

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

LÊ QUÂN

NGHIÊN CỨU
ỨNG DỤNG CỌC HẠT RỜI BỌC VẢI ĐỊA KỸ THUẬT
TRONG CẢI TẠO NỀN ĐẤT YẾU

Chuyên ngành: KỸ THUẬT ĐỊA CHẤT

Mã số chuyên ngành: 62.52.05.01

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

TP. HỒ CHÍ MINH - NĂM 2023

Công trình được hoàn thành tại **Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM**

Người hướng dẫn 1: TS. Võ Đại Nhật

Người hướng dẫn 2: PGS. TS. Nguyễn Việt Kỳ

Phản biện độc lập 1:

Phản biện độc lập 2:

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án sẽ được bảo vệ trước Hội đồng đánh giá luận án họp tại

.....
.....

vào lúc giờ ngày tháng năm

Có thể tìm hiểu luận án tại thư viện:

- Thư viện Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG-HCM
- Thư viện Đại học Quốc gia Tp.HCM
- Thư viện Khoa học Tổng hợp Tp.HCM

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

Tạp chí quốc tế

1. Phạm Tiên Bach, Võ Đại Nhất, Lê Quan “Geosynthetic Encased Column – An Alternative of Technical Solution in Soft Soil Improvement for Construction Works in Vietnam”, Modern Environmental Science and Engineering (ISSN 2333-2581), Volume 5, Number 10, pp. 933 – 939, October 2019.

Tạp chí trong nước

1. Lê Quan, Võ Đại Nhất, Nguyễn Việt Kỳ, Phạm Tiên Bach “Comparison of settlement between granular columns with and without geosynthetic encasement”, Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology; 2(2): pp. 115-121., September, 2019.

2. Phạm Tiên Bach, Võ Đại Nhất, Lê Quan, Nguyễn Việt Kỳ “Maxwell model for geosynthetic encased column (GEC) in soft ground improvement for construction works in Vietnam”, Sci. Tech. Dev.J.- Engineering and Technology; 4(1): pp 747-757, March 2021.

3. Lê Quan, Võ Đại Nhất, Phạm Tiên Bach, Nguyễn Việt Kỳ “Deformation behaviour of granular column reinforced by geosynthetic encasement”, Sci. Tech. Dev.J.- Engineering and Technology; 4(2): pp 948-954, May 2021.

Kỷ yếu hội nghị quốc tế

1. Võ Đại Nhất, Lê Quan, Phú Nhật Truyền, Nguyễn Việt Kỳ, Võ Đình Uy “Soft soil improvement by encased granular column: Analytical and Numerical Analyses” in Proceedings SEATUC 2022, 23-24 February, 2022 pp. 51-56 (ISSN 2186-7631).

2. Quan Lê, Đại Nhất Võ, and Nhật Truyền Phú “Evaluation of The Effectiveness of Geosynthetic Encased Granular Column in Soft Soil Improvement by Numerical Method and Field Experiment” in Abstract book ICSCFA 2023 -The Third International Conference on Sustainable Civil Engineering and Architecture, 19-21 July, 2023 pp. 156

Kỷ yếu hội nghị trong nước

1. Lê Quan, Võ Đại Nhất, Nguyễn Việt Kỳ, Phạm Tiên Bach “A study on geosynthetic encased granular column materials” in Proceedings VietGeo, 2019, pp. 306 – 312.

MỞ ĐẦU

1. Tính cấp thiết của đề tài

Việt Nam là đất nước có nhiều khu vực nền đất yếu, đặc biệt tập trung ở lưu vực sông Hồng và sông Mê Kông. Để cải tạo nền đất yếu ở các khu vực này, hiện tại có nhiều phương pháp được áp dụng tại Việt Nam. Tuy nhiên, cải tạo nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT là một phương pháp đã và đang được nhiều nơi trên thế giới nghiên cứu lý thuyết, thực nghiệm cũng như áp dụng vào thực tế. Đây cũng được coi là một giải pháp cần thiết cho quá trình phát triển, đáp ứng được nhu cầu các công trình có tải trọng lớn, tải trọng động, đồng thời yêu cầu tính ổn định cao như hệ thống kho cảng, nhà máy, đường cao tốc, đê kè, sân bay. Ngoài ra, phương pháp còn giúp giảm được lượng đất đắp, sử dụng các nguyên liệu sẵn có tại địa phương như cát, sỏi, đá..., điều này góp phần giảm chi phí đầu tư, thân thiện với môi trường. Mặc dù có nhiều ưu điểm như vậy, nhưng tại Việt Nam hầu như chưa có bất cứ hình thức nghiên cứu đầy đủ nào về phương pháp này. Do đó, để có thể áp dụng phương pháp cải tạo nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT vào điều kiện Việt Nam thì cần phải nghiên cứu một cách có hệ thống về lý thuyết, mô hình tính toán và thực nghiệm là vô cùng cần thiết.

2. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

a. Đối tượng nghiên cứu:

Khu vực nền đất yếu xây dựng nhà máy Vifon II tại Long An được gia cố bằng cọc hạt rời thông thường và cọc hạt rời bọc vải ĐKT.

b. Phạm vi nghiên cứu

Áp dụng mô hình lắng trụ để nghiên cứu về ứng xử biến dạng cọc hạt rời thông thường và cọc bọc vải ĐKT sử dụng trong để cải tạo nền đất yếu với các giả thiết: i) Mô hình được mô phỏng trong điều kiện thoát nước để đảm bảo không có áp lực nước lỗ rỗng được tạo ra trong quá trình gia tải; ii) Lún đầu cọc và đất là như nhau; iii) Bỏ qua ảnh hưởng của phương pháp thi công cọc; iv) Bỏ qua ảnh hưởng lún lớp đất chịu lực dưới mũi cọc; v) Cọc ở trạng thái áp lực chủ động; vi) Đất yếu xung quanh cọc ở trạng thái tĩnh; vii) Vải ĐKT có ứng xử đàn hồi tuyến tính.

3. Mục đích của luận án

Nghiên cứu, đánh giá hiệu quả của việc xử lý nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT so với cọc hạt rời thông thường.

4. Những luận điểm bảo vệ

- Cọc hạt rời bọc vải ĐKT có ưu điểm vượt trội so với cọc hạt rời không bọc vải ĐKT trong cải tạo nền đất yếu ở Việt Nam.
- Việc áp dụng mô hình lắng trụ trong đánh giá ứng xử của đất nền và cọc khi gia cố nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT rất có hiệu quả.

5. Nội dung nghiên cứu của luận án

- Nghiên cứu tổng quan về cọc hạt rời bọc vải ĐKT.
- Nghiên cứu cơ sở lý thuyết về cọc hạt rời bọc vải ĐKT.
- Nghiên cứu phân tích và đánh giá ảnh hưởng của các thông số thiết kế và các chỉ tiêu cơ lý của vật liệu cọc đến ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT bao gồm như sau:
 - + Ảnh hưởng của các thông số thiết kế bao gồm: Khoảng cách cọc, đường kính cọc, bề dày

lớp đất yếu.

- + Ảnh hưởng chỉ tiêu cơ lý của vật liệu cọc.
- Nghiên cứu phân tích và đánh giá mô hình cọc hạt rời bọc vải ĐKT tính toán theo phương pháp số với kết quả thực nghiệm ngoài hiện trường.
- Nghiên cứu phân tích và đánh giá ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT tính toán bằng phương pháp giải tích và phương pháp số.

6. Phương pháp nghiên cứu của luận án

- Tổng hợp các tài liệu, tham khảo và kế thừa có chọn lọc kết quả đã nghiên cứu của các tác giả trong và ngoài nước.
- Sử dụng ứng dụng khoa học công nghệ, sử dụng các phần mềm chuyên ngành để mô hình hóa bài toán thực tế.
- Sử dụng kết quả quan trắc lún thực tế, thí nghiệm bàn nén tại hiện trường.
- Tham khảo ý kiến chuyên gia.
- Nghiên cứu lý thuyết kết hợp với phân tích tính toán cụ thể và thực nghiệm hiện trường.

7. Những điểm mới về mặt khoa học của luận án

- Là một trong những nghiên cứu tiên phong cải tạo đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT tại Việt nam.
- Kết quả tính toán theo mô hình lý thuyết được kiểm chứng bằng kết quả thực nghiệm thực tế ngoài hiện trường.
- Nghiên cứu đã sử dụng phương pháp phân tích ngược Asaoka, phương pháp mô phỏng để kiểm chứng với kết quả nghiên cứu.
- Các kết quả nghiên cứu có khả năng áp dụng cho các công trình thực tế.

8. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của luận án

a. Ý nghĩa khoa học

- Cải tạo đất bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT là phương pháp mở rộng của phương pháp cải tạo đất bằng cọc hạt rời thông thường. Do đó, phương pháp đã kế thừa được cơ sở lý thuyết của phương pháp cải tạo đất bằng cọc hạt rời thông thường. Nghiên cứu của luận án đã góp phần làm sáng tỏ khả năng áp dụng mô hình lặn trụ trong tính toán đối với phương pháp giải tích và phương pháp số. Các nghiên cứu này có thể sử dụng làm tài liệu phục vụ công tác giảng dạy trong trường Đại học, tài liệu tham khảo cho các đơn vị tư vấn thiết kế chuyên ngành.
- Thông qua nghiên cứu ứng xử biến dạng của nền và cọc hạt rời bọc vải ĐKT sẽ giúp NCS và người đọc hiểu rõ hơn về cơ chế truyền lực cọc hạt rời bọc vải ĐKT và đất xung quanh vùng ảnh hưởng. Hiểu rõ được ưu điểm và ảnh hưởng của vải ĐKT đến nâng cao sức chịu tải và giảm biến dạng lún của cọc.

b. Ý nghĩa thực tiễn

- Phương pháp cải tạo nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT khắc phục được các hạn chế của phương pháp cải tạo nền đất yếu bằng cọc hạt rời thông thường đó là có thể áp dụng để cải tạo nền đất yếu có cường độ kháng cắt không thoát nước $S_u < 15 \text{ kN/m}^2$.

- Kết quả nghiên cứu cho thấy phương pháp cải tạo nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT có tính thực tiễn cao, có thể áp dụng cho các công trình có tính chất quan trọng như: nền đường giao thông, hệ thống đê kè, hệ thống cảng biển, nhà máy có tải trọng lớn do thiết bị thi công không quá phức tạp, tận dụng được các nguyên liệu làm cọc sẵn có tại địa phương và thân thiện với môi trường.
- Dựa trên kết quả nghiên cứu của luận án sẽ đóng góp thêm một phương pháp cải tạo nền đất yếu, tạo nên sự đa dạng trong lựa chọn các phương pháp cải tạo nền đất yếu hiện có tại Việt Nam.

