải của cọc. Trong nghiên cứu này, sức chịu tải của cọc đã tăng lên 33% sau quá trình cố kết, vì vậy, trong tính toán thiết kế, nên xem xét sử dụng sức chịu tải có xét đến một phần ảnh hưởng của quá trình cố kết do hạ cọc.

Tốc độ tăng sức chịu tải của cọc trong quá trình cố kết tỉ lệ tương đối với tốc độ tiêu tan áp lực nước lỗ rỗng quanh vỏ cọc. Trong khoảng thời gian ngắn sau khi hạ cọc, sức chịu tải đã tăng tương đối nhiều.

Cần thực hiện những nghiên cứu tiếp theo với nhiều loại đất và kích thước cọc khác nhau để đánh giá ảnh hưởng của quá trình cố kết đến sức chịu tải của cọc trong các điều kiện khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Hoàng Thị Lua (2021). *Tính chất cơ học của một loại đất dính nhân tạo*. Tạp chí Địa kỹ thuật, số 3 – 2021, 59-67.
- Broere, W., van Tol, A.F., 2006. *Modelling the bearing capacity of displacement piles in sand*. In *Proc. of the Institution of Civil Engineers*. Geotech. Eng. 159 (3), 195–206.
- Bullock, P. J., Schmertmann, J., McVay, M., and Townsend, F. (2005). “*Side Shear Set-up: Test Piles Driven in Florida*”, *Journal of Geotechnical & Geoenvironmental Engineering*, ASCE, 131(3), 292-30.
- Cooke, R.W., Price, G. and Tarr, K. (1979), *Jacked piles in London Clay: a study of load transfer and settlement under working conditions*. *Géotechnique* 29(2), 113-147.

- Hai-lei Kou, Ming-yi Zhang and Feng Yu (2014) *Shear zone around jacked piles in clay*. Journal of performance of constructed facilities, 2015, 29(6): 04014169.
- Hoang, L.T., Matsumoto, T. (2020). *Long-term behavior of piled raft foundation models supported by jacked-in piles on saturated clay*. Soils and Foundations. 60 (1), 198–217.
- Kenneth, G. and David, G. (2005). *Development of shaft friction on driven piles in sand and clay*. Paper presented to the Geotechnical Society of the Institution of civil engineers of Ireland 04th October 2005.
- Kimura, M. and Zhang, F., 2000. *Seismic evaluations of pile foundations with three different methods based on three-dimensional elasto-plastic finite element analysis*. Soils and Foundations 40(5), 113-132.
- Konrad, J. M. and Roy, M. (1987). “*Bearing capacity of friction piles in marine clay*”, Geotechnique 37, No. 2, 163-175.
- Park, D., Park, D., Lee, J., 2016. *Analyzing load response and load sharing behavior of piled rafts installed with driven piles in sands*. Computers and Geotechnics, 78, 62-71.
- PLAXIS 3D 2018 – “*Material Models Manual*”, PLAXIS, <https://www.plaxis.com/support/manuals/plaxis-3d-manuals/>.

Abstract:

NUMERICAL MODELLING OF THE EFFECT OF GROUND CONSOLIDATION CAUSED BY THE INSTALLATION OF DISPLACEMENT PILES ON PILE BEARING CAPACITY

Recently, with the development of piling technologies, displacement piles have become a popular selection, therefore, the need to increasing the accuracy in the calculation of pile bearing capacity is required. When a pile is installed into ground, the pile volume takes place and the soil is pushed outward from the pile shaft, which cause changes in the total stress and deformation state of the surrounding soil. In the saturated cohesive soil ground, large part of the increments of the total stresses is firstly transferred to pore water pressure (PWP) (which is also called ineffective stress or neutral stress), the PWP then dissipates with time and transfers into effective stresses. When the effective stresses of the soil surrounding the pile change, the pile bearing capacity also changes. This paper, therefore, investigates the effect of ground consolidation phenomenon caused by pile installation process on the pile bearing capacity, using a numerical method. The result show that the pile bearing capacity increases significantly after the ground consolidation process.

Keywords: Pile bearing capacity, displacement piles, ground consolidation, numerical model.

Ngày nhận bài: 22/8/2022

Ngày chấp nhận đăng: 27/9/2022