

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

BỘ XÂY DỰNG

VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

LƯƠNG TOÀN HIỆP

**ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG TÁC THI CÔNG KHOAN HẠ CỌC
ĐẾN SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC TRONG KHU VỰC ĐỊA CHẤT
KHÔNG THUẬN LỢI TẠI THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH**

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SỸ KỸ THUẬT

CHUYÊN NGÀNH: Kỹ thuật xây dựng Công trình ngầm

Mã số: 9580204

Hà Nội - Năm 2021

Luận án được hoàn thành tại
VIỆN KHOA HỌC CÔNG NGHỆ XÂY DỰNG

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

1. PGS.TS. Nguyễn Bá Kế

Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng

2. TS. Nguyễn Việt Tuấn

Phân viện Khoa học Công nghệ Xây dựng miền Nam

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Cơ sở tại Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng, 81 Trần Cung, Phường Nghĩa Tân, Quận Cầu Giấy, Hà Nội, vào hồi 08 giờ ngày 27 tháng 04 năm 2021.

Có thể tìm luận án tại:

- Thư viện Quốc Gia Việt Nam
- Thư viện Viện Khoa học Công nghệ Xây dựng

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Bên cạnh các ưu điểm, công tác thi công ép cọc có một số hạn chế và khuyết điểm khi thi công trong điều kiện địa chất không thuận lợi của thành phố Hồ Chí Minh như: khó có thể đưa mũi cọc xuyên qua các lớp thấu kính, sét cứng, cát chặt... tới độ sâu thiết kế, gây ra độ chồi giả, cũng như có thể làm ảnh hưởng đến các công trình lân cận như lún hay trôi do sự chuyển vị đáng kể đất.

Trong đó, phương pháp thi công hạ cọc có khoan dẫn (khoan hạ cọc) làm giảm sức kháng của đất trong quá trình hạ cọc là một trong những giải pháp thi công đạt hiệu quả và áp dụng rất khả thi cho các công trình tại khu vực có mật độ xây dựng tập trung như Thủ đô Hà Nội, Thành phố Hồ Chí Minh, Đà Nẵng...

Đề tài luận văn “Ảnh hưởng của công tác thi công khoan hạ đến sức chịu tải của cọc trong khu vực địa chất không thuận lợi tại Thành phố Hồ Chí Minh” được đặt ra như một nhu cầu cấp thiết trong thực tiễn nhằm góp phần làm hạn chế rủi ro và phát sinh các chi phí cho công trình.

2. Tình hình nghiên cứu

Tại Việt Nam, trong những năm gần đây phương pháp thi công khoan hạ cọc đã được sử dụng khá phổ biến, tuy nhiên các đơn vị thực hiện cũng chỉ chú trọng đề cập đến biện pháp thi công nhưng chưa quan tâm đúng mức đến các thông số kỹ thuật trong biện pháp thi công làm ảnh hưởng đến sức chịu tải của cọc.

Trên thế giới hiện nay, nghiên cứu sinh tiếp cận tham khảo được một vài tài liệu về ảnh hưởng của đường kính lỗ khoan đến sức chịu tải của cọc đối với đất sét bão hòa nước có kể đến sự thoát nước lỗ rỗng sau khi thi công.

3. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài nghiên cứu

Từ việc phân tích các bài toán lý thuyết, kết quả thí nghiệm hiện trường, thực hiện mô phỏng tại phòng thí nghiệm và phần mềm phần tử hữu hạn mà luận văn thu được là công cụ có hiệu quả để đánh giá và xác định được yếu tố ảnh hưởng của công tác thi công khoan hạ đến sức chịu tải của cọc trong khu vực địa chất không thuận lợi tại thành phố Hồ Chí Minh.

4. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

4.1. Đối tượng nghiên cứu

- Cọc tròn chế tạo sẵn được hạ (đóng hoặc ép) vào lỗ khoan dẫn khu vực địa chất không thuận lợi đối với giải pháp móng cọc ép tại Thành phố Hồ Chí Minh như: lớp sét cứng, cát dày.
- Sự suy giảm sức kháng của nền đất trong quá trình khi hạ cọc bình thường và hạ cọc có khoan tạo lỗ trước với đường kính nhỏ hơn tiết diện cọc, đồng thời xét ảnh hưởng của công tác khoan dẫn đến sức chịu tải của cọc.

4.2. Phạm vi nghiên cứu

- Dự báo sức chịu tải khi cọc làm việc như cọc chiếm chỗ một phần;
- Nghiên cứu ảnh hưởng của đường kính lỗ khoan dẫn đến sức kháng của đất và xác định sức chịu tải của cọc bằng thí nghiệm nén tĩnh và đo biến dạng cọc.

Những điểm hạn chế phạm vi nghiên cứu:

- Chưa kể đến yếu tố nước ngầm;
- Chưa phân tích đất nền phía trên có lớp đất yếu, bùn nhão...
- Đề tài nghiên cứu đối với cọc ma sát, chưa nghiên cứu đến phương án cọc chống.

5. Mục tiêu và nhiệm vụ nghiên cứu của đề tài

5.1. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu nghiên cứu của luận văn là cung cấp cho người thiết kế và thi công một công cụ toán học (qua phần mềm) để dự báo sức chịu tải của cọc cũng như mức độ suy giảm của sức kháng của nền đất trong quá trình hạ cọc và sức chịu tải lâu dài của cọc khi thi công ép cọc qua lỗ khoan dẫn trong điều kiện địa chất không thuận lợi của TP Hồ Chí Minh.

5.2. Nhiệm vụ nghiên cứu

- Đánh giá những vấn đề khác biệt giữa bài toán lý thuyết và biện pháp thi công hạ cọc qua lỗ khoan tạo sẵn thông qua mô phỏng và thí nghiệm;
- Dự báo sức chịu tải của cọc chế tạo sẵn thi công bằng phương pháp ép có khoan dẫn.

6. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp nghiên cứu lý thuyết: dùng phương pháp phân tử hữu hạn để nghiên cứu sự làm việc của cọc được ép trong lỗ khoan dẫn có đường kính khác nhau;
- Lập trình phần mềm để giải quyết mục tiêu nêu ở 5.1 trên đây;
- Kiểm tra sự tin cậy của lời giải lý thuyết bằng thí nghiệm trong phòng và hiện trường.

7. Nội dung nghiên cứu

Nội dung chính đề tài nghiên cứu Luận án tiến sỹ, tác giả thực hiện trong 4 chương của luận án, cụ thể như sau:

- Mở đầu
- Chương 1: Tổng quan nghiên cứu cọc khoan hạ
- Chương 2: Cơ sở lý thuyết phân tích cọc khoan hạ
- Chương 3: Xây dựng mô hình số và phân tích ảnh hưởng của đường kính lỗ khoan đến ma sát thành của cọc khoan hạ
- Chương 4: Nghiên cứu thực nghiệm cọc khoan hạ

8. Những điểm mới và nổi bật của đề tài

Kết quả nghiên cứu đã đạt được những điểm mới và nổi bật như sau:

- Ứng dụng phương pháp hệ số Lagrangian tăng cường vào bài toán tiếp xúc vật liệu để giải bài toán biến dạng lớn.
- Xây dựng phần mềm PDC PileS (Pre Drilled Compression Pile Software);
- Đề xuất hệ số suy giảm sức chịu tải của cọc khoan hạ đối với cọc ma sát.