9. Cơ sở tài liệu của luận án

- Luận án được phát triển trên cơ sở kế thừa kết quả nghiên cứu từ các đề tài nghiên cứu khoa học, báo cáo khoa học, bài báo khoa học đã được công bố trong các hội nghị khoa học, các tạp chí trong và ngoài nước. Các nghiên cứu do NCS thực hiện hoặc là đồng tác giả thực hiện đã được công bố dưới dạng bài báo trong nước và quốc tế. Sử dụng hồ sơ thiết kế khu vực nhà máy Vifon II, NCS áp dụng mô hình lắng trụ Raithel and Kempfert (2000) đề xuất sử dụng trong tính toán giải tích và phương pháp số (phần mềm PLAXIS v2018 bản quyền) với các thông số địa chất vào được lấy từ báo cáo khảo sát địa chất công trình khu vực nhà máy Vifon II. Để phân tích được ưu điểm của cọc hạt rời bọc vải ĐKT, NCS đã sử dụng kết quả tính toán của 4 loại đường kính cọc, 4 loại khoảng cách cọc, 4 loại chiều dài cọc (chiều sâu lớp đất yếu), 3 loại vật liệu làm cọc, 5 loại vải ĐKT chịu tải trọng tăng dần theo 6 cấp. Các kết quả tính toán bằng phương pháp giải tích và PLAXIS sử dụng mô hình đất “Mohr – Coulomb” và mô hình đất “Soft Soil” được so sánh với báo cáo quan trắc lún tại 4 vùng và báo cáo thử tải tĩnh của 3 cọc bằng phương pháp bần nén hiện trường khu vực nhà máy Vifon II. Các góp ý tại các buổi bảo vệ chuyên đề và các buổi hội thảo cũng đã giúp NCS hoàn thiện cuốn luận án này.

10. Cấu trúc của luận án

- Mở đầu
- Chương 1: Tổng quan về cọc hạt rời bọc vải địa kỹ thuật
- Chương 2: Phân tích và đánh giá ảnh hưởng các thông số thiết kế đến ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải địa kỹ thuật
- Chương 3: Phân tích và đánh giá mô hình cọc hạt rời bọc vải địa kỹ thuật tính toán theo phương pháp số với kết quả thực nghiệm hiện trường
- Chương 4: Phân tích và đánh giá ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải địa kỹ thuật bằng phương pháp giải tích và phương pháp số
- Kết luận và kiến nghị

CHƯƠNG 1 TỔNG QUAN CỌC HẠT RỜI BỌC VẢI ĐỊA KỸ THUẬT

1.1 Tổng quan về cọc hạt rời bọc vải địa kỹ thuật

Cọc hạt rời bọc vải ĐKT có thể được sử dụng để cải tạo các loại đất yếu trong điều kiện tự nhiên có khả năng chịu tải nhỏ, có tính nén lún lớn, bão hòa nước, có hệ số rỗng lớn $e > 1$, mô đun biến dạng $E < 5000$ kPa, sức chống cắt $S_u \leq 15$ kPa. Đất yếu bao gồm đất sét, sét pha cát trạng thái chảy dẻo đến chảy, bùn sét, bùn sét pha, bùn cát pha có lẫn hoặc không lẫn hữu cơ, than bùn hóa và than bùn. Cọc hạt rời bọc vải ĐKT được áp dụng để gia cố nền đất yếu cho nhiều công trình đường sắt cao tốc, đường cao tốc, đê kè tại Đức, Hà Lan và Thụy Điển từ cuối thập kỷ trước. Vật liệu được sử dụng rộng rãi để làm cọc hạt rời bọc vải ĐKT là vật liệu tự nhiên hoặc đã qua xử lý như đất, cát, đá nghiền hoặc vật liệu hỗn hợp thường có mô đun biến dạng từ 25 – 100 Mpa. Vải ĐKT có các đặc điểm sau: Không khóp nổi hoặc đường may, cường độ chịu kéo cao, Hệ số từ biến thấp, độ thấm cao, ít hư hỏng khi lắp đặt, chịu được hóa chất và vi sinh vật cao.

1.2 Tổng quan về các nghiên cứu trên thế giới và Việt nam

1.2.1 Trên thế giới

Nghiên cứu đầu tiên về cọc hạt rời bọc vải ĐKT được thực hiện từ năm 1984 bởi Van Impe. Từ đó đến nay có rất nhiều tác giả tập trung vào nghiên cứu về ứng xử biến dạng, sức chịu tải của cọc hạt rời bọc vải ĐKT với ba phương pháp chủ yếu là: i) Giải tích; ii) Phương pháp số; iii) Thí nghiệm

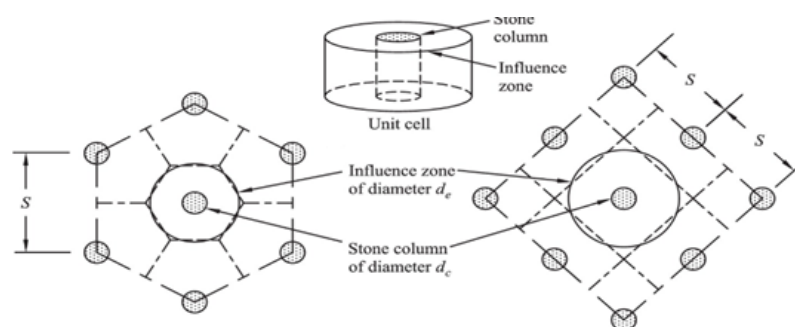
1.2.2 Tại Việt nam

Trong thực tế ở Việt nam mới tập trung áp dụng phương pháp cải tạo nền đất yếu bằng cọc hạt rời thông từ năm 2008 cho một số công trình công nghiệp, giao thông trong khuôn khổ các dự án như: Nhà máy Vifon II tại Long An, bãi thi công chế tạo giàn khoan cảng hạ lưu PTSC tại Vũng tàu, công trình nhà máy lọc hóa dầu Nghi Sơn tại Thanh Hóa, công trình bãi chứa quặng nhà máy thép Hòa Phát tại Quảng Ngãi và một số công trình xây dựng đường tại Cần thơ, đường cao tốc Hà Nội – Hải Phòng... Về học thuật cũng có một số bài báo, luận văn cao học nghiên cứu về cọc hạt rời thông thường được công bố bởi các tác giả như: Đỗ Mạnh Hùng vào năm 2015, Lê Bá Vinh và Lê Bá Khánh vào năm 2017; Lương Phương Hợp vào năm 2017...vv. Do đó, phương pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT hiện chưa có nghiên cứu cũng như ứng dụng thực tế tại Việt nam.

1.3 Tổng quan về lý thuyết cọc hạt rời bọc vải địa kỹ thuật

1.3.1 Khái niệm về mô hình lăng trụ

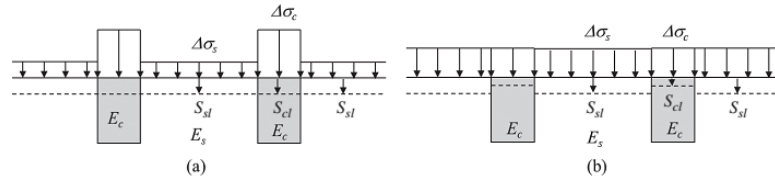
Về cơ bản, mô hình gồm hai phần: (i) cọc đá và (ii) đất xung quanh trong vùng ảnh hưởng của cọc đá.



Hình 1.10 Mô hình lăng trụ

1.3.2 Cơ chế truyền lực

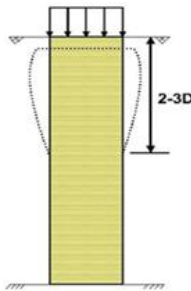
Trong tính toán địa kỹ thuật, có hai điều kiện về tải trọng và chuyển vị lý tưởng đó là: cân bằng ứng suất và cân bằng biến dạng. Cọc hạt rời và đất yếu xung quanh chênh lệch về ứng suất và biến dạng lún. Do đó cơ chế truyền lực giữa cọc hạt rời và đất yếu là nằm giữa điều kiện cân bằng biến dạng và cân bằng ứng suất.



Hình 1.1 (a) Cân bằng biến dạng-tĩnh tải; (b) Cân bằng ứng suất – hoạt tải

1.3.3 Dạng phá hủy

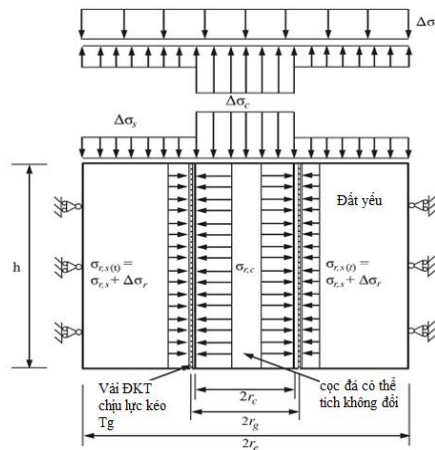
Theo một số nghiên cứu cho thấy cơ chế phá hủy của cọc hạt rời thông thường và cọc hạt rời bọc vải ĐKT là tương tự nhau, phần đầu cọc bị biến dạng ngang được trình bày ở hình 2.3. Tuy nhiên mức độ biến dạng giữa cọc hạt rời thông thường và cọc hạt rời bọc vải ĐKT là khác nhau. Biến dạng ngang của cọc bọc vải ĐKT sẽ được hạn chế do có sự hỗ trợ áp lực ngang gây ra bởi lực kéo của vải ĐKT. Biến dạng ngang ở vùng đầu cọc xuất hiện ở giai đoạn đầu của quá trình chịu tải trọng nén dọc trục, đất yếu xung quanh sát với phần trên của cọc bị trượt do biến dạng cắt gây ra bởi chuyển vị dọc trục của cọc hạt rời dẫn đến một phần của cọc bắt đầu phình ra khỏi vị trí ban đầu.



Hình 1.2 Dạng phá hủy của cọc hạt rời

1.3.4 Phương pháp giải tích

1.3.4.1 Mô hình áp dụng



Hình 1.14 Mô hình lăng trụ cho cọc hạt rời bọc vải ĐKT

Mô hình lăng trụ trình bày ở hình 1.14 áp dụng để mô phỏng tính toán cho cọc hạt rời bọc vải ĐKT gia cố nền đất yếu được đề xuất bởi Raithel và Kempfert (2000).

1.3.4.2 Các giả thuyết

Các giả thuyết sau đây được áp dụng cho mô hình: Ứng suất do ngoại lực phân bố đều theo độ sâu; Độ lún của đầu cọc hạt rời và đất yếu là như nhau; Bỏ qua lún của lớp chịu lực bên dưới mũi cọc; Cọc ở trạng thái áp lực đất chủ động; Áp lực đất ở trạng thái tĩnh; Vải ĐKT có ứng xử đàn hồi tuyến tính; Thiết kế dựa trên điều kiện thoát nước.

