



STUDY ON STRESS AND LATERAL DISPLACEMENT DUE TO CEMENT-TREATED SOIL PILE CONSTRUCTION ON ADJACENT BRIDGE PIERS

Nguyen Van Hau*

University of Transport and Communications, No 3 Cau Giay Street, Hanoi, Vietnam

ARTICLE INFO

TYPE: Research Article

Received: 24/12/2024

Revised: 06/02/2025

Accepted: 10/02/2025

Published online: 15/02/2025

<https://doi.org/10.47869/tcsj.76.2.3>

* *Corresponding author*

Email: nvhau@utc.edu.vn; Tel: +84962472568

Abstract. The use of Cement Deep Mixing (CDM) piles for reinforcing soft soil foundations is widely applied in transportation projects due to its effectiveness and safety. This study aims to evaluate the impact of CDM construction on adjacent bridge piers, a common scenario in ring road projects. Through the analysis of field data on soft soil in Ho Chi Minh City, the study reveals that lateral pressure and settlement during CDM construction can exceed the bearing capacity of the foundation soil, leading to soil displacement and tilting toward nearby structures. The results indicate that while CDM has minimal impact after the cement hardens, the construction process still poses potential risks. To mitigate adverse effects, the study proposes maintaining a minimum safety distance of five meters from the drilling point to the edge of pile-cap and constructing CDM piles before building adjacent bridge piers. These findings provide a scientific basis for the effective design and construction of projects on soft soil foundations and open new research directions on lateral displacement and pile tilting in complex geological conditions.

Keywords: Cement Deep Mixing (CDM), soft soil reinforcement, construction impact, lateral soil displacement, embankment structures on soft soil, bridge abutments and piers.

@ 2025 University of Transport and Communications



NGHIÊN CỨU ỨNG SUẤT VÀ DỊCH CHUYỂN NGANG DO THI CÔNG CỌC XI MĂNG ĐẤT ĐẾN TRỤ CẦU LÂN CẬN

Nguyễn Văn Hậu *

Trường Đại học Giao thông vận tải, Số 3 Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học

Ngày nhận bài: 24/12/2024

Ngày nhận bài sửa: 06/02/2025

Ngày chấp nhận đăng: 10/02/2025

Ngày xuất bản Online: 15/02/2025

<https://doi.org/10.47869/tcsj.76.2.3>

* Tác giả liên hệ

Email: nvhau@utc.edu.vn; Tel: +84962472568

Tóm tắt. Việc sử dụng cọc xi măng đất (Cement Deep Mixing - CDM) để gia cố nền đất yếu đang được áp dụng rộng rãi trong các công trình giao thông nhờ tính hiệu quả và an toàn. Nghiên cứu này đánh giá tác động của quá trình thi công CDM lên các công trình trụ cầu lân cận, một tình huống phổ biến trong các dự án đường vành đai. Thông qua phân tích dữ liệu thực tế về đất yếu tại thành phố Hồ Chí Minh, nghiên cứu chỉ ra rằng áp lực ngang và độ lún trong quá trình thi công CDM có thể vượt quá khả năng chịu tải của đất nền, gây dịch chuyển và xô lệch đất về phía các công trình lân cận. Kết quả cho thấy, mặc dù CDM ít ảnh hưởng sau khi xi măng cứng lại, quá trình thi công vẫn tiềm ẩn rủi ro. Để giảm thiểu tác động tiêu cực, nghiên cứu đề xuất duy trì khoảng cách an toàn tối thiểu 5m từ vị trí mũi khoan đến mép bệ cọc và thi công CDM trước khi thi công trụ cầu. Những phát hiện này cung cấp cơ sở khoa học cho thiết kế và thi công hiệu quả trên nền đất yếu, đồng thời mở ra hướng nghiên cứu mới về dịch chuyển ngang và xô lệch cọc trong điều kiện địa chất phức tạp.

Từ khóa: Cọc xi măng đất, Gia cố nền đất yếu, Tác động thi công, Dịch chuyển đất ngang, kết cấu nền đắp trên đất yếu, Công trình mố trụ cầu.

@ 2025 Trường Đại học Giao thông vận tải

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nền đất yếu là một thách thức phổ biến trong lĩnh vực xây dựng tại Việt Nam, đặc biệt là ở các khu vực đồng bằng như đồng bằng sông Cửu Long. Việc xử lý nền đất yếu là yếu tố then chốt để đảm bảo sự ổn định và an toàn cho các công trình. Trong đó, công nghệ thi công cọc xi măng đất (CDM) đã nổi lên như một giải pháp hiệu quả và được ứng dụng rộng rãi. Kỹ

thuật này liên quan đến việc khoan tạo lỗ, bơm vữa xi măng xuống, trộn đều với đất yếu và sau đó rút dần cần khoan lên, tạo thành cọc xi măng đất gia cố nền.

