

Nghiên cứu mô hình số 2D và 3D mô phỏng giải pháp vật liệu địa kỹ thuật liên kết cọc để gia cố khối đắp trên nền đất yếu

Phạm Minh Tuấn*, Vũ Duy Liêm

TÓM TẮT

Giải pháp vật liệu địa kỹ thuật (lưới địa kỹ thuật hoặc vải địa kỹ thuật gia cường) kết hợp nhóm cọc gia cố khối đắp trên nền đất yếu là một giải pháp nhanh chóng và hiệu quả cho các công trình đặt trên các khối đắp vật liệu rời. Tuy nhiên, sự phức tạp của cơ chế hoạt động của giải pháp này gây ảnh hưởng tới hiệu quả của việc áp dụng giải pháp trong các điều kiện thực tế khác nhau. Thật vậy, việc chuyển hóa tải trọng là một cơ chế phức tạp và phụ thuộc vào sự tương tác giữa các yếu tố liên kết, như cọc, đất, và vật liệu địa kỹ thuật. Trong nghiên cứu này, một mô hình số được xây dựng dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn, sử dụng cả mô hình 2 chiều và 3 chiều, để mô phỏng một thử nghiệm được thực hiện bởi Liu và cộng sự. Trong đó một trường hợp điển hình của nền đường được gia cố bằng lưới địa kỹ thuật và được hỗ trợ bằng cọc với tỷ lệ cải thiện diện tích nhỏ. Nghiên cứu tập trung vào việc đánh giá lún bề mặt, ứng suất phân phối trên nền đất yếu và hiệu quả của việc chuyển hóa tải trọng trong khối đắp được gia cố bằng hệ thống cọc liên kết với vật liệu địa kỹ thuật và đất nền yếu. Kết quả của nghiên cứu đã cho thấy rằng cả mô hình 2 chiều và 3 chiều đều phản ánh đúng ứng xử của cọc, nhưng có sự khác biệt trong việc mô phỏng ứng suất trên nền đất yếu và chuyển hóa tải trọng trong khối đắp. Mô hình 2 chiều đã phù hợp hơn trong việc mô phỏng ứng suất trên bề mặt đất yếu, trong khi mô hình 3 chiều đã đạt được độ chính xác rất cao (1% sai lệch so với kết quả quan trắc) trong việc mô phỏng sự chuyển hóa tải trọng trong khối đắp.

Từ khoá: Vật liệu địa kỹ thuật, cọc, hiệu ứng vòm, chuyển hóa tải trọng, phương pháp phần tử hữu hạn

Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, Phường 14, Quận 10, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Liên hệ

Phạm Minh Tuấn, Bộ môn Địa kỹ thuật, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 268 Lý Thường Kiệt, Phường 14, Quận 10, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Email: pmtuan@hcmu.edu.vn

Lịch sử

- Ngày nhận: 30-9-2023
- Ngày chấp nhận: 22-12-2023
- Ngày đăng: 31-12-2024

DOI: <https://doi.org/10.32508/stdjet.v6iS17.1231>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi xây dựng khối đắp trên nền đất yếu cho các công trình đường cao tốc hay nền nhà xưởng có thể tạo ra một tải trọng đáng kể trên một diện tích lớn. Các loại đất yếu sẽ bị lún và biến dạng đáng kể khi chịu những tải trọng này. Nhiều giải pháp có thể được sử dụng để giải quyết vấn đề này, ví dụ sử dụng vật liệu đắp có tỷ trọng nhỏ, gia tải trước hoặc các nhóm giải pháp thoát nước thẳng đứng nhằm đẩy nhanh quá trình cố kết của nền đất. Được sử dụng rộng rãi trên thế giới, giải pháp vật liệu địa kỹ thuật liên kết cọc để gia cố khối đắp trên nền đất yếu có những ưu điểm nổi trội là thời gian thi công ngắn, hiệu quả giảm lún cao và phù hợp với nhiều loại đất nền khác nhau. Các giải pháp thiết kế đang tồn tại hiện nay đều dựa trên các giả thuyết được đơn giản hóa, và việc này gây ảnh hưởng tới hiệu quả khi áp dụng giải pháp trong thực tế. Cơ chế hoạt động của giải pháp này vẫn đang còn nhiều vấn đề cần tìm hiểu và làm rõ. Nghiên cứu này sử dụng phần mềm Plaxis dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn để mô phỏng một nghiên cứu có giá trị tham khảo cao, được thực hiện bởi Liu và cộng sự¹. Nghiên cứu xây dựng mô hình hoạt động của cọc kết hợp với vật

liệu địa kỹ thuật để gia cố cho khối đắp trên nền gồm nhiều lớp đất yếu. Kết quả lún, ứng suất và mức độ chuyển hóa tải trọng trong khối đắp sẽ được phân tích và đánh giá.

VẬT LIỆU ĐỊA KỸ THUẬT GIA CỐ HỆ CỌC TRÊN NỀN ĐẤT YẾU

Việc sử dụng cọc được sử dụng như là một giải pháp hiệu quả cho việc xây dựng khối đắp trên nền đất yếu (Hình 1). Bằng việc sử dụng giải pháp này, công trình có thể được xây dựng trong một giai đoạn thay vì tách thành nhiều giai đoạn với thời gian dài chờ đợi như các giải pháp gia tải trước hoặc thoát nước thẳng đứng. Giải pháp này đặc biệt hiệu quả trong việc giảm lún, bao gồm cả lún bề mặt và lún lệch. Vì chức năng của cọc trong việc chịu tải đóng vai trò quan trọng nhất trong giải pháp này, đặc điểm cơ học của đất nền không cần được xác định quá chính xác. Đặc biệt, trong trường hợp nền đất bị ô nhiễm và có khả năng lan truyền từ các nguồn nước dưới đất, giải pháp này là lựa chọn an toàn hơn hẳn các giải pháp gia cố đất theo phương pháp cổ kết.