1.4 Phương pháp số – phần mềm plaxis

Plaxis là một phần mềm được xây dựng theo phương pháp phần tử hữu hạn, phát triển chuyên biệt cho tính toán biến dạng, ổn định, dòng chảy ngầm trong địa kỹ thuật. Các lý thuyết được sử dụng trong phần mềm plaxis bao gồm: Lý thuyết biến dạng, lý thuyết dòng chảy ngầm, lý thuyết cổ kết, bên cạnh đó là lý thuyết phần tử hữu hạn và các quy tắc lấy tích phân cho các loại phần tử khác nhau.

Phần mềm Plaxis 2D-2018 cho phép sử dụng các mô hình đất khác nhau như là Mohr-Coulomb, Soft-Soil model, Hardening – Soil model, Cam-Clay model, các giai đoạn thi công, sử dụng các phần tử dầm để mô phỏng kết cấu cọc, thoát nước đứng, mô phỏng gia cố phần tử vải địa kỹ thuật, phần tử tiếp xúc.

CHƯƠNG 2 PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG CÁC THÔNG SỐ THIẾT KẾ ĐẾN ỨNG XỬ BIẾN DẠNG CỦA CỌC HẠT RỜI BỌC VẢI ĐỊA KỸ THUẬT

2.1 Nội dung nghiên cứu

NCS sử dụng phần mềm Plaxis để mô phỏng mô hình lăng trụ cho cọc và đất yếu nhằm khảo sát ảnh hưởng của các thông số thiết kế đến ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT. Các thông số đầu vào dựa trên đặc điểm và điều kiện địa chất của công trình nhà máy Vifon II tại tỉnh Long An.

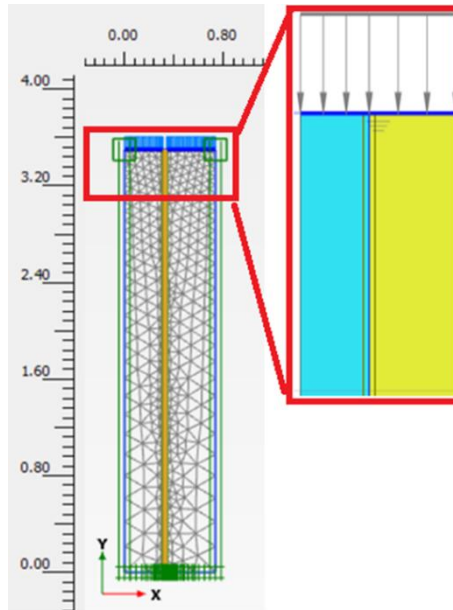
2.2 Điều kiện địa chất

Theo báo cáo khảo sát địa chất đến độ sâu 35 m, nền đất khu vực công trình bao gồm các lớp đất sau:

- Lớp 1: Sét xám trắng – nâu đỏ, vàng dẻo mềm.
- Lớp 2: Sét xám trắng, dẻo cứng.
- Lớp 3: Sét pha xám trắng, dẻo cứng.
- Lớp 4: Cát pha nâu trạng thái dẻo.
- Mực nước ngầm bằng cao trình mặt đất tự nhiên.

2.3 Mô phỏng mô hình

Mô hình đối xứng trục được xây dựng đối với cọc hạt rời bọc vải ĐKT được trình bày ở hình 2.4. là mô hình có trục đối xứng trùng với tâm của cọc, các vật liệu liên quan gồm: vật liệu cọc được mô phỏng theo mô hình Mohr-Coulomb, đất yếu xung quanh cọc được mô phỏng theo mô hình Soft Soil, vải bọc ĐKT được mô phỏng bởi phần tử geogrid. Mô hình được khống chế chuyển vị ngang. Mũi cọc được đặt trên lớp đất tuyệt đối cứng và cọc được cố định theo phương đứng và theo phương ngang. Lớp đất gia tải được mô phỏng bằng tải trọng phân bố đều đặt trên đỉnh lăng trụ. Trên đỉnh lăng trụ được mô phỏng một phần tử thép tấm để đảm bảo đất xung quanh và cọc có độ lún như nhau. Bài toán được phân tích theo mô hình đối xứng trục với phần tử tam giác 15 nút được sử dụng để mô tả phần tử đất. Vải ĐKT được xác định bằng phần tử 5 nút.



Hình 2.1 Mô hình mô phỏng lưới phần tử cọc hạt rời bọc vải ĐKT trong Plaxis

Bảng 2.1 Các chỉ tiêu cơ lý cơ bản của các lớp đất

Các chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp đất			
			Lớp 1	Lớp 2	Lớp 3	Lớp 4
Bề dày các lớp đất	H	m	3.5	3.6	5.8	> 25
Dung trọng tự nhiên	γ_w	t/m ³	1.854	1.975	2.03	1.94
Dung trọng bão hòa	γ_{sat}	t/m ³	1.897	2.05	2.48	2.04
Hệ số rỗng	e_o		0.931	0.719	0.629	0.596
Lực dính	c	kg/cm ²	0.16	0.23	0.23	0.09
Góc ma sát trong	ϕ	độ	25 ⁰	20 ⁰ 25'	24 ⁰ 39'	22 ⁰ 12'
Hệ số nén	C_c	cm ² /kg	0.249	0.161	0.167	0.078
Áp lực tiên cố kết	σ'_c	kg/cm ²	1.17	2.24	2.58	2.48
Hệ số cố kết đứng	c_v	cm ² /s	0.734x10 ⁻³	0.348x10 ⁻³	0.603x10 ⁻³	2.7x10 ⁻³
Mô đun đàn hồi	E	kN/m ²	2400	12500	14400	-
Hệ số Poisson	ν		0.35	0.3	0.3	0.3
SPT			5	15	11-14	-
Hệ số thấm ngang	k_h	m/day	3E-4	6E-5	12E-5	-
Hệ số thấm đứng	k_v	m/day	1E-4	3E-5	4E-5	-

2.4 Kết quả nghiên cứu

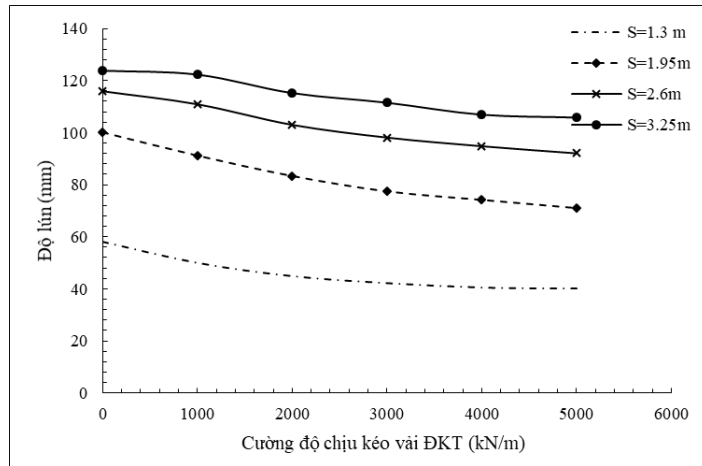
2.4.1 Ảnh hưởng của khoảng cách cọc

Các thông số sử dụng trong tính toán và mô phỏng mô hình đối với cọc hạt rời được trình bày ở bảng 2.3.

Bảng 2.2 Các thông số dùng trong mô phỏng kích thước hình học lăng trụ

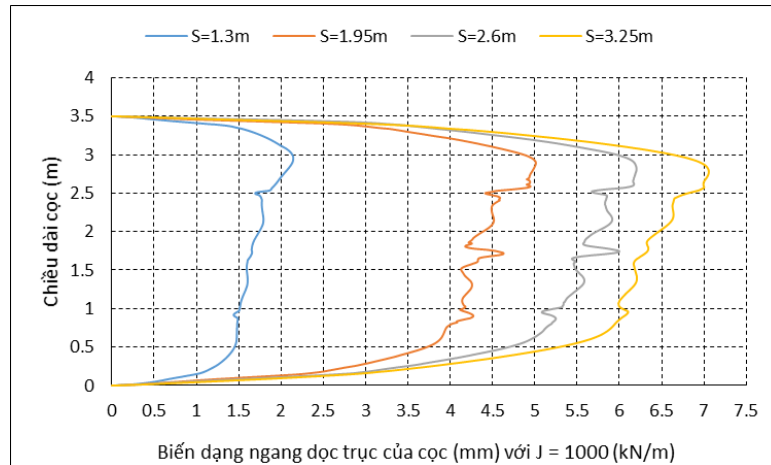
Đường kính cọc (m)	Tải trọng dọc trục (kN/m ²)	Chiều dài cọc (m)	Cường độ vải ĐKT (kN/m)	Khoảng cách cọc (m)	Bán kính lăng trụ (m)
0.65	205	3.5	0 ÷ 5000	1.3; 1.95; 2.6; 3.25	0.73; 1.1; 1.46; 1.83

Đồ thị trên hình 2.5 cho thấy độ lún của nền đất tăng lên với cọc có khoảng cách lớn và ngược lại. Độ lún của nền đất có xu hướng giảm đi khi cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên. Độ lún giữa nền đất gia cố bằng cọc hạt rời thông thường so với nền đất gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT cao hơn từ 1.2% đến 31% tùy theo cường độ kéo của vải ĐKT và khoảng cách cọc.



Hình 2.2 Độ lún của nền đất gia cố bằng cọc hạt rời có khoảng cách khác nhau

Đồ thị hình 2.11 trình bày biến dạng ngang của cọc hạt rời bọc vải ĐKT có cường độ chịu kéo $J = 1000$ kN/m theo chiều dài cọc.



Hình 2.3 Biến dạng ngang của cọc bọc vải ĐKT $J= 1000$ kN/m có khoảng cách khác nhau

Kết quả tính toán cho thấy độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất nằm trong khoảng $0.47d_c < H < 1.5d_c$. Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất với cọc có $S = 1.3$ m sẽ là nhỏ nhất và độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất sẽ tăng tương ứng khi khoảng cách tăng lên. Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất của cọc với $S=1.95; 2.6; 3.25$ m không chênh lệch nhiều. Ngoài ra, nghiên cứu cũng cho thấy khi tỉ số diện tích thay thế sẽ giảm đi khoảng cách cọc tăng lên và dẫn đến độ lún của nền đất yếu sẽ tăng.