Cọc xi măng đất (CDM) được áp dụng rộng rãi bởi khả năng tăng cường sức bền và ổn định của đất nền, rút ngắn thời gian thi công và chi phí thấp hơn so với các phương pháp gia cố khác [1]. Giải pháp này cũng thích nghi với nhiều loại đất yếu và thân thiện với môi trường khi có thể xử lý nhiều loại đất yếu bị ô nhiễm [2]. Công nghệ thi công CDM đòi hỏi thiết bị khoan chuyên dụng và các thông số kỹ thuật khi khoan cần phải được kiểm soát chặt chẽ nhằm đảm bảo chất lượng gia cố [3][4].

Mặc dù được xem là ít ảnh hưởng đến công trình lân cận [5-7], quá trình thi công cọc CDM vẫn tạo ra áp lực ngang đáng kể, tiềm ẩn nguy cơ gây dịch chuyển đất yếu và có thể gây chuyển vị của các công trình lân cận. Áp lực ngang này chủ yếu phát sinh từ tải trọng của thiết bị thi công, đặc biệt là máy khoan cọc, và lực rút cần khoan trong quá trình thi công. Tác động của áp lực ngang lên đất yếu có thể gây ra lún, nghiêng, nứt các công trình lân cận, dẫn đến thiệt hại về kinh tế và xã hội. Tuy vậy, ảnh hưởng của áp lực ngang, dù tạm thời trong lúc thi công, tới công trình là không nhỏ và tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn các công trình lân cận. Các nghiên cứu trước đó về CDM chủ yếu tập trung vào các giải pháp kết cấu, đánh giá hiệu quả của cải tạo đất yếu hay các biện pháp, thông số để quản lý chất lượng [8-13]. Tuy vậy, những tác động tới công trình lân cận khi thi công cọc CDM hiện nay cũng đang được quan tâm đánh giá và nghiên cứu [14-16].



Hình 1. Thi công cọc xi măng đất cạnh các công trình lân cận [17].

Các công trình lân cận khu vực xử lý đất yếu CDM phổ biến xảy ra ở tại các vị trí như móng cầu, cầu vượt ngang, cầu chạy song hành [18]. Khả năng gây dịch chuyển ngang của đất yếu khi thi công cọc CDM là có. Trên thực tế triển khai tại Việt Nam, trình tự thi công theo yêu cầu này là khó tránh do tiến độ. Ảnh hưởng của tải trọng nặng do thiết bị thi công gần công trình tiềm ẩn nguy cơ nghiêng, dịch chuyển ngang trụ và móng cầu. Thực tế đó đặt ra sự cấp bách cần phải có đánh giá ảnh hưởng của thi công CDM tới các công trình lân cận.

Nghiên cứu này nhằm mục đích đánh giá áp lực ngang và dịch chuyển đất trong quá trình thi công cọc CDM. Phương pháp nghiên cứu thông qua khảo sát thực địa và thu thập dữ liệu từ các công trình xây dựng tại Việt Nam, tập trung vào khu vực đường Vành đai 3 đoạn thành phố Hồ Chí Minh, nơi có điều kiện địa chất đất yếu điển hình cho đồng bằng Sông Cửu Long. Từ những số liệu thu thập, nghiên cứu sử dụng các phương pháp phân tích kết cấu nêu trong tiêu chuẩn thiết kế cầu hiện hành của Việt Nam [19-21] để tiến hành phân tích và đánh giá tác động. Nghiên cứu này xác định với đặc điểm thiết bị thi công CDM chuyên dụng thì sẽ có phá hoại nền đất yếu chưa xử lý hay không? Áp lực ngang và dịch chuyển ngang của đất có nằm

trong phạm vi công trình lân cận hay không? Từ các kết quả khảo sát sẽ khuyến cáo khoảng cách an toàn tới công trình mố trụ cầu gần khu vực thi công CDM.

Nghiên cứu này nhằm cung cấp thông tin hữu ích cho việc thiết kế và thi công cọc CDM, góp phần tối ưu hóa trình tự thi công, đảm bảo an toàn và ổn định cho các công trình lân cận. Từ đó, nghiên cứu hướng đến việc giảm thiểu rủi ro, thiệt hại tiềm ẩn trong quá trình thi công cọc CDM, góp phần nâng cao hiệu quả và tính bền vững cho các dự án xây dựng trên nền đất yếu.