Trích dẫn bài báo này: Tuấn P M, Liêm V D. Nghiên cứu mô hình số 2D và 3D mô phỏng giải pháp vật liệu địa kỹ thuật liên kết cọc để gia cố khối đắp trên nền đất yếu. *Sci. Tech. Dev. J. - Eng. Tech.* 2024; 6(S17):59-68.

Hiện nay, giải pháp cọc chịu tải thường được trải thêm một hoặc nhiều lớp vật liệu địa kỹ thuật để tăng khả năng chuyển hóa tải trọng và giảm diện tích cần thay thế (tỷ số giữa tiết diện cọc và diện tích khu vực cần gia cố). Giải pháp sử dụng vật liệu địa kỹ thuật liên kết phía trên cọc, tiếng Anh là geosynthetic-reinforced piled embankment (GRPS) thường được sử dụng phổ biến trong việc xây dựng đường dẫn đầu cầu, nền bồn chứa nhiên liệu, công tác mở rộng đường hiện hữu, tường chắn mái dốc và các khối đắp lớn.

Để đánh giá hiệu quả chuyển hóa tải trọng của giải pháp GRPS, nhiều phương pháp tính toán đã được nghiên cứu và phát triển. Hầu hết các giải pháp được phát triển dựa trên giả thuyết về hiện tượng vòm trong đất, khái niệm được phát triển bởi Terzaghi². Guido và cộng sự³ đề xuất một phương pháp thiết kế dựa trên thử nghiệm mô hình trên cát trong một hộp cứng với nhiều lớp vải địa kỹ thuật. Hewlett và Randolph⁴ trình bày mô hình cầu hình bán cầu để mô tả cơ chế chuyển tải tải trọng dựa trên thử nghiệm mô hình của họ. Phát triển mạnh mẽ trong khoảng 20 năm trở lại đây, vật liệu địa kỹ thuật được sử dụng như một giải pháp hỗ trợ quan trọng cho hệ cọc. Các tiêu chuẩn thiết kế của Đức⁵, Anh⁶ hay Hà Lan⁷ được phát triển giúp việc ứng dụng giải pháp GRPS trong thực tế trở nên dễ dàng hơn.

Trong vài thập kỷ qua, đã có rất nhiều các nghiên cứu bằng phương pháp thực nghiệm^{1,9} và phương pháp số dựa trên mô hình đầy đủ⁸ và mô hình đơn vị¹⁰⁻¹² được tiến hành về GRPS nhằm xác định hiệu quả hoạt động của vật liệu địa kỹ thuật. Đặc biệt, mô hình cọc đơn vị trong không gian 3 chiều^{11,12} cũng được sử dụng phổ biến và mô tả thành công các nghiên cứu thực nghiệm. Mặc dù vậy, cơ chế hoạt động của GRPS vẫn cần tiếp tục được nghiên cứu, tìm hiểu bởi vì hiệu quả chuyển hóa tải trọng của giải pháp này có thể bị ảnh hưởng bởi rất nhiều yếu tố, liên quan đến đặc tính của vật liệu đắp, đất yếu, sức chịu tải của cọc hay đặc điểm của vật liệu địa kỹ thuật.

Do sự khác biệt về độ cứng giữa cọc và đất yếu, thường xảy ra hiện tượng lún lệch, và sau đó, hiện tượng vòm (arching) xuất hiện trong khối đắp vật liệu rời. Giải pháp cọc kết hợp vật liệu địa kỹ thuật gia cố khối đắp trên nền đất yếu hoạt động dựa trên hiện tượng chuyển hóa tải trọng của khối đắp về cọc. Hiệu quả của việc chuyển hóa tải trọng được sử dụng để đánh giá mức độ hiệu quả của giải pháp này. Công thức 1 được dùng để xác định giá trị của độ hiệu quả của việc chuyển hóa tải trọng.

$$E = \frac{P}{(\gamma H + q) \times A} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó, E là mức độ hiệu quả chuyển hóa tải trọng, P là tổng tải truyền xuống cọc, H là chiều cao khối

đắp, γ là dung trọng của vật liệu đắp, A là diện tích khu vực hoạt động của cọc.

NGHIÊN CỨU VỀ GPRS CỦA LIU VÀ CỘNG SỰ¹

Vấn đề khối đắp trên nền đất yếu được gia cố bằng giải pháp kết hợp giữa cọc và vật liệu địa kỹ thuật được thực hiện trong một nghiên cứu có nhiều kết quả giá trị được thực hiện bởi Liu và cộng sự¹. Công trình được đề cập trong nghiên cứu này nằm ở ngoại ô phía bắc Thượng Hải, Trung Quốc. Công trình là một khối đắp tỷ lệ 1:1.5, có chiều cao là 5.6 m, dài 120 m, rộng 35 m được xây dựng trên một khu vực với 25 mét bề dày của đất yếu (Hình 2). Vật liệu đắp được sử dụng chủ yếu là bột tro bay, có độ kết dính 10 kPa, góc ma sát là 30°, và trọng lượng đơn vị trung bình là 18,5 kN/m³.

Khối đắp được xây dựng trên một nền đất yếu được gia cố các cọc bê tông đúc sẵn. Các cọc bê tông này có chiều dài 16 m và đầu cọc cắm vào một lớp đất cứng. Đường kính ngoài của mỗi cọc là 1 m. Các cọc bê tông này được bố trí theo dạng hình vuông với khoảng cách từ trung tâm cọc này đến trung tâm cọc khác là ba lần đường kính cọc (3 m). Tỷ lệ diện tích thay thế (IAR) là 8,6%, được định nghĩa là phần trăm diện tích thay thế của tiết diện cọc so với tổng diện tích nền. Phía trên đầu cọc, một lớp vật liệu địa kỹ thuật chịu kéo hai chiều được sử dụng giữa hai lớp đá dày 0.25 m để tạo thành một lớp chịu tải dày 0,5 m. Độ cứng của vải địa kỹ thuật là 1180 kN/m.