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU CỌC KHOAN HẠ

1.1. Tổng quan địa chất khu vực Thành phố Hồ Chí Minh

1.1.1. Cấu trúc địa chất khu vực chung

Cấu trúc địa chất của vùng nghiên cứu là yếu tố quan trọng của điều kiện Địa chất công trình và được xem như nền cơ bản của các điều kiện khác.

a. Tầng cấu trúc trên

Tầng cấu trúc trên bao gồm các trầm tích thuộc thành tạo trầm tích Holocen là hệ tầng Bình Chánh và hệ tầng Cần Giờ.

b. Tầng cấu trúc giữa

Tầng cấu trúc giữa xem xét từ trẻ đến cổ gồm các trầm tích sau:

- Các thành tạo trầm tích Pleistocen.
- Các thành tạo trầm tích Pleistocen giữa.
- Các thành tạo trầm tích Pleistocen muộn, Pleistocen sớm phân bố khắp diện tích thành phố.
- Các Pliocen sớm không lộ ra trên mặt đất.

c. Tầng cấu trúc dưới

Tầng cấu trúc dưới bao gồm các đá trầm tích tuổi Jura sớm, các đá trầm tích – núi lửa tuổi Jura muộn - Kreta sớm, các đá xâm nhập Kreta sớm.

1.1.2. Cấu trúc địa chất tại khu vực không thuận lợi đối với móng cọc ép.

Qua các phân tích cũng như khảo sát thực tế tại các dự án, thấy được địa chất Thành phố Hồ Chí Minh là một vùng địa chất rất phức tạp, không thuận lợi trong việc thi công hạ cọc bê tông chế tạo sẵn khi xuất hiện nhiều lớp thấu kính trong địa tầng, lớp sét dày, cát dày... dẫn tới việc thi công nền móng công trình cao tầng gặp nhiều khó khăn, rủi ro và phát sinh thêm nhiều chi phí, đặc biệt là trong công tác ép cọc.

1.2. Tổng quan về móng cọc ép và một số hạn chế từ việc ép cọc

1.2.1. Móng cọc ép

Móng cọc ép là một trong những loại móng được sử dụng rộng rãi nhất hiện nay.

1.2.2. Một số hạn chế từ việc ép cọc

Tuy nhiên, việc ép cọc bê tông cốt thép thông thường trong một số trường hợp có sự hạn chế nhất định như:

1. Khi cọc đi qua các tầng đất cứng, các lớp cát có bề dày lớn, địa chất phức tạp, xen kẽ nhiều lớp thấu kính khiến cọc không thể xuyên qua do xuất hiện độ chối giả, nổ cọc.
2. Có thể gây lún, nứt, phòng nền nhà bên do nền móng nhà liền kề yếu, hoặc xây dựng lâu năm.

1.3. Tổng quan về phương pháp khoan dẫn ép cọc

Giải pháp khoan dẫn trước khi ép cọc giúp cho người thiết kế giải quyết được bài toán độ chối khi ép cọc qua các tầng cát, hạ cọc được đến độ sâu thiết kế.

1.3.1. Giới thiệu sơ lược

Nguyên tắc của phương pháp khoan dẫn: Trước khi ép, tại vị trí tâm cọc thiết kế, ta khoan trước một lỗ có đường kính và chiều sâu khoan dẫn theo thiết kế. Sau đó, ta tiến hành ép cọc.

1.3.2. Phương pháp – công nghệ thi công

Trước khi ép, tại vị trí tâm cọc thiết kế khoan trước một lỗ có đường kính nhỏ hơn đường kính cọc. Chiều sâu các lỗ khoan được tính toán tùy thuộc vào lớp địa chất bên dưới sao cho có thể thi công được.

1.3.3. Ưu điểm và các trường hợp nên áp dụng phương pháp khoan dẫn ép

- Chiều dày lớp đất đá có chỉ số SPT cao.
- Địa chất không đồng nhất gặp các thấu kính.
- Tầng địa chất có lớp cát khá dày, các hạt cát dưới mũi cọc.
- Tránh đẩy trôi đất gây mất an toàn cho các công trình lân cận.

1.4. Phương pháp xác định sức chịu tải của cọc ép hoặc đóng

1.4.1. Phương pháp theo TCVN 10304:2014

Theo TCVN 10304:2014, sức chịu tải trọng nén được xác định bằng tổng sức kháng của đất dưới mũi cọc và trên thân cọc:

$$R_{c,u} = \gamma_c (\gamma_{cq} q_b A_b + u \sum \gamma_{cf} f_i l_i)$$

Bảng 1.2: Các hệ số điều kiện làm việc của đất γ_{cq} và γ_{cf} cho cọc đóng hoặc ép

Phương pháp hạ cọc đặc và cọc ống không moi đất ra ngoài bằng phương pháp đóng hoặc ép và các loại đất.	Hệ số điều kiện làm việc của đất khi tính toán sức kháng của đất	
	dưới mũi cọc γ_{cq}	trên thân cọc γ_{cf}
Đóng và ép cọc vào lỗ định hướng khoan sẵn đảm bảo chiều sâu mũi cọc sâu hơn đáy lỗ tối thiểu 1 m ứng với đường kính lỗ:		
a) Bằng cạnh cọc vuông.	1,0	0,5
b) Nhỏ hơn cạnh cọc vuông 0,05 m	1,0	0,6
c) Nhỏ hơn cạnh cọc vuông hoặc đường kính cọc tròn 0,15 m (đối với trụ đường dây tải điện).	1,0	1,0

1.4.2. Phương pháp theo AASHTO 2017

Chỉ dẫn thiết kế của Hoa Kỳ đưa ra một số phương pháp tính toán sức chịu tải tĩnh theo phương đứng của cọc đóng.

Phương pháp Nordlund/Thurman

Sức kháng đơn vị mũi cọc được tính toán như sau:

$$q_p = cN_c + qN_q + \frac{\gamma D}{2} N_\gamma$$

Phương pháp α

Phương pháp α được áp dụng đối với cọc hạ trong đất sét theo ứng suất tổng từ sức kháng không thoát nước. Phương pháp này giả thiết sức kháng của cọc không phụ thuộc vào ứng suất hữu hiệu theo phương đứng và sức kháng đơn vị được tính bằng một hệ số theo kinh nghiệm nhân với sức kháng không thoát nước của đất nền như sau:

$$f_s = \alpha c_u$$

Sức kháng đơn vị mũi cọc, q_p trong phân tích ứng suất tổng đối với cọc trong đất sét đồng nhất được tính toán như sau:

$$q_p = N_c c_u$$

Phương pháp β

Thay $f_s = \beta \sigma'_{v0}$, phương pháp tính toán sức chịu tải của cọc trong đất cát như trên còn được gọi là phương pháp β .