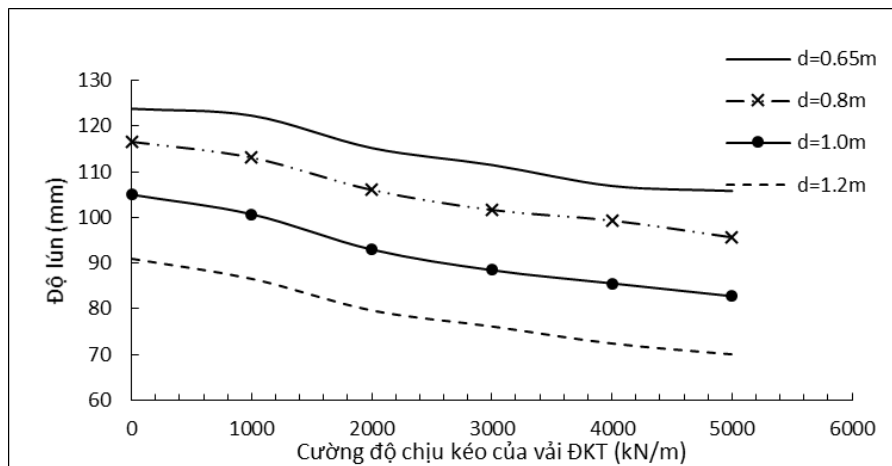
2.4.2 Ảnh hưởng của đường kính cọc

Các thông số sử dụng trong mô phỏng và tính toán đối với cọc hạt rời được trình bày ở bảng 2.6

Bảng 2.3 Các thông số dùng trong mô phỏng kích thước hình học lăng trụ

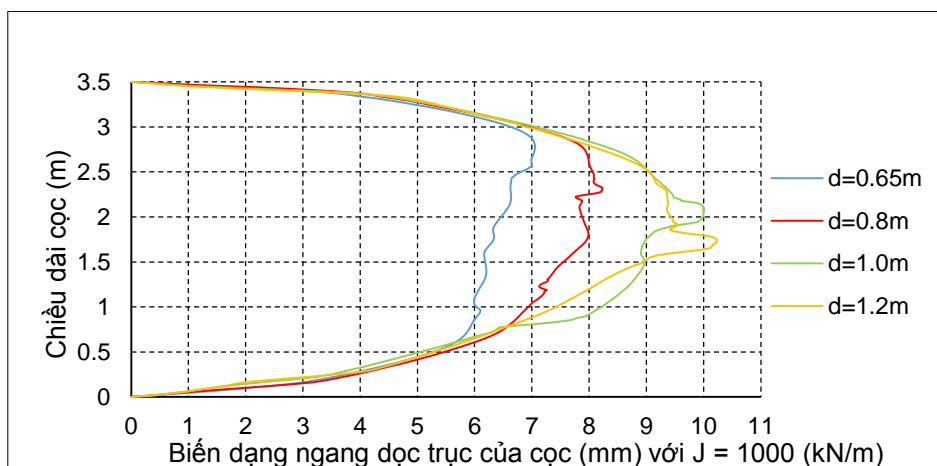
Đường kính cọc (m)	Tải trọng dọc trục (kN/m ²)	Chiều dài cọc (m)	Cường độ vải ĐKT (kN/m)	Khoảng cách cọc (m)	Bán kính lăng trụ (m)
0.65; 0.8; 1.0; 1.2	205	3.5	0 ÷ 5000	3.25	1.83

Kết quả tính toán cho thấy độ lún của nền đất gia cố bằng cọc hạt rời thông thường cao hơn với độ lún của nền gia cố bằng cọc bọc vải ĐKT có cùng đường kính từ 1.2% đến 23.1%, tương ứng với cường độ chịu kéo của vải ĐKT từ 0 ÷ 5000 kN/m.



Hình 2.4 Độ lún của nền gia cố bằng cọc hạt rời có đường kính khác nhau

Biến dạng ngang theo chiều dài của cọc hạt rời bọc vải ĐKT có đường kính khác nhau có cùng cường độ chịu kéo của vải là 1000 kN/m được trình bày ở hình 2.20



Hình 2.5 Biến dạng ngang của cọc bọc vải ĐKT với $J=1000$ kN/m và đường kính khác nhau

Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất nằm trong khoảng từ $0.8d_c < H < 1.5d_c$. Độ sâu của biến dạng ngang sẽ là nhỏ nhất ứng với cọc có đường kính $d_c = 1.2$ m và tăng lên tương ứng với đường kính lần lượt là $d_c = 1.0$; 0.8 và 0.65 m. Đường kính cọc tăng lên, tương ứng với tỉ số diện tích thay thế tăng từ 3.1% đến 10.7% dẫn đến độ lún của nền đất sẽ giảm đi.

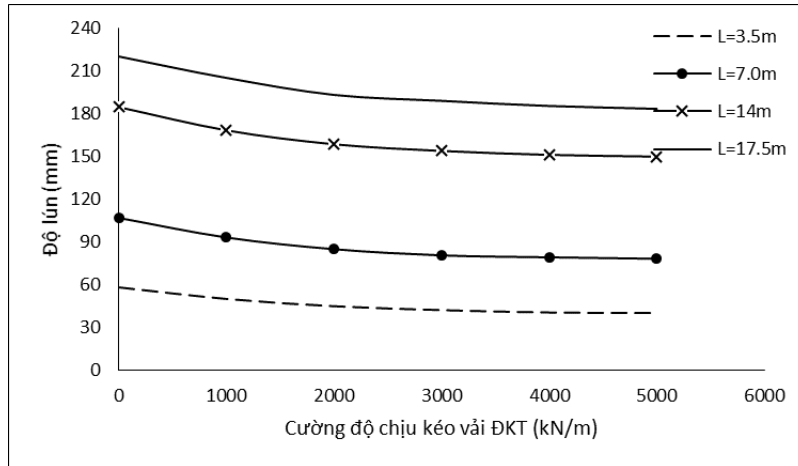
2.4.3 Ảnh hưởng của bề dày đất yếu

Các thông số sử dụng trong mô phỏng và tính toán đối với cọc hạt rời được trình bày ở bảng 2.9

Bảng 2.4 Các thông số dùng trong mô phỏng kích thước hình học lăng trụ

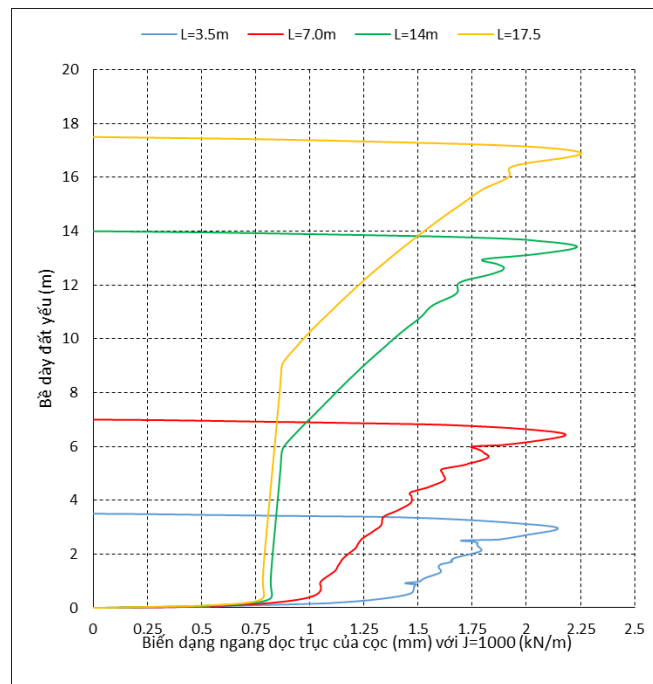
Đường kính cọc (m)	Tải trọng dọc trục (kN/m ²)	Chiều dài cọc (m)	Cường độ vải ĐKT (kN/m)	Khoảng cách cọc (m)	Bán kính lăng trụ (m)
0.65	205	3.5; 7.0; 14; 17.5	0 ÷ 5000	1.3	0.73

Đồ thị ở hình 2.27 cho thấy độ lún của nền đất gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT có xu hướng tăng khi bề dày lớp đất yếu tăng và ngược lại. Độ lún của nền gia cố giảm nhẹ khi cường độ chịu kéo J của vải ĐKT tăng lên.



Hình 2.6 Độ lún của nền đất gia cố bằng cọc hạt rời có chiều dày đất yếu khác nhau

Chênh lệch độ lún của nền đất gia cố bằng cọc hạt rời thông thường và nền đất gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT có cùng chiều dày thay đổi từ 6.8% đến 31% với cường độ chịu kéo của vải ĐKT thay đổi từ 1000 đến 5000 kN/m.



Hình 2.7 Biến dạng ngang của cọc bọc vải ĐKT với bề dày đất yếu thay đổi

Kết quả nghiên cứu cho thấy độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất nằm trong khoảng $0.7d_c < H < 0.9d_c$. Độ cao của biến dạng ngang sẽ giảm đi khi cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên.

2.4.4 Ảnh hưởng của vật liệu cọc

Các thông số sử dụng trong mô phỏng và tính toán đối với cọc hạt rời được trình bày ở bảng 2.12.

Bảng 2.5 Các thông số dùng trong mô phỏng kích thước hình học lăng trụ

Khoảng cách cọc (m)	Tải trọng dọc trục (kN/m ²)	Chiều dài cọc (m)	Cường độ vải ĐKT (kN/m)	Khoảng cách cọc (m)	Bán kính lăng trụ (m)
0.65	205	3.5	0 ÷ 5000	1.3	0.73

NCS chỉ lựa chọn thông số mô đun biến dạng E của vật liệu cọc thay đổi, do đó trong mô phỏng thì 3 mô hình chỉ khác nhau thông số mô đun biến dạng của cọc. Các chỉ tiêu cơ lý cơ bản của vật liệu cọc được trình bày ở bảng 2.13

Bảng 2.13 Chỉ tiêu cơ lý của các loại vật liệu cọc

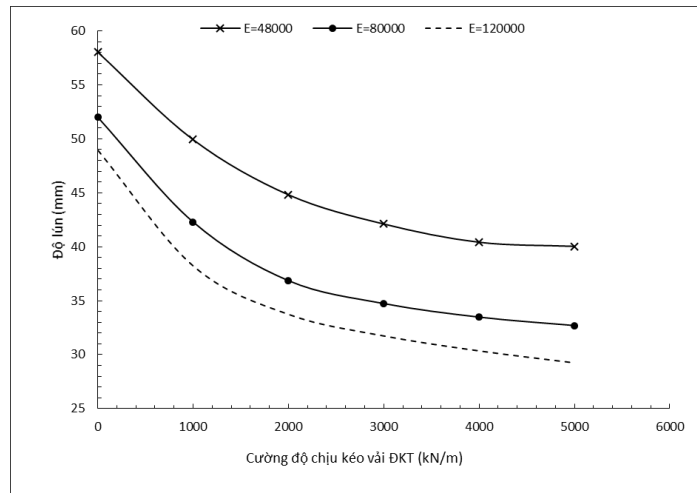
Vật liệu	$\gamma_{c,sat}$ (kN/m ³)	E (kN/m ²)	c (kN/m ²)	ϕ (°)	ν
Đá 2x4	20	120,000	0.1	40° 0'	0.3
Đá 2x4	20	80,000	0.1	40° 0'	0.3
Đá 2x4	20	48,000	0.1	40° 0'	0.3

Đồ thị trình bày trên hình 2.35 cho thấy, nền đất gia cố bằng cọc đá với E=120000 kN/m² có độ lún nhỏ nhất, sau đó đến nền đất gia cố bằng cọc đá với E=80000 kN/m² và độ lún lớn nhất là nền gia cố bằng cọc đá với E=48000 kN/m².