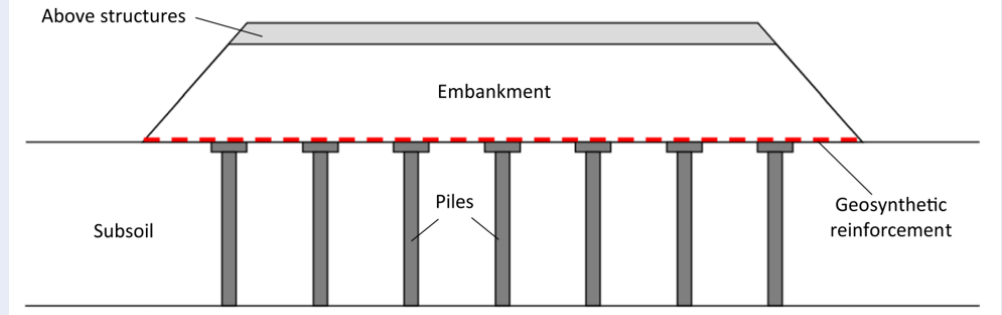
Một số thiết bị quan trắc được bố trí trong công trình bao gồm thiết bị đo ứng suất trong đất, đo nghiêng, lún bề mặt và đo áp lực nước lỗ rỗng. Khối đắp được xây dựng lên đến độ cao 5.6 m trong khoảng thời gian khoảng 55 ngày. Quá trình quan trắc hiện trường được thực hiện tới thời điểm 180 ngày sau khi bắt đầu xây dựng hoặc 125 ngày sau khi hoàn thành việc đắp vật liệu.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

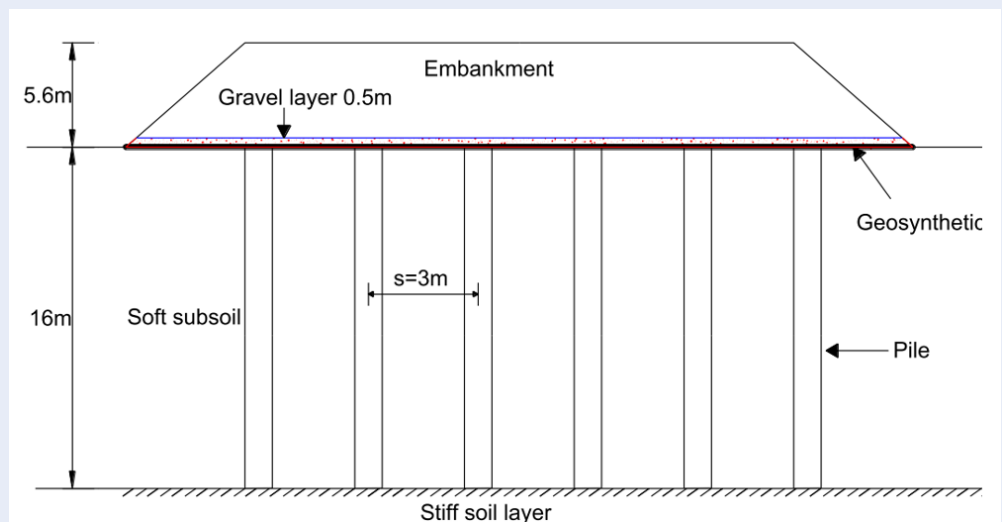
Mô hình phần tử hữu hạn

Dựa trên các nghiên cứu có liên quan với lựa chọn sử dụng mô hình cọc đơn vị (unit cell) trong mô hình cọc đơn vị^{11,12}, và để tiết kiệm tài nguyên nghiên cứu, mô hình cọc đơn vị được lựa chọn cho mô hình phần tử hữu hạn trong nghiên cứu này.

Vì tính đối xứng của bài toán, trong mô hình số 2 chiều, cọc đơn vị được mô phỏng với chiều dài là 16m và khối đắp cao 5.6m. Mô hình có chiều ngang (theo phương x) là 1.5m và chiều dài (theo phương y) được tính từ đỉnh của khối đắp đến phía dưới của lớp sét



Hình 1: Giải pháp cọc kết hợp vải gia cố khối đắp trên nền đất yếu⁸. Trong đó: Above structures là các cấu trúc bên trên; embankment là khối đắp; geosynthetic reinforcement là vật liệu địa kỹ thuật; piles là cọc và subsoil là nền đất yếu



Hình 2: Mặt cắt công trình khối đắp trên nền đất yếu theo Liu và cộng sự¹ được trình bày bởi Phạm và Dias¹²

pha bụi cứng với tổng chiều dài là 30.6m. Mô hình phần tử hữu hạn 2 chiều được thể hiện ở Hình 3a. Ở mô hình 3 chiều, cọc phần tử được mô phỏng như phần tử cọc và các lớp đất yếu cũng với chiều dài cọc là 16m và khối đắp cao 5.6m. Với 3 chiều, mô hình có chiều ngang (theo phương x và y) là 1.5m và chiều dài (theo phương z) giống mô hình 2 chiều là 30.6m. Bên cạnh đó, vật liệu cọc bán kính là 0.5m. Mô hình phần tử hữu hạn 3 chiều được thể hiện ở Hình 3b.