Phương pháp λ

Sức chịu tải tối hạn thành cọc trên một đơn vị diện tích được tính toán như sau:

$$f_s = \lambda (\sigma'_v + 2c_u)$$

1.5. Ảnh hưởng của thi công khoan dẫn đến sức chịu tải của cọc theo tiêu chuẩn thiết kế

Như đã trình bày ở trên, TCVN 10304:2014 đề cập đến việc áp dụng hệ số điều kiện làm việc của đất nền kể đến ảnh hưởng của phương pháp thi công cọc..

Chỉ dẫn thiết kế tại Hoa Kỳ có đề cập đến sự suy giảm sức chịu tải của cọc do ảnh hưởng của thi công khoan dẫn nhưng không đưa ra giá trị cụ thể trong các công thức tính toán tổng kết sự ảnh hưởng của khoan dẫn đến sức chịu tải của cọc đóng từ các chỉ dẫn thiết kế tại các tiểu bang của Hoa Kỳ. Hai yếu tố quan trọng nhất trong các chỉ dẫn thiết kế này là đường kính lỗ khoan và độ sâu của lỗ khoan.

1.6. Phương pháp phân tích cọc chịu tải trọng đứng theo phương pháp số

Phương pháp số hiện đại đặc biệt là phương pháp phần tử hữu hạn có khả năng kể đến ứng xử phức tạp của đất nền và nước lỗ rỗng.

Ưu điểm chính của phương pháp phân tích số là nó có thể dự đoán tương đối chính xác lịch sử ứng suất của đất xung quanh cọc từ điều kiện ban đầu đến điều kiện phá hoại, tức là, bài toán phân tích cọc có thể được chia nhỏ và phân tích theo bốn giai đoạn cơ bản sau: 1) khoan dẫn; 2) hạ cọc; 3) dỡ tải (phân tán áp lực nước lỗ rỗng dư do hạ cọc đối với đất sét

bão hòa nước); và 4) chịu tải (điều kiện không thoát nước hoặc thoát nước tùy thuộc vào tốc độ chất tải và loại đất nền).

KẾT LUẬN CHƯƠNG 1

Với địa chất rất phức tạp và không thuận lợi như vậy dẫn tới việc thi công nền móng công trình cao tầng gặp nhiều khó khăn, rủi ro và phát sinh thêm nhiều chi phí, đặc biệt là trong công tác ép cọc. Để giải quyết hiện tượng này, người ta tiến hành khoan dẫn khoan mũi trước khi thi công với đường kính khoan nhỏ hơn đường kính cọc.

Phương pháp khoan hạ cọc có thể áp dụng cho đất cát, sét và các loại đất có thể khoan xuyên như lớp đá mỏng. Đường kính lỗ khoan có thể nhỏ hơn, bằng hoặc lớn hơn không đáng kể so với đường kính cọc.

CHƯƠNG 2: CƠ SỞ LÝ THUYẾT PHÂN TÍCH CỌC KHOAN HẠ

2.1. Ứng xử của đất nền xung quanh cọc và dưới mũi cọc

Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng, biến dạng và chuyển vị, và các bất biến ứng suất làm cơ sở cho việc xây dựng mô hình đất nền và phương pháp phần tử hữu hạn được trình bày trong phần dưới đây.

2.1.1. Thành phần ứng suất trong đất

Trạng thái ứng suất tại một điểm trong đất được thể hiện bằng véc tơ trong hệ tọa độ Đề Các như sau:

$$\{\sigma\} = [\sigma_x \quad \sigma_y \quad \sigma_z \quad \tau_{xy} \quad \tau_{yz} \quad \tau_{zx}]^T$$

2.1.2. Thành phần biến dạng trong đất

Ten sơ biến dạng tại một điểm được viết trong hệ tọa độ trụ các có dạng như sau:

$$\{\varepsilon\} = [\varepsilon_x \quad \varepsilon_y \quad \varepsilon_\theta \quad \gamma_{xy} \quad \gamma_{y\theta} \quad \gamma_{\theta x}]^T$$

2.1.3. Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng trong đất

Quan hệ giữa ứng suất và biến dạng cho vật thể đàn hồi đẳng hướng tuân theo định luật Hooke:

$$\{\sigma\} = [C]\{\varepsilon\}$$

Ma trận đàn hồi của vật liệu $[C]$ trong biểu thức (2.12) có hai giá trị, E là mô đun đàn hồi của vật liệu, và ν là hệ số Poisson.

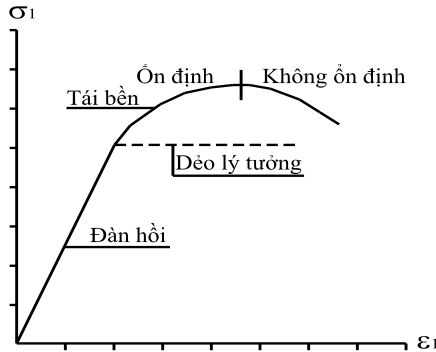
2.1.4. Công dẻo

Tổng công trên một đơn vị thể tích của vật rắn biến dạng theo sự gia tăng biến dạng dẻo được viết như biểu thức:

$$dW = \{\sigma\}^T \{d\varepsilon\}$$

2.1.5. Ứng xử tăng bền

Ứng xử tăng bền được định nghĩa là khi biến dạng tăng thì ứng suất cũng tăng lên.



Hình 2.1: Ứng xử tăng bền của vật liệu

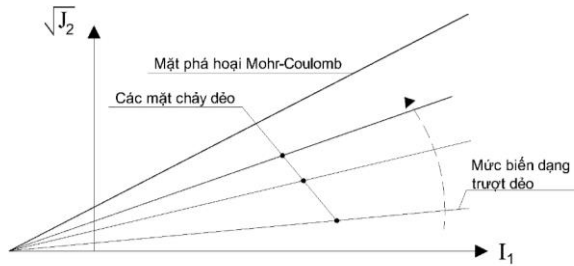
2.2. Mô hình đất nền

2.2.1. Giới thiệu mô hình đất nền đàn hồi phi tuyến

Đặc điểm của mô hình đàn hồi phi tuyến hiện nay là có thể mô tả ứng xử tăng bền của đất giãn nở hoặc không giãn nở thể tích. Mặt chảy dẻo trong mô hình đàn hồi phi tuyến là mặt chảy đơn khác với mặt thế năng do đó có thể mô tả sự chảy dẻo không kết hợp.