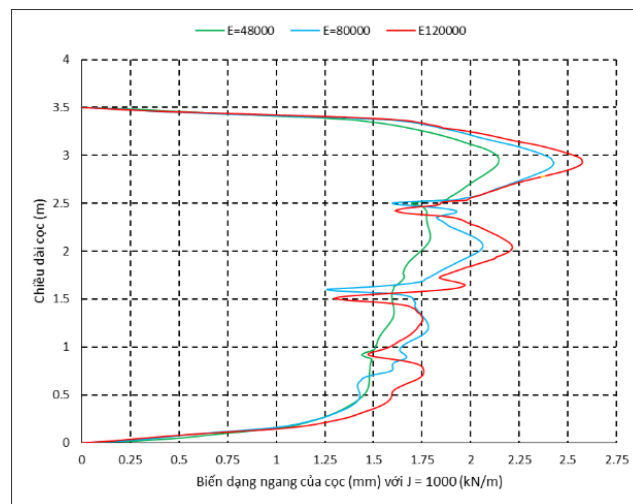
Kết quả cũng cho thấy chênh lệch độ lún tăng lên khi cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên. Chênh lệch độ lún giữa nền đất gia cố bằng cọc đá với nền đất gia cố bằng cọc đá bọc vải ĐKT có E = 48000 kN/m² từ 14% đến 31%; độ lún của nền đất gia cố bằng cọc đá với nền đất gia cố bằng cọc đá bọc vải ĐKT có E = 80000 kN/m² từ 18.7% đến 37.1%; độ lún của nền đất gia cố bằng cọc đá với nền đất gia cố bằng cọc đá bọc vải ĐKT có E = 120000 kN/m² từ 21.9% đến 40.3%, tương ứng với cường độ chịu kéo của vải ĐKT từ 1000 đến 5000 kN/m.

Hình 2.37 trình bày phân bố biến dạng ngang theo chiều dài của từng cọc đá bọc vải ĐKT có J = 1000 kN/m với mô đun biến dạng khác nhau.

Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất nằm trong khoảng từ $0.72d_c < H < 0.93d_c$. Độ sâu của biến dạng ngang sẽ là giảm xuống khi cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên. Độ sâu biến dạng ngang lớn nhất của cọc E=80000 kN/m² và E=120000 kN/m² chỉ khác biệt nhau rất ít. Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất của cọc E=48000 kN/m² giảm đi đáng kể khi giá trị cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên.



Hình 2.8 Độ lún của nền đất gia cố bằng cọc đá với Mô đun biến dạng khác nhau



Hình 2.9 Biến dạng ngang của cọc bọc vải ĐKT với vật liệu có mô đun biến dạng khác nhau

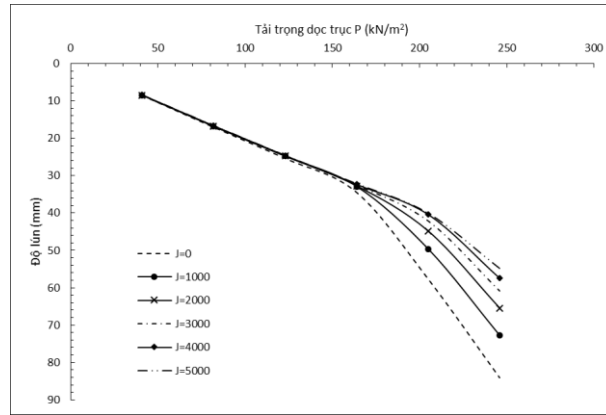
2.4.5 Ảnh hưởng của tải trọng dọc trục

Các thông số sử dụng trong mô phỏng và tính toán đối với cọc hạt rời được trình bày ở bảng 2.15.

Bảng 2.6 Các thông số dùng trong mô phỏng kích thước hình học lăng trụ

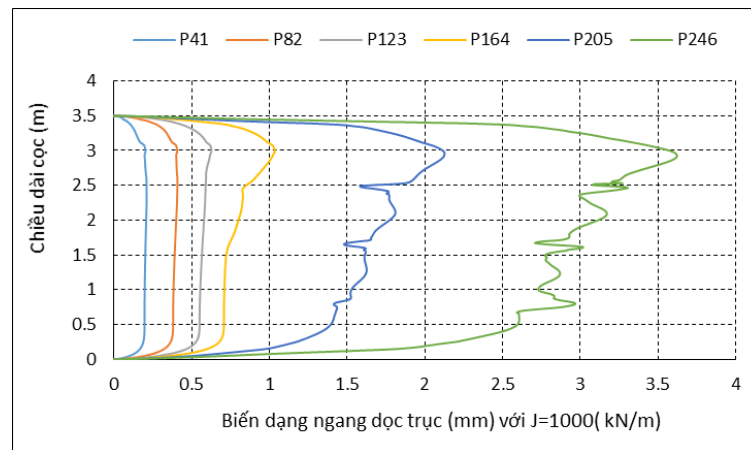
Đường kính cọc (m)	Chiều dài cọc (m)	Cường độ vải ĐKT (kN/m)	Khoảng cách cọc (m)	Bán kính lăng trụ (m)	Tải trọng dọc trục (kPa)
0.65	3.5	0 ÷ 5000	1.3	0.73	41; 82; 123; 164; 205; 246

Đồ thị trên hình 2.46 cho thấy, nền gia cố bằng cọc hạt rời thông thường có độ lún là lớn nhất, sau đó độ lún giảm dần tương ứng với nền được gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên từ 1000 ÷ 5000 kN/m². Có thể thấy trên đồ thị, độ lún của nền đất gia cố bằng các loại cọc không có sự chênh lệch nhiều ở mức tải trọng < 200 kN/m² hay nói cách khác là vải ĐKT không phát huy tác dụng ở mức tải trọng < 200 kN/m²; ở mức tải trọng > 200 kN/m² độ lún có sự khác biệt rõ rệt. Riêng cọc hạt rời bọc vải ĐKT có cường độ chịu kéo là J = 4000 kN/m và 5000 kN/m có độ lún chênh lệch không nhiều.



Hình 2.10 Độ lún của cọc hạt rời với $J=0 \div 5000$ kN/m dưới tác dụng của tải trọng

Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất nằm trong khoảng từ $0.72d_c < H < 1.92d_c$. Tải trọng tăng lên thì độ sâu của biến dạng ngang cũng tăng lên. Biến dạng ngang theo chiều dài của cọc hạt rời bọc vải ĐKT $J=1000$ kN/m dưới tác dụng của tải trọng khác nhau được trình bày ở hình 2.50.



Hình 2.11 Biến dạng ngang theo chiều dài của cọc bọc vải ĐKT $J=1000$ kN/m dưới tác dụng của tải trọng dọc trục từ $41 \div 246$ kN/m²

2.5 Kết luận

NCS đã thực hiện nghiên cứu ảnh hưởng của các thông số thiết kế đến ứng xử biến dạng của cọc hạt rời thông thường và cọc hạt rời bọc vải ĐKT bằng phương pháp số với điều kiện địa chất thực tế. Kết quả thu được trong phạm vi nghiên cứu như sau:

- Với đường kính cọc 0.65 m, chiều dài cọc 3.5 m, khoảng cách cọc 1.3 m, tải trọng dọc trục ≥ 205 kN/m², cường độ chịu kéo của vải ĐKT 5000 kN/m, thì độ lún của nền được gia cố bằng cọc hạt rời thông thường cao hơn đến 31% đến 40.3% so với độ lún của nền được gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT tương ứng với loại vật liệu cọc có mô đun biến dạng lần lượt là 48000 kN/m² và 120000 kN/m².
- Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất của cọc nằm trong khoảng từ $(0.47 \div 1.92)d_c$. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu của các tác giả khác trước đó của tác giả Lee và cộng sự (2007) khi thực hiện thí nghiệm mô hình và quan sát thấy rằng biến dạng ngang lớn nhất ở độ sâu bằng từ

1-2.5 lần đường kính cọc [17]; Khabbazian và cộng sự (2009) đã báo cáo rằng biến dạng ngang xuất hiện từ đầu cọc đến tới độ sâu tương đương 3 lần đường kính cọc [18]; Tác giả Ling Zhang và Minghua Zhao (2015) cho rằng biến dạng ngang lớn nhất ở phần đầu cọc và giảm dần ở độ sâu tương ứng với 3 lần đường kính cọc [15].

- Tỉ số diện tích thay thế của cọc và đất xung quanh ảnh hưởng đến diện tích chịu tải trọng. Độ lún sẽ tăng hoặc giảm khi tỉ số diện tích thay thế tăng hoặc giảm và tỉ số này trong khoảng từ 10% đến 20% là hợp lý.
- Nghiên cứu đã cho thấy ảnh hưởng và tầm quan trọng của cường độ chịu kéo vải ĐKT đến việc giảm đáng kể độ lún, tuy nhiên trong phạm vi nghiên cứu cọc bọc vải ĐKT chỉ phát huy tác dụng khi tải trọng lớn hơn 200 kN/m².

Kết quả tính toán trên cho thấy tính hiệu quả của việc áp dụng mô hình lặn trụ ví dụ như mô hình mô phỏng đơn giản, không mất nhiều thời gian tính toán trong khi vẫn cho phép thay đổi nhiều thông số thiết kế để đánh giá ứng xử của đất nền và cọc bọc vải ĐKT.

CHƯƠNG 3 PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ MÔ HÌNH CỌC HẠT RỜI BỌC VẢI ĐỊA KỸ THUẬT TÍNH TOÁN THEO PHƯƠNG PHÁP SỐ VÀ THỰC NGHIỆM HIỆN TRƯỜNG

3.1 Nội dung nghiên cứu

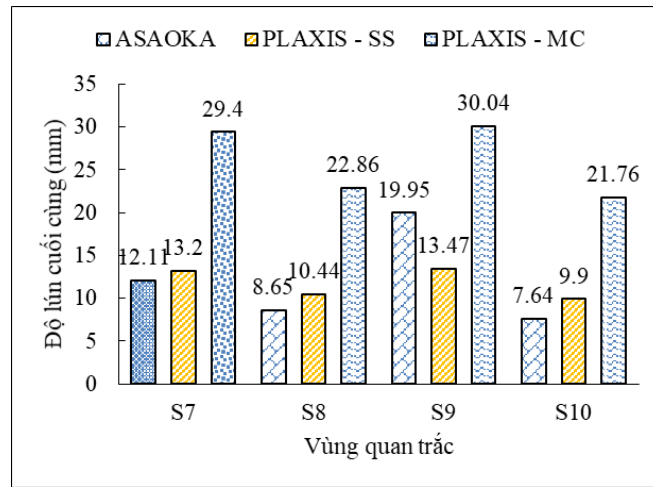
Ở chương này, NCS thực hiện nghiên cứu các nội dung bao gồm:

- So sánh các kết quả lún cuối cùng giữa nền đất gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT và nền đất gia cố bằng cọc hạt rời không bọc vải ĐKT. Nền được mô phỏng, tính toán bằng phương pháp số và phương pháp Asaoka dựa trên các số liệu đo đạc quan trắc ngoài hiện trường.
- So sánh kết quả thí nghiệm nén tĩnh cọc ngoài hiện trường với kết quả mô phỏng thí nghiệm bằng phương pháp số.
- Phân tích hiệu quả của cọc bọc vải ĐKT trong gia cố nền đất yếu bằng cách thêm phần tử GEOGRID vào mô hình nén tĩnh và mô hình gia tải toàn bộ nền.