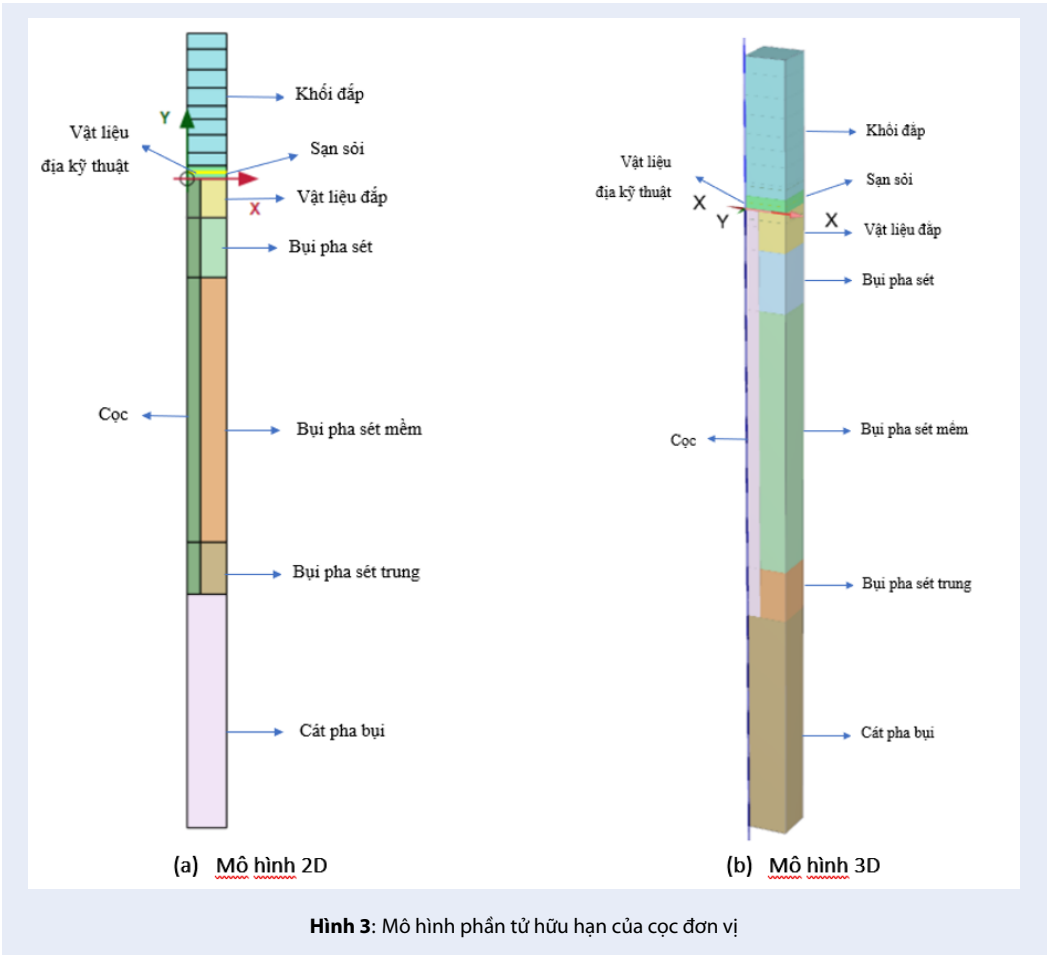
Thông số thiết lập mô hình

Các đặc tính của vật liệu trong mô hình tuân theo theo nghiên cứu của Liu và các cộng sự (2007). Hai loại mô hình được sử dụng để xác định loại đất - mô hình Mohr-Coulomb (MC) và mô hình Modified Cam Clay (MCC). Mô hình MC được sử dụng để xác định khối đắp, lớp sạn sỏi và lớp phủ nền, trong khi

mô hình MCC được sử dụng cho bốn lớp đất nền. Mô hình Mohr-Coulomb là một mô hình đàn hồi tuyến tính đơn giản, có thể được sử dụng như một công cụ để mô phỏng về hành vi ứng xử đơn giản của đất. Phần đàn hồi tuyến tính của mô hình Mohr-Coulomb dựa trên định luật Hooke. Trong khi đó mô hình Modified Cam-Clay (MCC) được sử dụng để mô phỏng các loại đất yếu. Trong thực tế, những loại đất này chủ yếu là đất sét và đất bùn. Các thông số thiết lập của mô hình phần tử hữu hạn được trình bày trong Bảng 1.

Bề mặt tương tác trong mô hình số

Sự tương tác giữa các vật liệu khác nhau trong mô hình số ảnh hưởng lớn tới tính chính xác của việc tính toán số. Do đó, trong cả mô hình số 2 chiều và 3 chiều các bề mặt tương tác (interface) được thiết lập và sử



Bảng 1: Thông số vật liệu sử dụng trong mô hình phần tử hữu hạn

Vật liệu	Mô hình	γ kN/m ³	c' kPa	φ' (độ)	E MPa	ν	λ	κ	M	e_1
Khối đắp	MC	18.5	10	30	20	0.3	-	-	-	-
Sạt lở	MC	18.5	10	40	20	0.3	-	-	-	-
Phủ nền	MC	20	15	28	7	0.3	-	-	-	-
Sét pha	MCC	20	-	-	-	0.35	0.06	0.012	1.20	0.87
Sét mềm	MCC	17	-	-	-	0.40	0.15	0.03	0.95	1.79
Sét pha nửa cứng	MCC	20	-	-	-	0.35	0.05	0.01	1.10	0.88
Nền cát cứng	MCC	20	-	-	-	0.35	0.03	0.005	0.28	0.97

dụng trong mô hình tại các bề mặt tương tác của các vật liệu khác nhau. Đầu tiên là sự tương tác giữa vật liệu địa kỹ thuật và lớp sạn sỏi, bao gồm 2 loại phần tử tương tác: ở phía trên và phần phía dưới bề mặt vật liệu địa kỹ thuật. Cả 2 phần tử này đều được định nghĩa dựa trên đặc tính của vật liệu của lớp sạn sỏi với giá trị góc ma sát trong của phần tử tương tác được hiệu chỉnh bằng 80% giá trị góc ma sát trong của lớp sạn sỏi. Ngoài ra, còn có sự tương tác giữa cọc và lớp sạn sỏi và sự tương tác này sử dụng vật liệu của cọc để mô phỏng. Cuối cùng là sự tương tác giữa lớp vật liệu đắp và lớp sạn sỏi với đặc tính của phần tử được định nghĩa theo vật liệu đắp. Cả 4 sự tương tác này đều được kích hoạt khi chạy mô hình và được sử dụng để phân tích kết quả từ mô hình số.