2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

Nguyên lý xác định áp lực thẳng đứng truyền qua tấm ép là bằng tổng trọng lượng của máy và lực rút của máy. Có hai phương pháp để xác định lực rút cần của máy khoan cọc đất trộn xi măng: dựa vào sức kháng cắt của khối đất đã trộn xi măng hoặc dựa trên số liệu đo lực rút của máy. Giả thiết tốc độ rút cần của máy là đều, khi đó lực rút cần của máy (F_r) giả thiết bằng sức kháng cắt của đất (τ) nhân với tốc độ rút cần (v_c) và chu vi cọc (C) theo như Công thức (1).

$$F_r = \tau v_c C \quad (1)$$

Áp lực lên nền (p_n) sẽ được xác định theo Công thức (2).

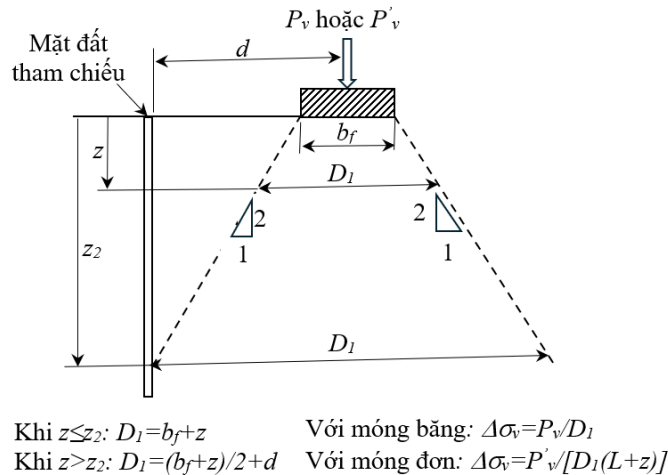
$$p_n = \frac{(P_m + F_r)}{A_m} \quad (2)$$

Trong đó, P_m là trọng lượng của máy và A_m là diện tích chân đế hữu hiệu của máy. Diện tích này trên thực tế là tấm thép đặt dưới bánh xích của máy khoan xi măng đất nhằm phân bố tải trọng đều hơn lên tiết diện để hạn chế sự phá hoại nền.

Để xác định tải trọng ngang lên hệ cọc dưới tác dụng của áp lực thiết bị khi khoan, sử dụng các chỉ dẫn trong TCVN 11823-3:2017 mục 10.6.3 [21]. Các giả thiết về áp lực đất ngang tính toán được xác định bằng áp lực đất thẳng đứng (p_z) nhân với hệ số áp lực đất ngang (k_a), xác định theo Công thức (3). Trong đó, φ_f là góc ma sát có hiệu của đất.

$$k_a = 1 - \sin \varphi_f \quad (3)$$

Áp lực thẳng đứng (p_z) được xác định theo hướng dẫn tại mục 10.6.3 của TCVN 11823-3:2017 [21], thể hiện trong Hình 2.

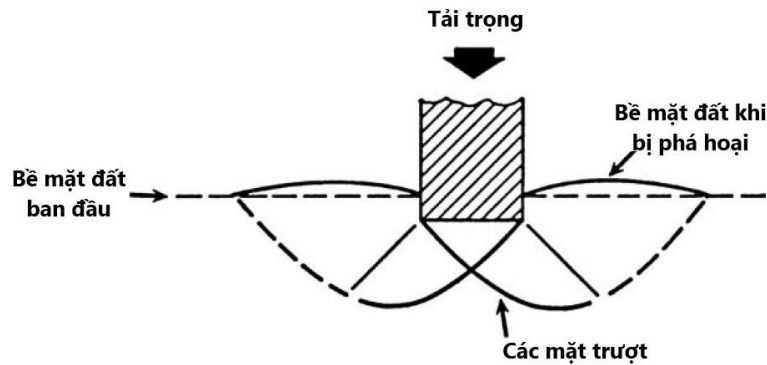


Hình 2. Phân bố áp lực theo phương thẳng đứng [20].

Độ lún của đất nền được xác định khi coi đất nền là bán không gian đồng nhất. Độ lún, S_e (mm), được coi là tức thời nên không xét tới cố kết của đất. Công thức áp dụng độ lún như Công thức 4 [21].

$$S_e = \frac{q_0(1-\nu^2)\sqrt{A'}}{E_s\beta_z} \quad (4)$$

Trong đó, q_0 (MPa) là áp lực thẳng đứng, A' (m²) là diện tích chịu tải hữu hiệu là diện tích có xét tới tải trọng lệch tâm, E_s (MPa) là mô đun Young của đất, xác định qua thí nghiệm, β_z là hệ số hình học móng, ν là hệ số Poisson, đối với đất yếu loại đất sét không thoát nước, $\nu=0.45$ theo hướng dẫn tại [20].



Hình 3. Dạng phá hoại của nền theo mặt cắt trượt [21].