3.2 So sánh độ lún của nền tính toán theo phương pháp số và phương pháp Asaoka

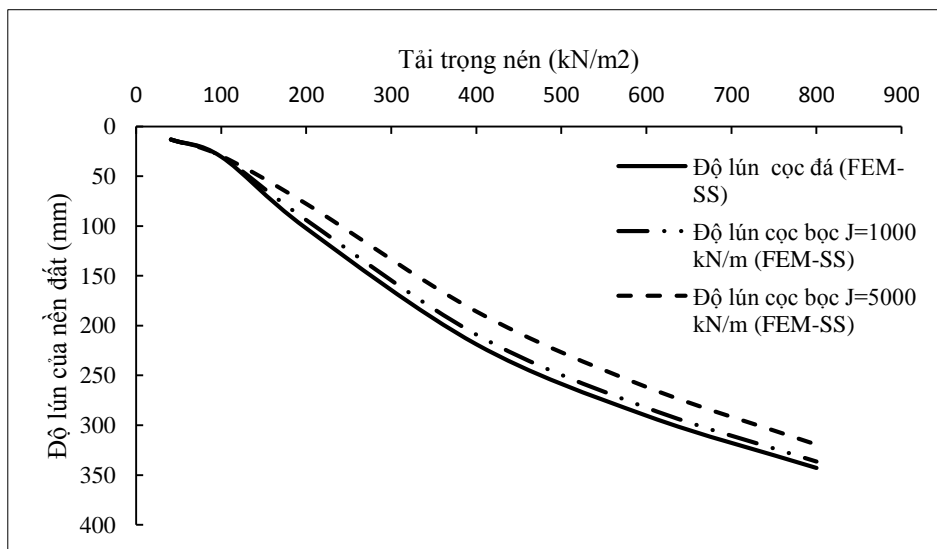
Các thông số đo đạc thực tế về kích thước cọc và quan trắc lún các vùng S7, S8, S9, S10 được NCS đưa vào mô phỏng lặn trụ bằng phương pháp số cho hai trường hợp: i) đất yếu được mô phỏng theo mô hình Soft Soil và ii) đất yếu được mô phỏng theo mô hình Mohr-Coulomb, kết quả tính toán mô phỏng được so sánh với số liệu quan trắc được xử lý bằng phương pháp Asaoka. Đồ thị hình 3.12 trình bày độ lún của nền đất các vùng được tính toán theo phương pháp Asaoka và phương pháp số. Đồ thị cho thấy sự khác nhau về độ lún của các phương pháp. Độ lún của nền đất gia cố bằng cọc đá từng vùng với đất yếu được mô phỏng theo mô hình Mohr - Coulomb cao hơn so với đất yếu được mô phỏng theo mô hình Soft Soil từ 54.3% đến 55.2%. Độ lún của nền đất gia cố bằng cọc đá tính toán bằng phương pháp số mà đất yếu sử dụng mô hình Mohr – Coulomb cao hơn so với độ lún phân tích theo phương pháp Asaoka từ 33.6% đối với vùng S9 và từ 58.8% đến 64.9% đối với vùng S7, S8 và S10. Độ lún của nền đất giữa phương pháp số mà đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil cao hơn so với độ lún phân tích theo phương

pháp Asaoka từ 8.3% đến 22.8% đối với vùng S7, S8, S10 và thấp hơn 32.5% đối với vùng S9.



Hình 3.1 Đồ thị so sánh độ lún của các vùng theo phương pháp Asaoka và phương pháp số

Như vậy, trường hợp đất yếu mô phỏng sử dụng mô hình Soft Soil cho kết quả lún gần với kết quả lún phân tích theo phương pháp Asaoka. Khi so sánh kết quả độ lún của nền theo mô phỏng số mà đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil và kết quả độ lún quan trắc theo phân tích Asaoka chênh lệch là nhỏ nhất là 8.3% đối với vùng S7. Kết quả này là đáng tin cậy nên NCS tiếp tục mô phỏng cọc được bọc vải ĐKT gia cố đất vùng S7 với cường độ kéo của vải là 1000 và 5000 kN/m để tính toán độ lún của nền. Đồ thị hình 3.18 trình bày độ lún của nền đất vùng S7 gia cố bằng cọc đá và cọc đá bọc vải ĐKT theo phương pháp số.



Hình 3.2 Đồ thị lún của nền đất gia cố bằng cọc đá và cọc đá bọc vải ĐKT

Từ đồ thị và tính toán cụ thể cho thấy khi áp dụng cọc đá bọc vải ĐKT vào gia cố nền đất yếu thì kết quả độ lún có cải thiện. Tuy nhiên, với mức tải trọng nhỏ hơn 100 kN/m² thì chênh lệch độ lún của nền gia cố bằng cọc đá và nền gia cố bằng cọc bọc vải ĐKT không đáng kể chỉ từ 0.2% đến 3.2%. Với nền đất khu vực này cọc bọc vải ĐKT chỉ phát huy tác dụng ở mức tải trọng lớn hơn 200 kN/m². Do đó NCS tiếp tục khảo sát với các mức tải cao hơn để nghiên cứu tác dụng của cọc bọc vải ĐKT, kết quả cho thấy

chênh lệch giữa nền gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT và nền gia cố bằng cọc hạt rời không bọc lớn nhất lên tới 24.2% ở mức tải trọng 200 kN/m² với J=5000 kN/m². Chênh lệch độ lún của nền gia cố bằng cọc bọc vải ĐKT với nền gia cố bằng cọc không bọc sẽ giảm xuống từ 15.1% đến 6.8% tương ứng với mức tải trọng từ 400 kN/m² đến 800 kN/m².

3.2.1 Kết luận phần gia tải lún

Độ lún của nền đất yếu gia cố bằng cọc đá và cọc đá bọc vải ĐKT mà đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil cho kết quả thấp hơn với trường hợp đất yếu sử dụng mô hình Mohr-Coulomb và cho gần với kết quả độ lún của nền phân tích theo phương pháp Asaoka.

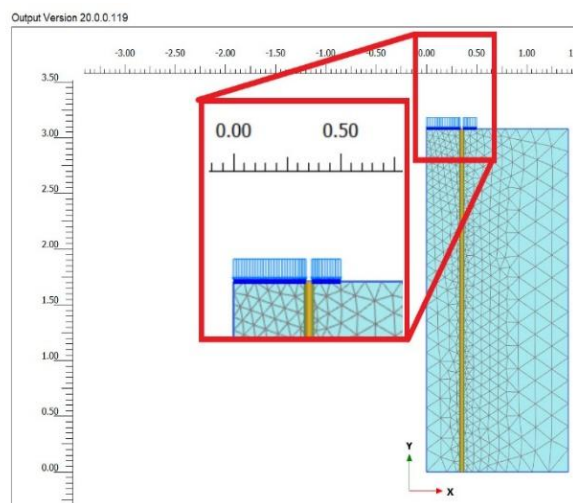
Sự khác biệt giữa đất yếu sử dụng mô hình Mohr-Coulomb và mô hình Soft Soil là do trong mô hình Soft soil có kể đến áp lực tiền cố kết của đất, còn mô hình Mohr-coulomb không kể đến thông số kể trên. Do vậy, đối với gia tải nền đất yếu trong phạm vi khu vực nghiên cứu:

- Đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil để mô phỏng là phù hợp với thực tế.
- Với các thông số về kích thước hình học đo đạc ngoài thực tế về đường kính cọc, chiều dài cọc được đưa vào mô phỏng số cho thấy cọc đá bọc vải ĐKT có tác dụng rất thấp hầu như không đáng kể ở mức tải trọng nhỏ hơn 200 kN/m². Chênh lệch độ lún giữa nền đất gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT với nền đất gia cố bằng cọc hạt rời thông thường đạt đến 24.2% ở mức tải trọng bằng 200 kN/m² và cường độ chịu kéo vải ĐKT bằng 5000 kN/m. Chênh lệch độ lún sẽ giảm xuống khi tải trọng lớn hơn 400 kN/m².

3.3 So sánh kết quả thử tĩnh cọc bằng thí nghiệm bàn nén tại hiện trường và kết quả mô phỏng thí nghiệm bằng phương pháp số

3.3.1 Kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường và mô phỏng thí nghiệm nén tĩnh cọc

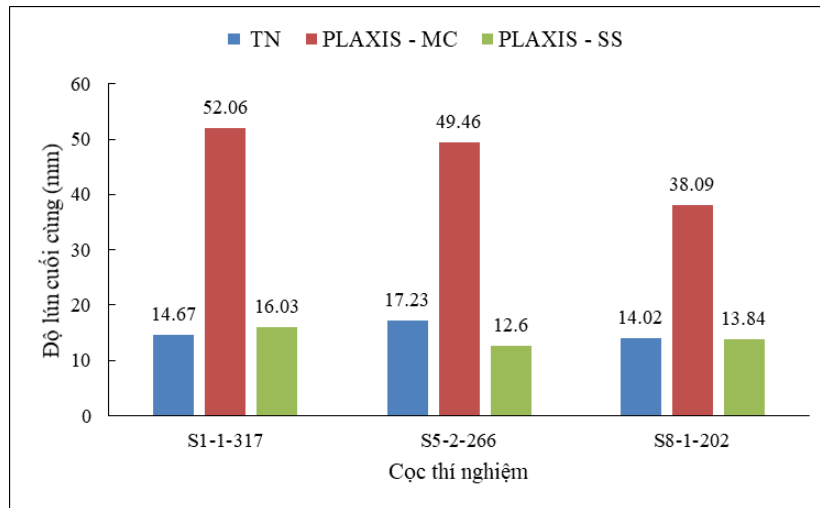
Trong phạm vi của luận án, tác giả lựa chọn cọc vùng 2, 5, 6 để tập trung đánh giá và so sánh kết quả giữa thí nghiệm nén tĩnh với kết quả tính toán mô phỏng số. Các thông số đo đạc thực tế về kích thước cọc được NCS đưa vào mô phỏng lăng trụ cho hai trường hợp: i) đất yếu mô phỏng theo mô hình Soft Soil và ii) đất yếu mô phỏng theo mô hình Mohr-Coulomb. Hình 3.22 mô tả mô phỏng mô hình nén tĩnh cọc bằng phương pháp số.