Quy trình tính toán

Mô hình số học đã tuân theo bốn bước tính toán. Đầu tiên, các lớp đất nền được kích hoạt. Bước tiếp theo, cọc được sử dụng. Một lớp đệm có độ dày 0.5 m được đặt lên đỉnh của cọc. Lớp vật liệu địa kỹ thuật được đặt ở giữa lớp đệm, cách đỉnh đầu cọc 0.25 m. Cuối cùng, khối đắp được xây dựng lên đến độ cao 5.6 m.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Lún bề mặt

Hình 4 trình bày kết quả tính toán độ lún bề mặt đất theo mô hình số 2D và 3D. Kết quả từ mô hình số được so sánh với số liệu quan trắc, được ghi nhận tại nghiên cứu của Liu và cộng sự (2007). Kết quả cho thấy diễn biến độ lún được mô phỏng tốt bởi mô hình số, đặc biệt độ lún tăng mạnh trong giai đoạn đắp đất. Từ thời gian bắt đầu xây dựng khối đắp, độ lún tính toán từ mô hình số lớn hơn đáng kể so với kết quả quan trắc. Ở giai đoạn 110 – 120 ngày, kết quả lún theo quan trắc và tính toán mô hình số là tương đồng với nhau. Sau giai đoạn này, kết quả từ mô hình số có giá trị nhỏ hơn kết quả được ghi nhận bởi quá trình quan trắc. Trong giai đoạn đắp đất, kết quả dự đoán lún từ mô hình 2D và 3D là tương đồng. Đối với quá trình cố kết (từ khoảng thời gian 55 ngày trở đi), kết quả từ mô hình 3D lớn hơn kết quả từ mô hình 2D, tuy nhiên sự khác biệt là không quá lớn.

Hình 5 trình bày kết quả biến dạng trong cọc đơn vị trong mô hình 2D và 3D. Biến dạng lớn nhất được ghi nhận tại khu vực khối đắp và bề mặt đất yếu. Cọc có giá trị biến dạng nhỏ hơn và nền đất cứng hơn ở mũi cọc có giá trị biến dạng là nhỏ nhất. Giá trị biến dạng trong toàn bộ chiều dài cọc là giống nhau. Kết quả này cho thấy cọc trong mô hình số đã làm việc đúng theo chức năng trong việc giảm biến dạng bề mặt đất yếu.

Ứng suất

Hình 6 trình bày kết quả tính toán ứng suất trên nền đất yếu giữa mô hình 2 chiều và 3 chiều. Kết quả từ mô hình số cũng được so sánh với kết quả quan trắc, ghi nhận từ nghiên cứu của Liu và cộng sự¹. Xu hướng tăng ứng suất được ghi nhận từ mô hình số 2 chiều và 3 chiều là phù hợp với sự thay đổi kết quả quan trắc. Thật vậy, ứng suất trên nền đất tăng mạnh trong quá trình đắp đất (giai đoạn từ 0 ngày đến 55 ngày). Trong giai đoạn cố kết, sau 55 ngày, ứng suất trên nền đất là không đổi do đã hoàn thành việc tăng tải từ khối đắp. Mô hình 2 chiều cho kết quả phù hợp hơn mô hình 3 chiều khi so sánh với kết quả quan trắc, khi sự khác biệt chỉ là khoảng 5%. Trong khi đó ứng suất tính toán từ mô hình 3 chiều là nhỏ hơn đáng kể (17%) so với kết quả quan trắc.

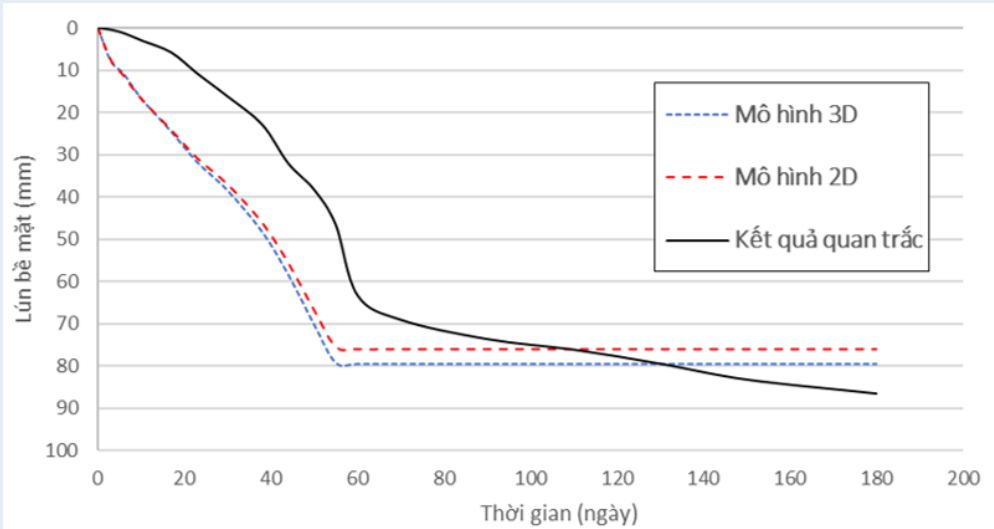
Hình 7 trình bày kết quả phân phối ứng suất tính toán theo mô hình số trong khối đắp phía trên đất yếu. Kết quả cho thấy ứng suất trong cọc lớn hơn đáng kể so với tại nền đất yếu. Kết quả này, cũng như kết quả được trình bày tại Hình 5 cho thấy ứng xử của cọc trong mô hình 2 chiều và 3 chiều được mô phỏng phù hợp với thực tế. Ứng suất tập trung tại cọc và được chuyển xuống dưới mũi cọc, tới nền đất cứng hơn.