2.2.2. Biểu thức của mô hình đàn hồi phi tuyến

Mô hình đàn hồi phi tuyến được đề xuất bởi Chang và Duncan và áp dụng cho xấp xỉ đường cong phi tuyến quan hệ ứng suất, $\sigma_1 - \sigma_3$, và biến dạng dọc trục như trên hình 2.2. Quan hệ ứng suất - biến dạng có dạng đường cong hyperbol được thể hiện theo công thức sau:



Hình 2.3: Mặt chảy dẻo mô hình đàn hồi phi tuyến

2.3. Phương pháp phần tử hữu hạn đất nền xung quanh cọc

2.3.1. Phương trình phần tử hữu hạn

Mối liên hệ giữa ứng suất và biến dạng theo lý thuyết đàn hồi cho bởi biểu thức như sau:

$$\{\sigma\} = [C] \left(\{\varepsilon\} - \{\varepsilon^0\} \right) + \{\sigma^0\}$$

2.3.2. Phần tử tám tứ giác đẳng tham số

Quy trình thiết lập ma trận độ cứng cho phần tử tám tứ giác thông thường sẽ gặp khó khăn khi mở rộng xây dựng ma trận độ cứng cho phần tử tám tứ giác bậc cao.

2.4. Phương pháp phần tử hữu hạn đối với tiếp xúc giữa đất và cọc

2.4.1. Động học tiếp xúc

Bề mặt tiếp xúc không được biết trước và phụ thuộc vào đường phi tuyến của tải trọng, bài toán tiếp xúc luôn là phi tuyến kể cả đối với phân tích đàn hồi tuyến tính.

a) Phương trình tương quan tại bề mặt tiếp xúc

Do độ chính xác cần thiết trong việc giải bài toán tiếp xúc, nhiều cách tiếp cận khác nhau đã được sử dụng để mô hình hóa ứng xử tại bề mặt tiếp xúc.

b) Dạng yếu của tiếp xúc và xu hướng lời giải chung

Dạng yếu của vấn đề tiếp xúc dẫn đến sự không cân bằng khi các điều kiện tiếp xúc được biểu diễn dưới dạng ràng buộc không cân bằng. Hướng giải quyết bài toán này được áp dụng là kết hợp hệ số Lagrangian và

phương pháp hàm phạt. Sự kết hợp hai phương pháp trên đưa đến phương pháp được gọi là phương pháp hệ số Lagrangian tăng cường trong đó kế thừa ưu điểm của cả hai phương pháp.

c) Rời rạc hóa bề mặt tiếp xúc

Khi sự rời rạc của các bề mặt tiếp xúc được xem xét, người ta phải phân biệt giữa sự tiếp xúc của hai vật thể biến dạng hoặc sự tiếp xúc của một vật thể biến dạng với một vật thể tuyệt đối cứng

d) Thuật giải đối với tích phân của các biểu thức trên mặt tiếp xúc

Các phương trình trên bề mặt tiếp xúc bao gồm sự liên quan đến phương tiếp tuyến và phương vuông góc với mặt tiếp xúc.

e) Thuật giải tìm kiếm tiếp xúc

Sự tìm kiếm đối với các ràng buộc về tiếp xúc là không quan trọng đối với biến dạng lớn do các nút bề mặt của vật thể có thể tiếp xúc với bất cứ phần nào của vật thể khác.

f) Phương pháp thích ứng với bài toán tiếp xúc

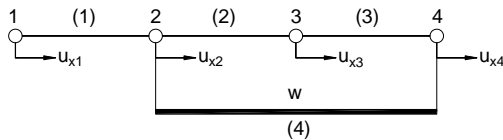
Phương pháp số đối với bài toán tiếp xúc cho kết quả xấp xỉ, do đó cần thiết phải kiểm soát được sai số tính toán.

2.4.2. Sự ràng buộc tại bề mặt tiếp xúc

a) Phương pháp chính phụ

Đối với mỗi ràng buộc về mặt hình học, hai mặt tiếp xúc bao gồm mặt chính và mặt phụ.

b) Phương pháp hàm phạt (Penalty)

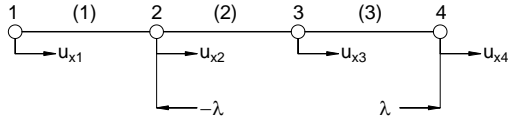


Hình 2.9: Kết cấu với phần tử phạt

c) Phương pháp hệ số Lagrange

Phương pháp hệ số Lagrange được áp dụng trong thực tế phân tích các bài toán tiếp xúc ràng buộc do sự đơn giản trong thuật toán so với hai

phương pháp còn lại. Giả thiết $u_2 = u_4$, phần tử phạt có thể được thay thế bằng phản lực, $\rightarrow \lambda$ tại nút 2 và λ tại nút 4 như trên hình 2.11. Các phản lực này được gọi là lực ràng buộc, là ẩn số cùng với các thành phần chuyển vị.



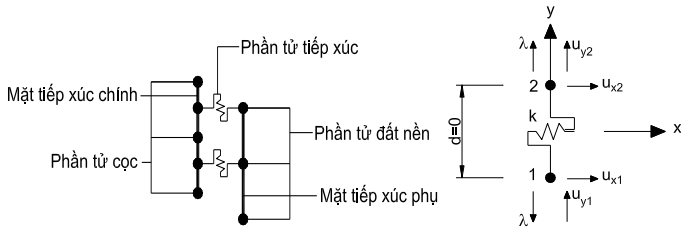
Hình 2.11: Kết cấu với lực ràng buộc

2.5. Mô hình hóa hệ cọc - tiếp xúc - nền đất

Mô hình hóa hệ cọc - tiếp xúc - đất nền trong bài toán mô phỏng quá trình ép cọc có khoan dẫn.

2.5.1. Phần tử tiếp xúc

Trong mô hình phần tử hữu hạn, phần tử tiếp xúc giữa cọc và đất nền là phần tử lò xo hai điểm nút.



Hình 2.13: Phần tử tiếp xúc theo phương pháp Lagrange

Mô hình phi tuyến của phần tử tiếp xúc

Theo phương trục x, phần tử tiếp xúc có có quan hệ lực và chuyển vị theo mô hình đàn hồi dẻo lý tưởng và mô hình hyperbol.

$$T_f = F_n \tan \delta_i + c_i A_i$$

KẾT LUẬN CHƯƠNG 2

Phương pháp giải bài toán phi tuyến hình học tiếp xúc được lựa chọn là phương pháp Lagrange trong đó thành phần lực ràng buộc là ẩn số khi giải bài toán phần tử hữu hạn. Lực ràng buộc này chính là áp lực đất lên thành cọc trong quá trình ép cọc.

Phần tử lò xo hai điểm nút với lực ràng buộc được phát triển để mô phỏng sự tiếp xúc giữa thành cọc và đất nền trong quá trình thi công ép cọc. Quan hệ lực chuyển vị của phần tử lò xo có thể lựa chọn theo mô hình Mohr-Coulomb và đàn hồi phi tuyến Hypecbol.