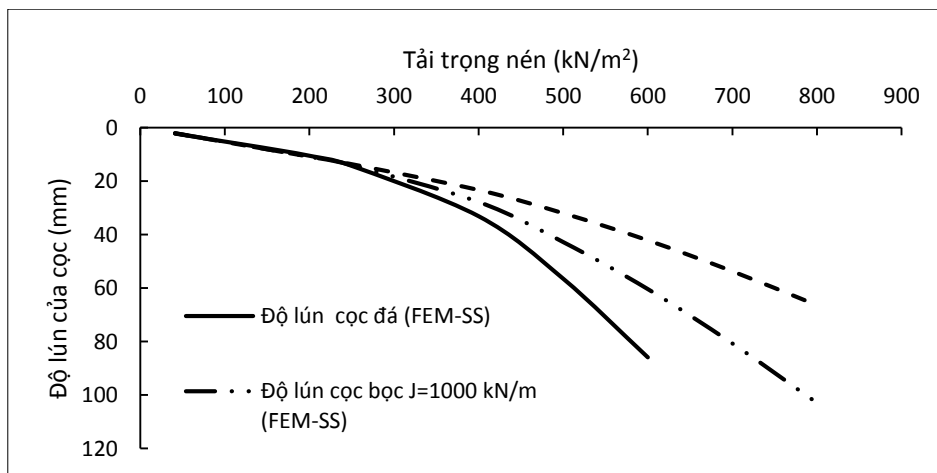
Hình 3.3 Mô hình mô phỏng thí nghiệm nén tĩnh cọc

Đồ thị hình 3.29 so sánh kết quả độ lún cuối cùng của cọc đá nén tĩnh ngoài hiện trường với kết quả mô phỏng thí nghiệm bằng phương pháp số ở mức tải trọng 246 kN/m². Kết quả tính toán cho thấy:

- Độ lún cuối cùng của cọc đá có đất yếu mô phỏng theo mô hình Mohr-Coulomb cao hơn so với cọc đá có đất yếu mô phỏng theo mô hình Soft Soil từ 63.7% đến 74.5% và cao hơn thí nghiệm ngoài hiện trường từ 63.2% đến 71.8%.
- Độ lún cuối cùng của cọc đá có đất yếu mô phỏng theo mô hình Soft Soil với thí nghiệm hiện trường cho kết quả tốt hơn chỉ từ 1.3% đến 26.9%.
- Tương tự như kết quả nghiên cứu ở phần trên, kết quả mô phỏng đất yếu bằng mô hình Soft Soil cho kết quả sát với độ lún của cọc đá thí nghiệm ngoài hiện trường. Thực tế tính toán cho thấy độ lún từ mô phỏng nén tĩnh cọc đá S8-1-202 có đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil chỉ chênh lệch 1.3% so với kết quả nén tĩnh hiện trường. Do đó, NCS sẽ tiếp tục mô phỏng cọc này cho trường hợp bọc vải ĐKT với cường độ là 1000 và 5000 kN/m đối với cọc S8-1-202 để nghiên cứu tác dụng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT.



Hình 3.4 Đồ thị so sánh độ lún của các cọc theo thí nghiệm hiện trường và phương pháp số



Hình 3.5 độ lún cọc đá bọc vải ĐKT theo phương pháp số và thí nghiệm hiện trường

Kết quả ở đồ thị hình 3.30 cho thấy độ lún của cọc đá bọc vải ĐKT với tải trọng $< 250 \text{ kN/m}^2$ thì cọc đá bọc vải ĐKT hầu như không phát huy tác dụng. Độ lún gần như không thay đổi giữa cọc đá bọc vải ĐKT và cọc đá thông thường. Kết quả tính toán ở mức tải trọng 246 kN/m^2 chênh lệch lún giữa cọc đá bọc vải ĐKT và cọc đá thông thường thấp hơn chỉ từ 1.1% đến 2.8% tương ứng với cường độ chịu kéo của vải là 1000 kN/m và 5000 kN/m . Ở cấp tải $250 \text{ kN/m}^2 < P < 800 \text{ kN/m}^2$ cọc bọc vải ĐKT mới phát huy tác dụng cụ thể như sau:

- Ở cấp tải lớn hơn 600 kN/m^2 cọc đá bị phá hủy, còn cọc đá bọc vải ĐKT với cường độ chịu kéo lớn hơn 1000 kN/m^2 thì vẫn đảm bảo khả năng chịu lực.
- Chênh lệch độ lún giữa cọc đá thông thường và cọc đá bọc vải ĐKT cao hơn từ 16.1% đến 50.9% trong dải áp lực từ 400 kN/m^2 đến 600 kN/m^2 .

3.3.2 Kết luận phần nén tĩnh

- Tương tự với kết quả nghiên cứu ở phần trên, kết quả nén tĩnh cọc mô phỏng theo mà đất yếu sử dụng mô hình Mohr-Coulomb chênh lệch lớn với kết quả thí nghiệm nén tĩnh hiện trường và trường hợp đất yếu mô phỏng theo mô hình Soft soil. Kết quả tính toán với đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil cho kết quả gần với kết quả thí nghiệm hiện trường và chênh lệch từ 1.3% đến 26.8%. Do đó đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil để mô phỏng là phù hợp với thực tế do có kể đến áp lực tiền cố kết của đất yếu.
- Với kích thước hình học và chiều dài cọc đá đo đạc thực tế và đưa vào mô phỏng cho thấy cọc bọc vải ĐKT có tác dụng không đáng kể ở cấp áp lực $< 250 \text{ kN/m}^2$. Cọc đá bọc vải ĐKT chỉ phát huy tác dụng so với cọc đá không bọc ở các cấp áp lực lớn hơn 250 kN/m^2 và chênh lệch lên đến 50.9%, tương ứng với cường độ chịu kéo của vải là 5000 kN/m^2

3.4 Kết luận

- Mô hình Soft Soil áp dụng đối với đất yếu cho kết quả gần với kết quả thí nghiệm hiện trường hơn so với mô hình Mohr-Coulomb áp dụng đối với đất yếu khu vực nghiên cứu. Vì vậy, đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil để mô phỏng là phù hợp với thực tế.
- Đối với gia tải nền đất yếu, cọc đá bọc vải ĐKT gia cố nền đất yếu chỉ phát huy tác dụng ở mức tải trọng gia tải trong phạm vi $200 \text{ kN/m}^2 \leq P$, đạt mức chênh lệch về độ lún so với cọc đá không bọc là 24.2% ở mức tải trọng dọc trục bằng 200 kN/m^2 và cường độ chịu kéo của vải ĐKT bằng 5000 kN/m và độ chênh lệch sẽ giảm xuống khi tải trọng dọc trục ở các lớn hơn 200 kN/m^2
- Cọc đá bọc vải ĐKT chỉ phát huy tác dụng so với cọc đá thông thường gia cố nền đất yếu ở cấp áp lực $> 250 \text{ kN/m}^2$ và chênh lệch về độ lún so với cọc đá thông thường lên đến 50.9% với tải trọng dọc trục ở mức 600 kN/m^2 và cường độ chịu kéo của vải ĐKT bằng 5000 kN/m .

Kết quả tính toán cho thấy khi sử dụng mô hình lăng trụ để mô phỏng bài toán thực tế với mô hình đất lựa chọn là Soft Soil thì kết quả tính toán từ mô hình mô phỏng gần giống với điều kiện làm việc thực tế của đất nền và cọc ngoài thực địa.

CHƯƠNG 4 PHÂN TÍCH VÀ ĐÁNH GIÁ ỨNG XỬ BIẾN DẠNG CỦA CỌC HẠT RỜI BỌC VẢI ĐỊA KỸ THUẬT BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIẢI TÍCH VÀ PHƯƠNG PHÁP SỐ

4.1 Nội dung nghiên cứu

Trong chương này, NCS sử dụng phương pháp giải tích và phương pháp số đã trình bày ở chương 1 để so sánh kết quả ứng xử biến dạng của nền đất và cọc hạt rời khi sử dụng hai phương pháp tính toán kể trên.

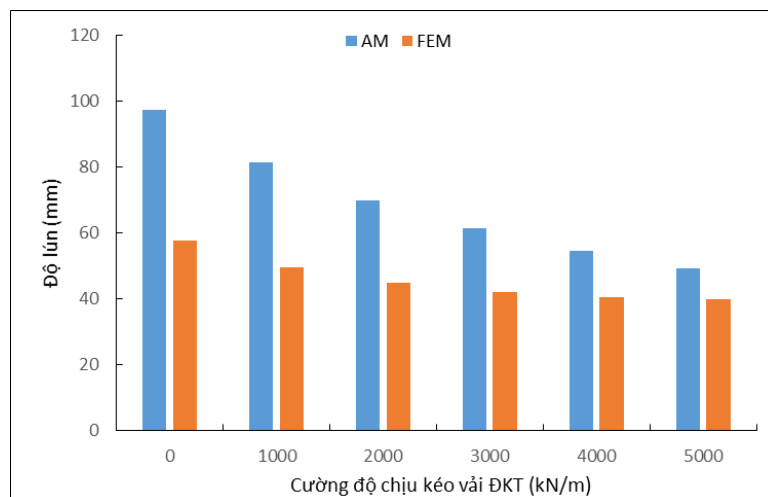
4.2 Các thông số mô phỏng

NCS tiếp tục sử dụng các thông số đầu vào dựa trên đặc điểm và điều kiện địa chất của công trình nhà máy Vifon II tại tỉnh Long An. Nghiên cứu của hai phương pháp đều áp dụng mô hình lăng trụ. Các thông số sử dụng trong mô phỏng và tính toán đối với cọc hạt rời bao gồm: Đường kính cọc $d_c = 0.65$ m; cường độ chịu kéo của vải ĐKT $J = 0 \div 5000$ kN/m; tải trọng dọc trục $P = 205$ kN/m²; chiều dài cọc $L_c = 3.5$ m; khoảng cách cọc S là 1.3 m, với bán kính vùng ảnh hưởng $r_c = 0.73$ m. cọc được bố trí theo lưới ô vuông.

4.3 Kết quả nghiên cứu

4.3.1 So sánh độ lún của nền và ứng xử biến dạng của cọc bọc vải ĐKT từ kết quả tính bằng phương pháp giải tích và phương pháp số

Đồ thị hình 4.13 cho thấy độ lún tính toán bằng phương pháp số nhỏ hơn so với tính toán bằng phương pháp giải tích. Kết quả cho thấy độ lún tính toán bằng phương pháp giải tích cao hơn so với tính toán bằng phương pháp số từ 40.7% giảm xuống 18.9% tương ứng với cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng từ 0 đến 5000 kN/m. Kết quả cũng cho thấy độ lún của cả hai phương pháp có xu hướng giảm đi khi cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên.