Chuyển hóa ứng suất

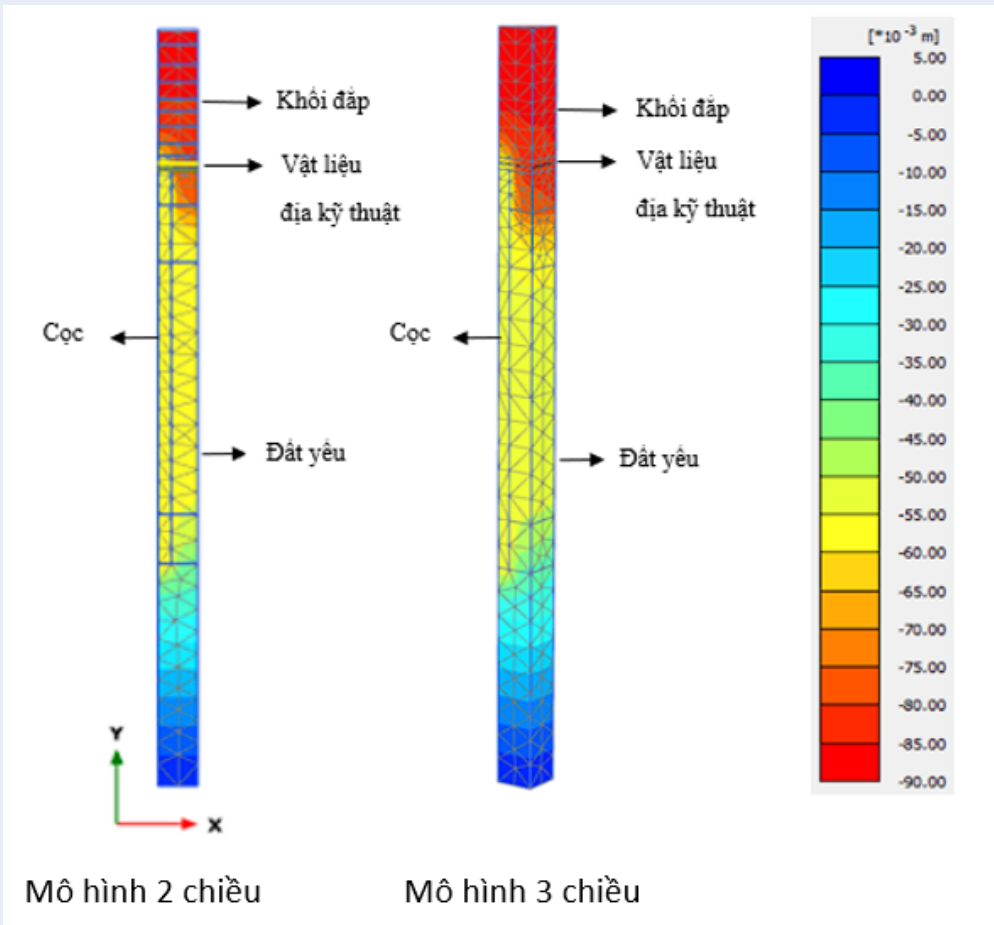
Hiệu quả của việc chuyển hóa ứng suất trong khối đắp được trình bày tại Hình 8. Kết quả của mô hình 2 chiều và 3 chiều được so sánh với kết quả quan trắc, được trình bày trong nghiên cứu của Liu và cộng sự¹. Cả ba kết quả đều được tính toán dựa theo định nghĩa của hiệu quả chuyển hóa ứng suất theo công thức (1). Nhìn từ Hình 8, kết quả từ mô hình 2 chiều nhỏ hơn kết quả quan trắc với độ khác biệt là rất đáng kể. Trong khi kết quả tính toán hiệu quả của việc chuyển hóa tải trọng tính theo mô hình 3 chiều là rất phù hợp với kết quả tính từ số liệu quan trắc, sự khác biệt chỉ là dưới 1%.

KẾT LUẬN

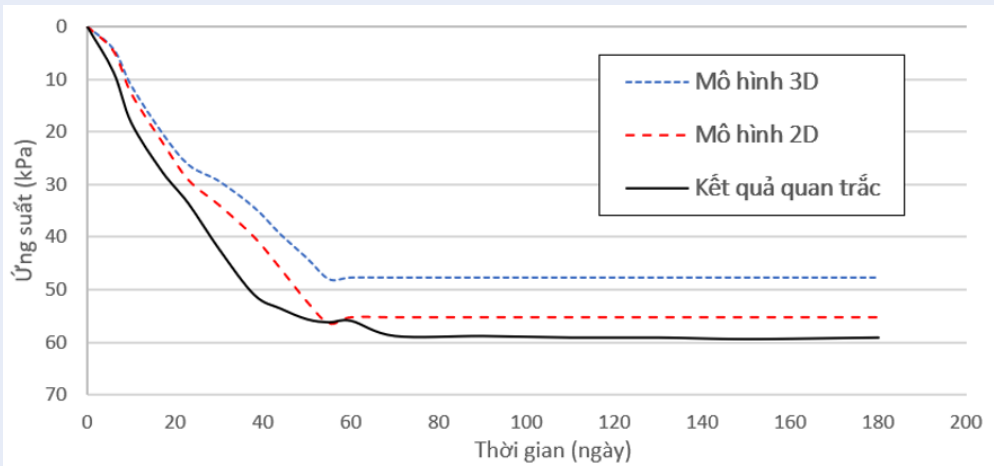
Trong nghiên cứu này, mô hình số dựa trên phương pháp phần tử hữu hạn được xây dựng theo mô hình 2 chiều và 3 chiều để mô phỏng một nghiên cứu thực nghiệm được thực hiện bởi Liu và cộng sự¹. Nghiên cứu đã thực hiện đánh giá lún bề mặt, ứng suất phân phối trên nền đất yếu và đánh giá hiệu quả của việc chuyển hóa tải trọng trong khối đắp được gia cố bằng hệ thống cọc có liên kết bởi vật liệu địa kỹ thuật và các lớp đất nền yếu. Kết quả cho thấy mô hình đã mô phỏng phù hợp ứng xử của cọc bằng mô hình 2 chiều và 3 chiều. Đặc biệt trong việc mô phỏng ứng suất tác dụng trên nền đất yếu, mô hình 2 chiều đã cho thấy