CHƯƠNG 3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH SỐ VÀ PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CỦA ĐƯỜNG KÍNH LỖ KHOAN ĐẾN MA SÁT THÀNH CỦA CỌC KHOAN HẠ

3.1. Xây dựng phần mềm phân tích cọc khoan hạ - PDC PileS (Pre-Drilled Compression Pile Software)

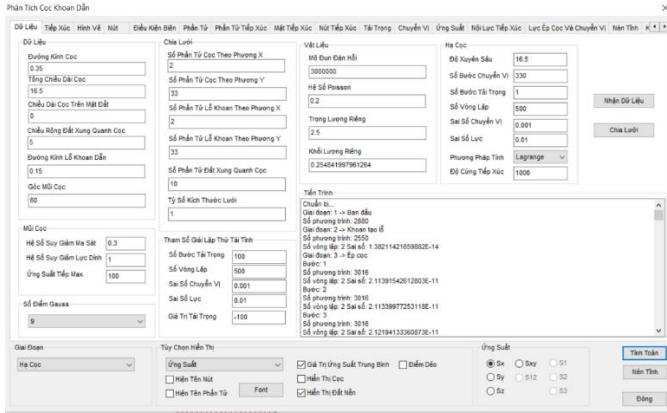
3.1.1. Giới thiệu về phần mềm

Phần mềm PDC PileS được lập trình bằng ngôn ngữ Delphi (Object Pascal) dựa trên lý thuyết được trình bày trong chương 2. Phần mềm có hai phần chính là phần giao diện bao gồm các mô đun nhập dữ liệu và thể hiện kết quả và phần tính toán.

Bảng 3.1. Dữ liệu đặc trưng đất nền

Đặc trưng	Đơn vị	Phương pháp xác định
Trọng lượng riêng	kN/m^3	-
Góc ma sát trong	($^{\circ}$)	Thí nghiệm nén ba trục, cắt trực tiếp
Lực dính đơn vị	kN/m^2	Thí nghiệm nén ba trục, cắt trực tiếp
Số mô đun gia tải, K_L	-	Thí nghiệm nén ba trục
Số mũ gia tải, n_L	-	Thí nghiệm nén ba trục
Số mô đun gia tải, K_{UR}	-	Thí nghiệm nén ba trục có dỡ tải
Số mũ gia tải, n_{UR}	-	Thí nghiệm nén ba trục có dỡ tải
Hệ số Poisson	-	Kinh nghiệm
Hệ số phá hoại, R_f	-	Thí nghiệm nén ba trục

3.1.2. Giao diện phần mềm



Hình 3.1: Mô hình phần tử hữu hạn

3.2. Các tham số trong bài toán phân tích ép cọc

3.2.1. Các đặc trưng đàn hồi và cường độ

Phản lực từ nền đất lên cọc khi ép cọc phụ thuộc vào đặc trưng đàn hồi và đặc trưng cường độ của đất do hai thành phần này liên hệ với sức kháng dọc thân cọc và mũi cọc. Các đặc trưng đàn hồi bao gồm mô đun đàn hồi và hệ số Poisson.

3.2.2. Các đặc trưng tiếp xúc giữa cọc và đất nền

Đặc trưng trong mô hình hóa sự tiếp xúc giữa cọc và đất nền là đặc trưng về đàn hồi và cường độ của sự tiếp xúc.

Bảng 3.9: Góc ma sát tiếp xúc của bê tông với một số loại đất cát

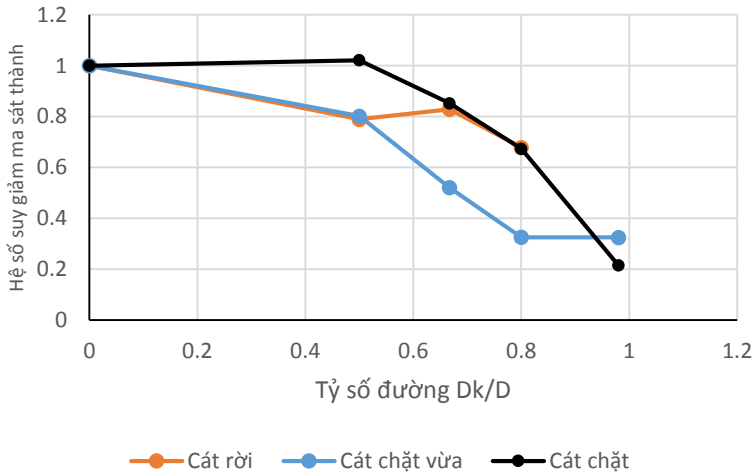
Loại cát	$\delta_{\min} (^{\circ})$	$\delta_{\max} (^{\circ})$	$\tan\delta_{\min}$	$\tan\delta_{\max}$
Sỏi	29	31	0,55	0,6
Cát sỏi	29	31	0,55	0,6
Cát thô	29	31	0,55	0,6
Cát mịn đến trung	24	29	0,45	0,55
Cát trung đến thô	24	29	0,45	0,55
Cát mịn	19	24	0,35	0,45

3.3. Đánh giá độ chính xác của phần mềm PDC PileS

Chương trình tính toán cọc được đánh giá bằng cách so sánh với các kết quả nghiên cứu trước đây của các tác giả khác. Fischer và các cộng sự nghiên cứu cọc có đường kính 0.4 m và chiều dài 8m, mô đun đàn hồi của cọc là 100 GPa, hệ số Poisson 0.3 được hạ trong đất cát có góc ma sát trong là 33 độ, trọng lượng riêng 15 kN/m³.

3.4. Nghiên cứu sự suy giảm sức kháng của đất

Cọc có đường kính 0,4 m, chiều dài 10 m được sử dụng trong ví dụ tính toán nhằm nghiên cứu ảnh hưởng của đường kính lỗ khoan đến lực ép cọc trong đất cát. Cọc được phân tích theo ba loại đất nền như sau, cọc được hạ trong cát rời, góc ma sát trong là 30 độ, trong cát chặt vừa, góc ma sát trong là 36 độ, và trong cát chặt, góc ma sát trong là 45 độ.



Hình 3.13: Hệ số suy giảm ma sát thành

KẾT LUẬN CHƯƠNG 3

Từ cơ sở lý thuyết ở chương 2 và ứng dụng phần mềm PDC PileS ở các bài toán, sự suy giảm sức chịu tải của cọc đối với trường hợp khoan hạ cọc trong quá trình thi công ép cọc hoặc trong quá trình thí nghiệm thử tĩnh tải cho thấy rõ mức suy giảm này phần lớn là do sức kháng mũi cọc và sức kháng ma sát thành cọc một phần.

CHƯƠNG 4. NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM CỌC KHOAN DẪN

4.1. Thí nghiệm mô hình thu nhỏ

4.1.1. Cọc thí nghiệm

Cọc thí nghiệm tiết diện tròn có đường kính thân cọc là **10 cm**, chiều dài cọc 1.2m, mũi cọc được ép đến độ sâu cách đáy thùng 20 cm.