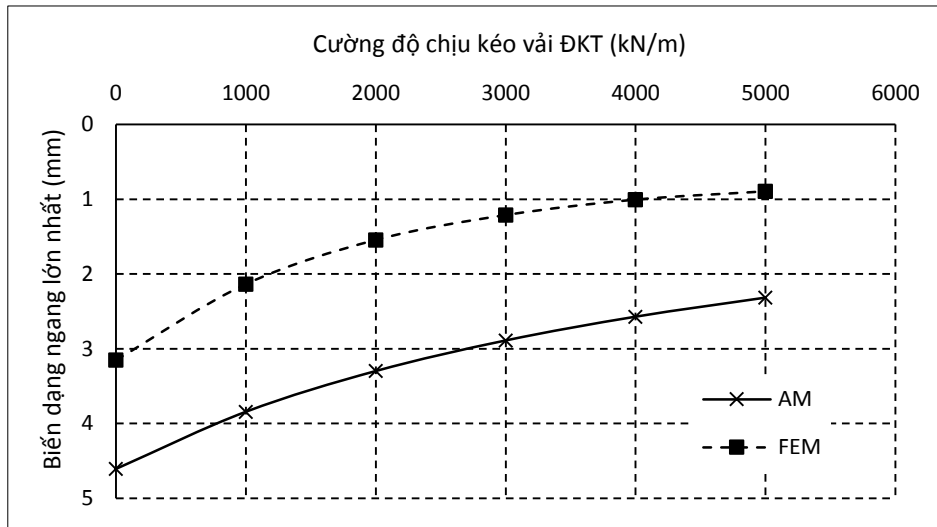


Hình 4.1 So sánh độ lún lớn nhất giữa phương pháp AM và FEM

4.3.1.1 So sánh biến dạng ngang của cọc

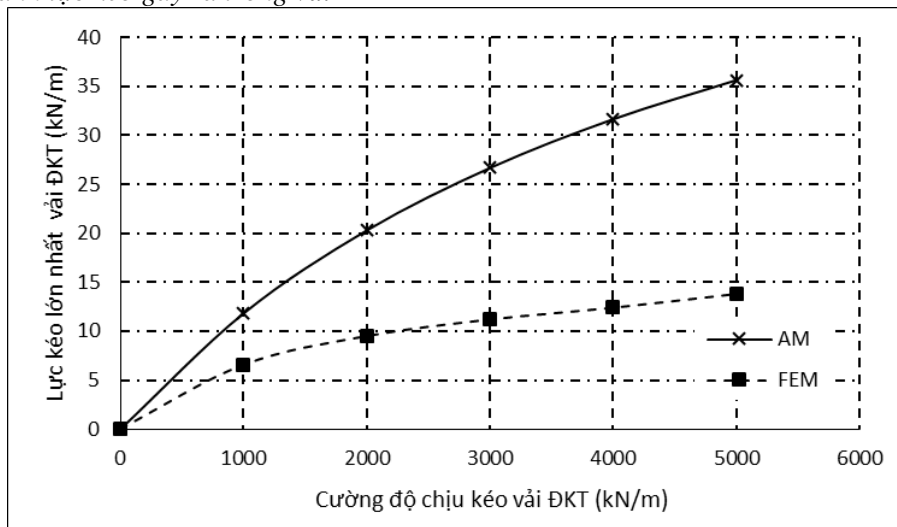
Hình 4.14 thể hiện sự khác biệt về biến dạng ngang lớn nhất tính toán bằng phương pháp số và phương pháp giải tích. Biến dạng ngang của cọc tính toán theo phương pháp số thấp hơn so với tính toán biến dạng ngang tính toán bằng phương pháp giải tích. Biến dạng ngang có cùng xu hướng giảm với độ lún

khi cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng lên đối với cả hai phương pháp tính toán. Chênh lệch biến dạng ngang tính bằng phương pháp giải tích cao hơn so với tính bằng phương pháp số từ 31.6% đến 61.3% tương ứng với cường độ chịu kéo của vải ĐKT thay đổi từ 0 đến 5000 kN/m.



Hình 4.2 Đồ thị so sánh biến dạng ngang lớn nhất giữa AM và FEM

4.3.1.2 So sánh lực kéo gây ra trong vải ĐKT



Hình 4.3 Đồ thị so sánh lực kéo gây ra trong vải ĐKT tính toán theo AM và FEM

Hình 4.16 trình bày đồ thị so sánh lực kéo lớn nhất của vải ĐKT tính bằng phương pháp số và phương pháp giải tích. Kết quả tính toán cho thấy lực kéo căng của vải ĐKT tính bằng phương pháp giải tích cao hơn tính bằng phương pháp số từ 44.3% đến 61.1% tương ứng với cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng tương ứng từ 1000 đến 5000 kN/m.

4.4 Kết luận

Kết quả tính toán cho thấy độ lún của nền đất và của cọc hạt rời bọc vải ĐKT tính theo phương pháp số luôn thấp hơn so với phương pháp giải tích cụ thể:

- + Đối với độ lún từ 40.7% giảm xuống đến 18.9% tương ứng với cường độ vải ĐKT $J = 0 \div 5000$ kN/m.

- + Đối với biến dạng ngang từ 31.6 % đến 61.3% tương ứng với cường độ vải ĐKT $J = 0 \div 5000$ kN/m.
- + Ngược lại, lực kéo gây ra trong vải ĐKT tính bằng phương pháp giải tích cao hơn tính bằng phương pháp số từ 44.3% đến 61.1% tương ứng với cường độ chịu kéo của vải ĐKT tăng tương ứng từ 1000 đến 5000 kN/m.

Chênh lệch này là do:

- + Phương pháp giải tích không đưa vào tính toán các điểm dẻo của đất, trong khi phương pháp số đưa vào tính toán các điểm dẻo và tính toán cũng cho thấy mật độ các điểm dẻo phát triển dọc theo chiều dài cọc và đất yếu.
- + Mô hình đất theo phương pháp số có đưa thông số áp lực tiền cố kết của đất yếu vào trong tính toán, trong khi đó tính toán theo phương pháp giải tích bỏ qua điều kiện này.
- + Đối với phương pháp số, tải trọng tác dụng lên cọc sẽ giảm theo độ sâu của cọc, dẫn đến ứng xử biến dạng cũng sẽ giảm dần theo độ sâu. Tuy nhiên, tải trọng tác dụng được coi là không thay đổi theo độ sâu của cọc đối với phương pháp giải tích do đó ứng xử biến dạng của cọc tính toán theo phương pháp này cũng không thay đổi theo độ sâu của cọc.
- + Bên cạnh đó, biến dạng ngang của cọc theo phương pháp AM là hằng số tức là không thay đổi theo độ sâu. Trong khi biến dạng ngang đạt giá trị lớn nhất ở gần đầu cọc và giảm dần theo độ sâu đối với tính toán theo phương pháp số.
- + Sai số trong tính toán của từng phương pháp là khác nhau cũng dẫn đến sự khác biệt về tính toán giữa hai phương pháp.

Việc áp dụng mô hình lãg trụ cho phép người dùng có thể sử dụng được các công cụ tính toán đơn giản như phần mềm excel để tính toán trực tiếp ứng xử của đất nền, cọc cũng như của vải ĐKT.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận:

Thông qua các nội dung nghiên cứu đã giải quyết được các luận điểm của luận án cụ thể là:

Luận điểm 1: Kết quả đã chứng minh cho thấy rõ tác dụng quan trọng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT trong việc nâng cao sức chịu tải, giảm độ lún, đối với nền đất yếu. Đối với nền đất yếu khu vực nghiên cứu có thể thấy rằng:

a) Ảnh hưởng của các thông số:

- Với đường kính cọc là 0.65 m, chiều dài cọc là 3.5 m, khoảng cách cọc là 1.3 m, tải trọng dọc trục $\geq 205 \text{ kN/m}^2$, cường độ chịu kéo của vải ĐKT 5000 kN/m, thì độ lún của nền được gia cố bằng cọc hạt rời thông thường cao hơn đến 31% đến 40.3% so với độ lún của nền được gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT tương ứng với mô đun biến dạng của vật liệu cọc lần lượt là 48000 kN/m² và 120000 kN/m².
- Độ sâu của biến dạng ngang lớn nhất của cọc nằm trong khoảng từ $(0.47 \div 1.92)d_c$.
- Tỉ số diện tích thay thế của cọc và đất xung quanh ảnh hưởng độ lún của nền đất được gia cố và tỉ số này trong khoảng từ 10% đến 20% là hợp lý.
- Trong phạm vi nghiên cứu cọc hạt rời bọc vải ĐKT chỉ phát huy tác dụng khi tải trọng lớn hơn 200 kN/m².

b) Có sự khác biệt về kết quả tính toán giữa phương pháp giải tích và phương pháp số. Trong đó độ lún của nền gia cố bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT tính toán theo phương pháp số thấp hơn so với tính toán theo phương pháp giải tích từ 18.9% đến 40.7%, cường độ chịu kéo của vải ĐKT càng lớn thì chênh lệch giữa hai phương pháp sẽ giảm xuống.

c) Đối với nền đất khu vực nghiên cứu, đất yếu sử dụng mô hình Soft Soil là phù hợp hơn so với mô hình Mohr-Coulomb, vì kết quả tính toán gần với kết quả quan trắc và thí nghiệm hiện trường

Luận điểm 2: Kết quả tính toán khẳng định việc áp dụng mô hình lăng trụ để mô phỏng bài toán xử lý nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT là tiết kiệm thời gian tính toán, tiết kiệm thời gian chạy mô hình, độ chính xác gần giống với kết quả thí nghiệm hiện trường, có thể tính kết quả bằng phương pháp giải tích với công cụ tính toán đơn giản.

Kiến nghị:

Để làm rõ hơn cơ sở lý thuyết, cũng như các ưu điểm và hạn chế của phương pháp cải tạo nền đất yếu bằng cọc hạt rời bọc vải ĐKT, NCS cần tiếp tục nghiên cứu ở các chuyên đề tiếp theo các vấn đề sau đây:

- Nghiên cứu, đánh giá và so sánh ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT khi áp dụng với các mô hình đất khác nhau.
- Nghiên cứu, đánh giá và so sánh ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT trong điều kiện thoát nước và không thoát nước.

- Nghiên cứu mở rộng ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT đối với các vật liệu khác nhau, các loại chỉ tiêu cơ lý khác nhau.
- Nghiên cứu đánh giá và so sánh ứng xử biến dạng của cọc hạt rời bọc vải ĐKT bằng mô phỏng mô hình 3D với kết quả thí nghiệm trong phòng và ngoài hiện trường.

Kết quả nghiên cứu trong luận án có thể được sử dụng để phục vụ công tác giảng dạy trong trường Đại học, cũng như áp dụng vào thực tế cải tạo nền đất yếu tại Việt nam trong thời gian tới.