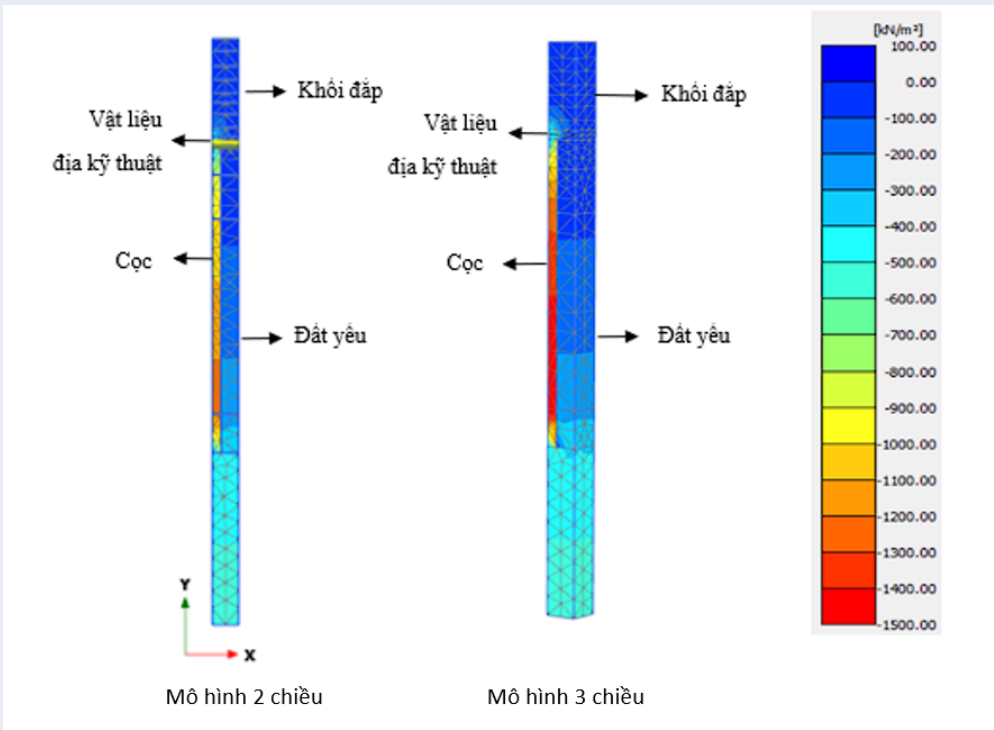
Hình 4: So sánh độ lún tính toán theo mô hình số và số liệu quan trắc



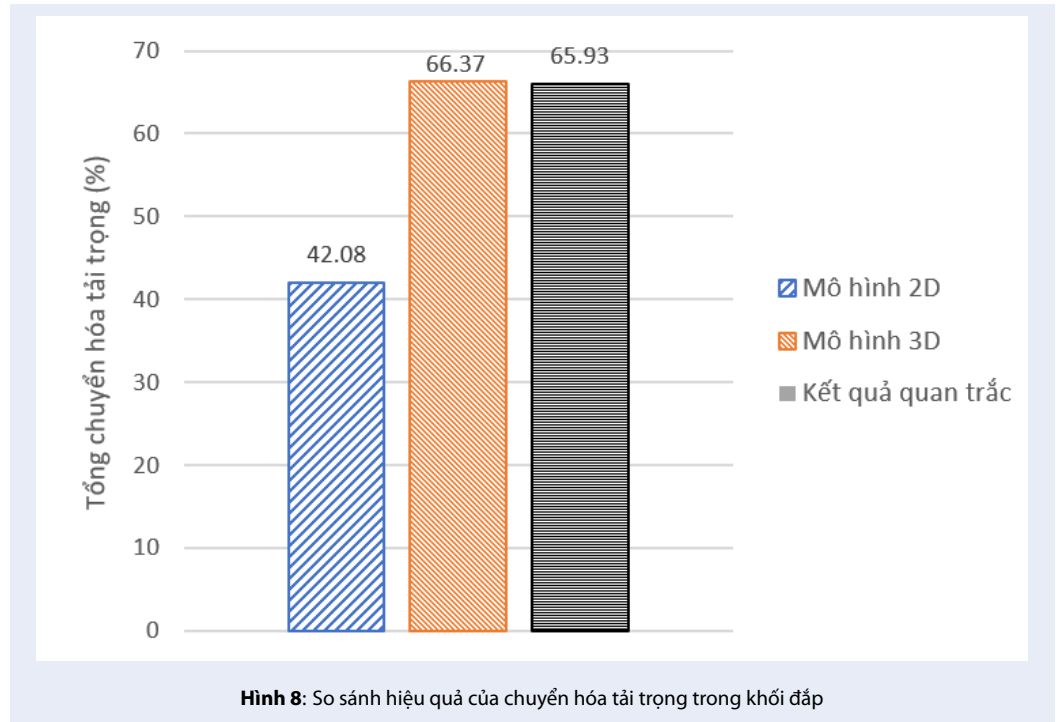
Hình 5: Biến dạng trong mô hình cọc đơn vị



Hình 6: So sánh ứng suất trên nền đất tính toán theo mô hình số và số liệu quan trắc



Hình 7: Ứng suất phân phối trong mô hình cọc đơn vị



kết quả phù hợp hơn với số liệu quan trắc. Tuy nhiên khi đánh giá việc chuyển hóa tải trọng trong khối đắp, mô hình 3 chiều đã đạt được giá trị mô phỏng có độ chính xác rất cao khi so sánh với kết quả quan trắc. Từ kết quả của nghiên cứu này, các mô hình số có thể được phát triển để nghiên cứu về cơ chế chuyển hóa tải trọng với nhiều loại cọc khác, ví dụ cọc xi măng đất hoặc cọc bọc vải. Để phát triển kết quả này, các điều kiện biên cần được phân tích và thay đổi để mô hình số đưa ra các kết quả phù hợp hơn.