Hình 4.3: Cọc trong khuôn đúc và sau khi tháo ván khuôn

4.1.2. Thiết bị thí nghiệm

Thùng chứa đất có đường kính 100 cm và chiều cao 120 cm được đặt trên một hệ khung gia tải đứng.

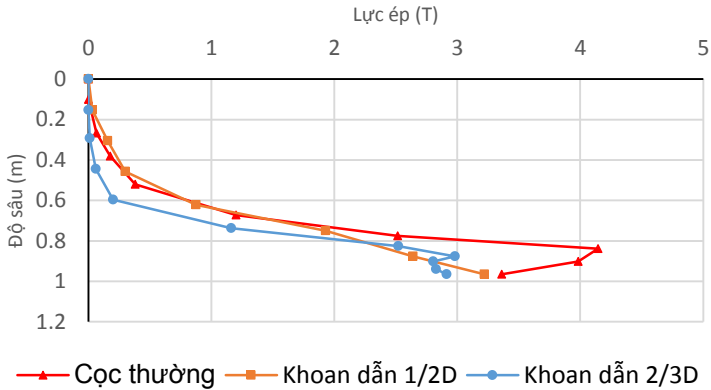
4.1.3. Quy trình ép hạ mô hình cọc thí nghiệm

Đất thí nghiệm là loại cát xây dựng hạt mịn được đổ vào thùng chứa và đầm chặt đạt trạng thái chặt vừa với trọng lượng riêng là $1.65 \text{ Tấn}/\text{m}^3$. Đất cát được cân đo trọng lượng theo từng lớp 0,1 m và đầm đến khi đạt chiều dày mỗi lớp

Ba mô hình cọc thí nghiệm được thực hiện trong đó hai thí nghiệm có khoan dẫn và một thí nghiệm không khoan dẫn. Hai thí nghiệm có khoan dẫn với đường kính lỗ khoan là $1/2D=5\text{cm}$ và $2/3D=6,7\text{cm}$. Cọc được ép vào đất trong thí nghiệm thứ nhất không có lỗ khoan dẫn. Trong thí nghiệm thứ hai và thứ ba, lỗ khoan có độ sâu bằng độ sâu mũi cọc là 0.96 m

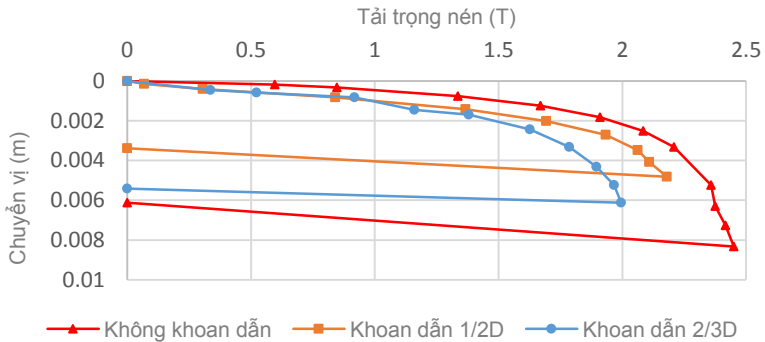
Kết quả cho thấy giá trị lực ép cọc thay đổi theo độ sâu đối với cả ba trường hợp. Ở độ sâu dưới 0.8m, giá trị lực ép đối với cọc không khoan dẫn và cọc khoan dẫn $1/2D$ là gần như nhau. Lực ép gia tăng trong trường hợp không khoan dẫn nhanh hơn so với trường hợp khoan dẫn $1/2D$ ở độ sâu dưới

0.8m. Lực ép đối với cọc khoan dẫn 2/3D nhỏ hơn hai trường hợp còn lại do đường kính lỗ khoan lớn hơn. Có thể thấy rằng, ở độ sâu dùng ép là 0,96 m, lực ép cọc trong hai trường hợp khoan dẫn có giá trị gần như nhau. Lực ép tăng mạnh dưới độ sâu 0,6m cho cả ba trường hợp chủ yếu do sức kháng tại mũi cọc.



Hình 4.7: Lực ép hạ cọc mô hình theo độ sâu trong phòng thí nghiệm

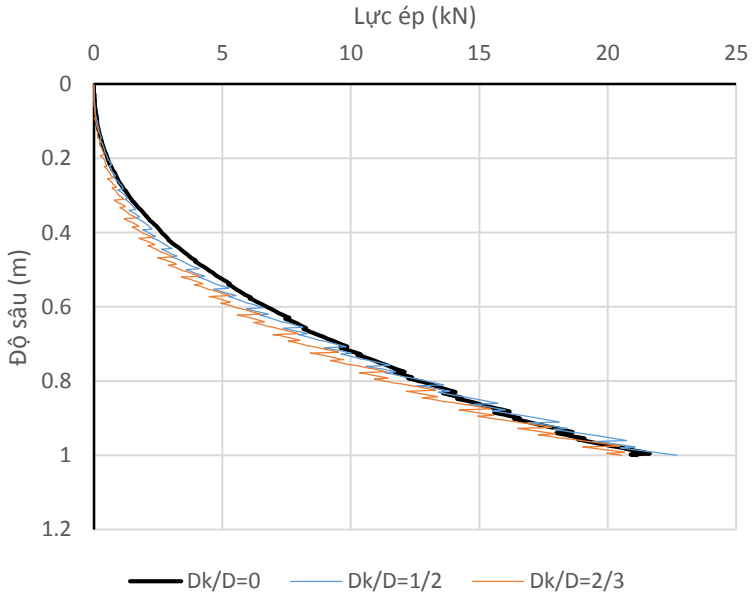
4.1.4. Kết quả thí nghiệm nén tĩnh mô hình cọc thí nghiệm



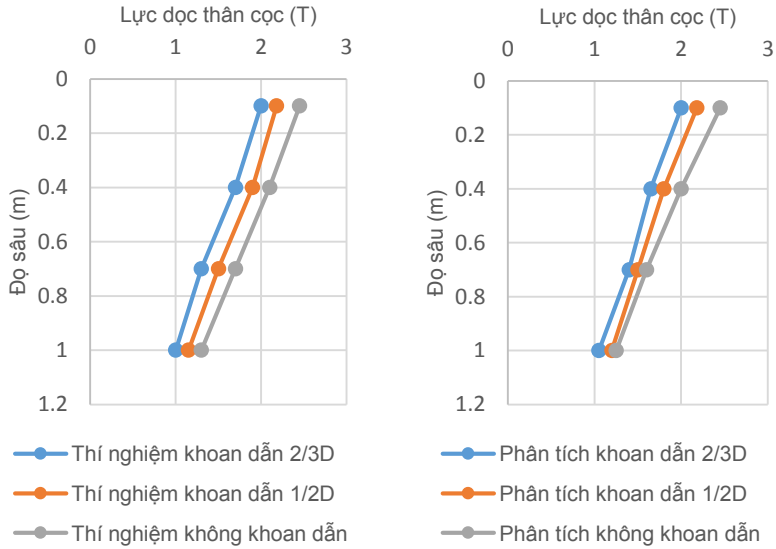
Hình 4.8: Kết quả thí nghiệm nén tĩnh mô hình cọc: Biểu đồ tải trọng – Độ lún

4.1.5. Phân tích mô phỏng thí nghiệm trong phòng bằng phần mềm PDC PileS

Các đặc trưng của đất cát xác định thông qua thí nghiệm nén ba trục và kết quả được trình bày trong bảng 4.2. Mô phỏng thí nghiệm trong phòng được trình bày trong hình 4.9 đối với quá trình thí công ép cọc. Lực ép cọc theo phân tích nhỏ hơn so với thí nghiệm, Tuy nhiên, lực dừng ép tương đương với sức chịu tải của cọc.



Hình 4.9: Lực ép mô hình cọc trong phòng thí nghiệm theo kết quả phân tích bằng phần mềm PDC PileS



a) **Kết quả đo biến dạng**

b) **Kết quả phân tích PDC PileS**

Hình 4.11: Biểu đồ phân bố lực dọc thân cọc theo kết quả thí nghiệm nén tĩnh và phân tích bằng phần mềm PDC PileS

4.2. Thí nghiệm cọc tại hiện trường

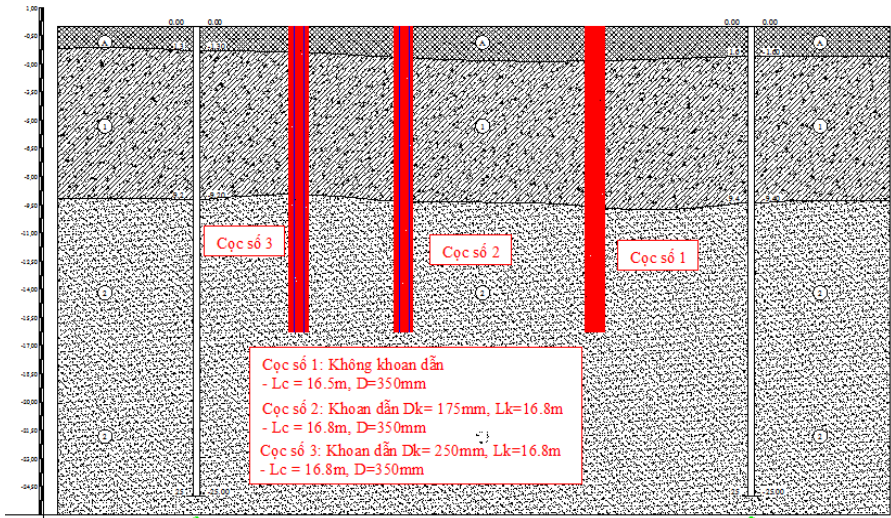
4.2.1. Cọc thí nghiệm

- + Cọc ép thử số 1: Không khoan dẫn
 - Cọc bê tông ly tâm đường kính D350mm dài 19m, gồm 2 đoạn
 - Độ sâu mũi cọc từ mặt đất sau khi ép là: -16,801m.
 - Lực ép khi dừng là: $P_{\text{ép}} = 119,62T$.
- + Cọc ép thử số 2: khoan tạo lỗ đường kính 0,175m, lỗ khoan sâu 16m.
 - Cọc bê tông ly tâm đường kính D350mm dài 19m, gồm 2 đoạn.
 - Độ sâu mũi cọc từ mặt đất sau khi ép là: -16,801m.
 - Lực ép khi dừng là: $P_{\text{ép}} = 116,78T$
- + Cọc ép thử số 3: khoan tạo lỗ đường kính 0,25m, lỗ khoan sâu 16 m.

- Cọc bê tông ly tâm đường kính D350mm dài 19m, gồm 2 đoạn
- Độ sâu mũi cọc từ mặt đất sau khi ép là: -16,801m.
- Lực ép khi dừng là: $P_{\text{ép}} = 114,84\text{T}$

4.2.2. Số liệu địa chất

Căn cứ vào kết quả khảo sát hiện trường & kết quả thí nghiệm trong phòng, địa tầng tại công trình: “Lập Dự án Xây dựng, Sửa chữa và Nâng cấp Trường phổ thông Trung học Bùi Thị Xuân” khảo sát từ mặt đất đến độ sâu 25m.



Hình 4.12: Mặt cắt địa chất và vị trí của cọc thí nghiệm

4.2.4. Lắp đặt đầu đo biến dạng

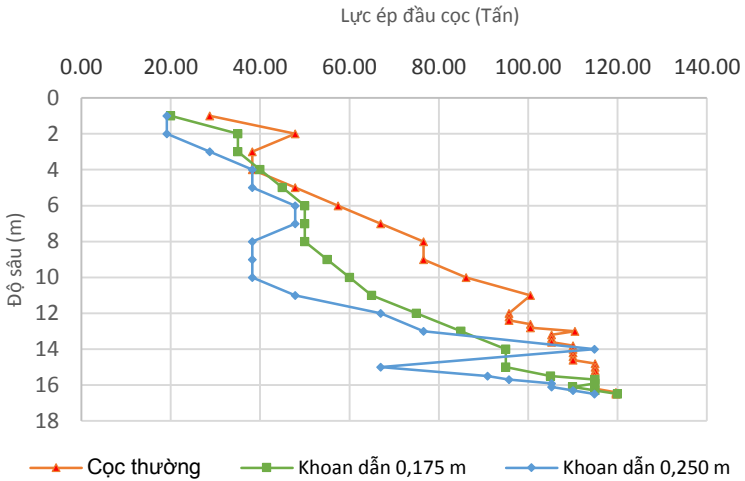
Đầu đo biến dạng

Đầu đo strain gauges thường được sử dụng kết hợp với gia tải tĩnh để xác định sự phân bố tải trọng dọc theo chiều sâu của cọc, đánh giá sức kháng thành đơn vị theo chiều sâu và các mục đích khác phục vụ yêu cầu thiết kế cọc của đơn vị Tư vấn thiết kế.

4.2.5. Ép hạ cọc thí nghiệm

Từ các nhận xét trên đây có thể kết luận: việc khoan dẫn với đường kính $D_k=0,175\text{ m}$ và $D_k=0,250\text{ m}$ (nhỏ hơn đường kính cọc) không làm giảm

đáng kể ma sát trên thân cọc. Sức kháng của đất giảm trong quá trình hạ cọc khi có khoan dẫn là do giảm sức kháng dưới mũi cọc là chính.