LỜI CẢM ƠN

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa Thành phố Hồ Chí Minh (HCMUT), VNU-HCM, quỹ Murata Science Foundation (mã số 23VH07) đã hỗ trợ về thời gian và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này theo đề tài.

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

Các tác giả tuyên bố rằng không có xung đột lợi ích liên quan đến việc xuất bản bài viết này.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Các tác giả xác nhận đóng góp cho bài báo như sau: ý tưởng và thiết kế nghiên cứu: Phạm Minh Tuấn, Vũ Duy Liêm; xây dựng mô hình: Vũ Duy Liêm; phân tích và giải thích kết quả: Vũ Duy Liêm, Phạm Minh Tuấn; soạn thảo bản thảo: Phạm Minh Tuấn. Tất cả

các tác giả đã xem xét kết quả và phê duyệt phiên bản cuối cùng của bản thảo.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Liu HL, Ng CW, Fei K. Performance of a geogrid-reinforced and pile-supported highway embankment over soft clay: case study. J Geotech Geoenviron Eng. 2007;133(12):1483-1493; Available from: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2007\)133:12\(1483\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2007)133:12(1483)).
2. Terzaghi K. Theoretical soil mechanics. John Wiley & Sons; 1943. p. 11-15; Available from: <https://doi.org/10.1002/9780470172766>.
3. Guido VA, Knueppel JD, Sweeney MA. Plate loading tests on geogrid-reinforced earth slab. In: Geosynthetic' 87 Conf. St. Paul, MN: Industrial Fabrics Association International; 1987. p. 216-225;.
4. Hewlett WJ, Randolph MF. Analysis of piled embankments. Int J Rock Mech Min Sci Geomech Abstr. 1988;25(6):297-298; Available from: [https://doi.org/10.1016/0148-9062\(88\)91283-1](https://doi.org/10.1016/0148-9062(88)91283-1).
5. EBGE. Recommendations for design and analysis of earth structures using geosynthetic reinforcements-EBGE. Digital in English. German geotechnical society; 2011. ISBN: 978-3-433-60093-1;.
6. BS 8006. Code of Practice for Strengthened/reinforced Soils and Other Fills. British Standards Institution BSI, London, UK; 2010. ISBN 978-0-580-53842-1;.
7. CUR 226. Design guideline basal reinforced piled embankments. CRC Press, Taylor & Francis Group; 2016;.
8. Vo DN, Pham MT, Le VA, To VN. Load Transfer Acting in Basal Reinforced Piled Embankments: a Numerical Approach. Transp Infrastruct Geotech. 2022; Available from: <https://doi.org/10.1007/s40515-022-00271-1>.
9. Low BK, Tang SK, Choa V. Arching in piled embankments. J Geotech Eng. 1994;120(11):1917-1938; Available from: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1994\)120:11\(1917\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1994)120:11(1917)).
10. Han J, Gabr MA. Numerical analysis of geosynthetic-reinforced and pile-supported earth platforms over soft soil. J Geotech

- Geoenviron Eng. 2002;128(1):44-53;Available from: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2002\)128:1\(44\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2002)128:1(44)).
11. Girout R, Blanc M, Dias D, Thorel L. Numerical analysis of a geosynthetic-reinforced piled load transfer platform - Validation on centrifuge test. Geotext Geomembr. 2014;42(5):525-539;.
 12. Pham AT, Dias D. 3D numerical study of the performance of geosynthetic-reinforced and pile-supported embankments. Soils Found. 2021;61(5):1319-1342;Available from: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2021.07.002>.

2D and 3D numerical investigation on geosynthetic-Reinforced piled-Embankment over soft ground

Minh Tuan Pham^{*}, Duy Liem Vu

ABSTRACT

The geosynthetic reinforcement solution, whether in the form of geogrids or geotextile reinforcement, combined with a group of reinforced piles in an embankment on soft ground, proves to be a rapid and effective approach for projects situated on granular embankments. However, the complexity of working mechanisms is a challenge for engineers as it can impact the performance of solution under different real-world conditions. Indeed, load transfer is a complex mechanism conditional upon the interaction among connecting elements, such as piles, soil, and geosynthetics. In this study, a numerical model was constructed using the finite element method, incorporating both 2D and 3D models to simulate an experiment conducted by Liu et al. This paper described a case history of a geogrid-reinforced and pile-supported highway embankment with a low area improvement ratio. The present study focused on evaluating surface settlement, stress distribution on soft ground, and the effectiveness of load transfer within a reinforced embankment through a system of interconnected piles with geosynthetics and subsoil. The results of the study indicated that both 2D and 3D models accurately reflected the behavior of the piles, but there were differences in simulating stress on soft ground and load transfer within the embankment. The 2D model proved more suitable for simulating stress on the soft ground surface, while the 3D model achieved a high level of accuracy (1% deviation from observational results) in simulating the load transfer within the embankment. These findings highlight the complex nature of load transfer mechanisms and highlight the importance of considering both 2D and 3D modeling approaches when assessing the performance of a geogrid-reinforced and pile-supported highway embankment over soft clay under various conditions.

Key words: Geosynthetic reinforcement, piled embankment, soil arching, load transfer mechanisms, finite element method

Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam; Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Correspondence

Minh Tuan Pham, Department of Geotechnical Engineering, Faculty of Geology and Petroleum Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Vietnam; Vietnam National University Ho Chi Minh City, Linh Trung Ward, Thu Duc City, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Email: pmtuan@hcmu.edu.vn

History

- Received: 30-9-2023
- Accepted: 22-12-2023
- Published Online: 31-12-2024

DOI : 10.32508/stdjet.v6iS17.1231



Cite this article : Pham M T, Vu D L. **2D and 3D numerical investigation on geosynthetic-Reinforced piled-Embankment over soft ground.** *Sci. Tech. Dev. J. – Engineering and Technology* 2024; 6(S17):59-68.