Hình 4.17: Lực ép hạ cọc thí nghiệm tại hiện trường

4.2.6. Kết quả thí nghiệm nén tĩnh xác định sức chịu tải của cọc

Kết quả thí nghiệm nén tĩnh dọc trục ba cọc tại hiện trường, biểu đồ quan hệ Tải trọng nén – Độ lún:

- Đối với cọc không khoan dẫn, độ lún ứng với tải trọng 110 T là $S = 5.82$ mm;
- Đối với cọc khoan dẫn $D_k = 0.175$ m, độ lún ứng với tải trọng 110 T là $S = 7.15$ mm;
- Đối với cọc khoan dẫn $D_k = 0.25$ m, độ lún ứng với tải trọng 110 T là $S = 9.76$ mm;

4.2.6 Kết quả thí nghiệm đo biến dạng cọc

Việc đo biến dạng cọc, từ đó xác định lực dọc phân bố trong cọc được thực hiện cho tất cả các cấp tải thí nghiệm. Kết quả xác định giá trị lực dọc phân bố trong cọc ở các cấp tải 55 T và 110 T.

Phân tích kết quả thí nghiệm đo biến dạng cọc cho thấy, ở cấp tải thí nghiệm cuối cùng, giá trị thành phần ma sát trên thân cọc hạ có khoan dẫn $D_k = 0.175$ m và cọc có khoan dẫn $D_k = 0.25$ m nhỏ hơn ma sát trên thân cọc hạ không khoan dẫn tương ứng 3T (3.2%) và 6T (6.4%).

4.2.7 Phân tích mô phỏng cọc thí nghiệm bằng phần mềm Kết quả thí nghiệm đo biến dạng cọc PDC Piles

Bảng 4.7: Bảng tổng hợp kết quả phân tích bằng 3 phương pháp

Giá trị hệ số suy giảm sức chịu tải cọc				
Phương pháp phân tích	Phân tích bằng phần mềm PDC PileS	Thí nghiệm mô hình cọc trong Phòng thí nghiệm	Phân tích bằng phần mềm PDC PileS	Thí nghiệm cọc thực tế tại công trường
Kích thước cọc:	D = 0,1m L = 1m	D = 0,1m D = 1m	D = 0,35m L = 16,5m	D = 0,35m L = 16,5m
Lực ép lớn nhất	2,5T	2,5 T	110T	114,84T
Cấu tạo địa chất	Lớp 1: Cát	Lớp 1: Cát	Lớp 1: Á sét Lớp 2: Á cát	Lớp 1: lấp Lớp 2: Á sét Lớp 3: Á cát
Hệ số suy giảm sức chịu tải cọc ép không khoan dẫn	≈ 1,0	≈ 1,0	≈ 1,0	≈ 1,0
Hệ số suy giảm sức chịu tải cọc khoan hạ $D_k/D = 1/2$	0,95	0,95	0,97	0,96
Hệ số suy giảm sức chịu tải cọc khoan hạ $D_k/D = 2/3$	0,88	0,86	0,93	0,89

KẾT LUẬN CHƯƠNG 4

- Sức kháng của đất trong quá trình ép cọc chủ yếu do giảm sức kháng mũi, ma sát trên thân cọc giảm một phần.

- Trường hợp thí nghiệm mô hình cọc trong phòng: Kết quả thí nghiệm cho thấy sức chịu tải của cọc có khoan dẫn đường kính bằng 0.5 lần và 0.7 lần đường kính cọc, sâu đến mũi cọc, so với cọc không khoan dẫn chênh nhau tương ứng 4% và 17%.

- Trường hợp cọc thí nghiệm tại hiện trường: Kết quả thí nghiệm cho thấy sức chịu tải của cọc có khoan dẫn đường kính bằng 0.5 lần và 0.7 lần đường kính cọc sâu gần đến mũi cọc, so với cọc không khoan dẫn chênh nhau tương ứng 4% và 11%.

- Qua kết quả thí nghiệm trong phòng, thí nghiệm cọc thực tế hiện trường, phân tích bằng phần mềm PDC PileS cho thấy sự xấp xỉ và tương đồng với lời giải lý thuyết về sự suy giảm sức kháng của đất trong quá trình hạ cọc.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

a. Kết luận

Từ các kết quả tổng hợp lý thuyết, phân tích và so sánh cho thấy ảnh hưởng của biện pháp thi công khoan dẫn đối với sự suy giảm sức kháng của đất trong quá trình hạ cọc:

1. Mô phỏng quá trình ép cọc bằng phần mềm luận văn (PDC PileS) có thể dự tính được lực ép cọc theo độ sâu đối với các đường kính lỗ khoan khác nhau.
2. Sức chịu tải của cọc có khoan dẫn suy giảm khi ép cọc trong đất cát do sự suy giảm ma sát thành cọc một phần và tại mũi cọc.
3. Từ kết quả thí nghiệm và phân tích mô hình thu nhỏ của cọc cho thấy sức chịu tải của cọc trong đất cát có khoan dẫn đường kính bằng 0.5 lần và 0.7 lần đường kính cọc sâu gần đến mũi cọc, so với cọc không khoan dẫn chênh nhau tương ứng 4% và 17%.
4. Thí nghiệm cọc kích thước thực cũng cho thấy sự suy giảm ma sát thành cọc không đáng kể khi khoan dẫn so với khi không khoan dẫn. Kết quả thí nghiệm cho thấy sức chịu tải của cọc có khoan dẫn đường kính bằng 0.5 lần và 0.7 lần đường kính cọc sâu gần đến mũi cọc, so với cọc không khoan dẫn chênh nhau tương ứng 4% và 11%.

b. Kiến nghị

Qua kết quả nghiên cứu trên, nghiên cứu sinh nhận thấy rõ phương pháp thi công khoan hạ cọc đã thể hiện tính ưu việt trong việc chọn lựa biện pháp thi công móng cọc đối với các công trình có nền địa chất không thuận lợi.

Với kết quả đề tài có thể làm cơ sở khoa học và định hướng nghiên cứu tiếp theo hướng đến việc xác định các hệ số, thông số thực nghiệm áp dụng cho cọc khoan hạ vào việc hoàn thiện hệ thống Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam.

Các tài liệu đã công bố

1. Lương Toàn Hiệp, Trần Thạch Linh, 2015, Nghiên cứu ứng xử đất nền quanh cọc khoan hạ, *Hội nghị Khoa học Cán bộ trẻ lần thứ XIII - Viện KHCN Xây dựng*, Hà Nội. **Chỉ số ISBN: 978 – 604 – 82 – 1726 – 6**
2. Lương Toàn Hiệp, Trần Thạch Linh, 2016, Phân tích ứng xử đất nền quanh cọc khoan hạ bằng phần mềm ABAQUS – Phương pháp phần tử hữu hạn, *Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Đại học Công nghệ Tp.HCM*, Tp.HCM.
3. Lương Toàn Hiệp, Nguyễn Huỳnh Việt Xô, 2018, Nghiên cứu ứng xử đất nền xung quanh cọc khoan hạ bằng phương pháp phần tử hữu hạn, *Kỷ yếu Hội nghị khoa học quốc tế Kỷ niệm 55 năm ngày thành lập Viện KHCN Xây dựng*, Hà Nội, trang 395- 403. **Chỉ số ISBN:978 – 604 – 82 – 2586 - 5**