Sức chịu tải của đất nền, q_R (MPa) được xác định theo công thức của Terzaghi được áp dụng tại tiêu chuẩn thiết kế cầu như Công thức 5 [19,21]. Sức kháng này được xác định dựa trên mặt trượt do cắt như thể hiện tại Hình 3.

$$q_R = \varphi_b q_n \quad (5)$$

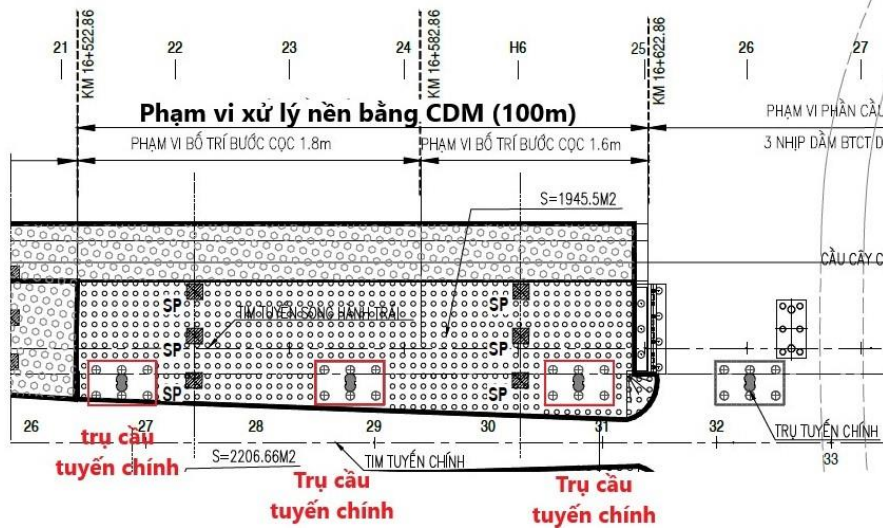
Trong đó, φ_b là hệ số sức kháng, q_n là sức kháng danh định của đất nền. Sức kháng này được xác định theo công thức của Terzaghi như tại Công thức (6) [21].

$$q_n = cN_{cm} + (g\rho D_f N_{qm} C_{wq} 10^{-9}) + (0.5g\rho B N_{\gamma m} C_{w\gamma} 10^{-9}) \quad (6)$$

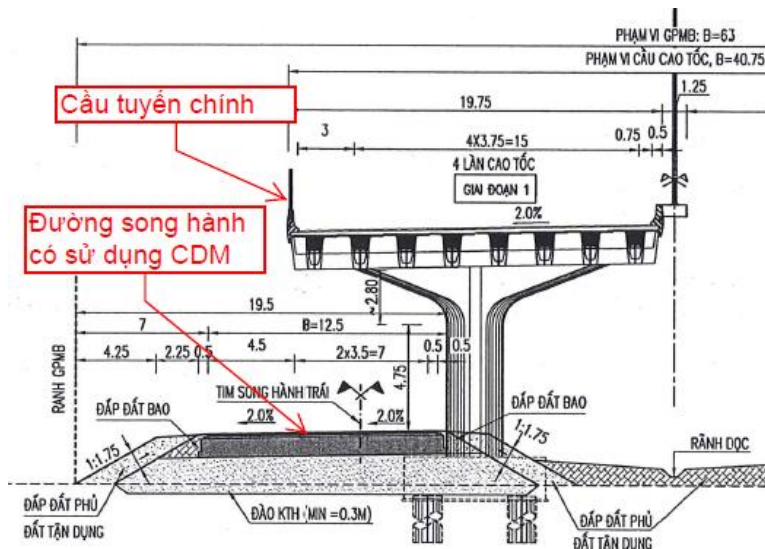
Trong đó: $N_{cm} = N_c s_c i_c$; $N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$ và $N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_{c\gamma}$. g (m/s²) là gia tốc trọng trường; c (kPa) là lực dính đơn vị, được xác định theo thí nghiệm; N_c hệ số sức chịu tải đất dính, N_q hệ số tải trọng chất thêm; N_γ hệ số chịu tải liên quan tới dung trọng; ρ (kg/m³) dung trọng tự nhiên; D_f (mm) là chiều sâu chôn móng; B (mm) bề rộng móng; C_{wq} , $C_{w\gamma}$ là các hệ số điều chỉnh liên quan tới nước ngầm; s_c, s_γ, s_q là các hệ số liên quan tới hình dáng móng; d_q là hệ số điều chỉnh liên quan đến hình dạng mặt trượt do cắt qua đất rời; i_c, i_γ, i_q là các hệ số điều chỉnh liên quan tới độ dốc của đế móng. Chi tiết về cách lựa chọn các hệ số có thể xem tại các bảng và phụ lục tại [19,21].

3. ĐÁNH GIÁ ẢNH HƯỞNG THI CÔNG CDM TỚI CỌC KHOAN NHỒI TRÊN THỰC TẾ

Tiến hành khảo sát việc thi công cọc CDM ảnh hưởng như thế nào tới hệ cọc khoan nhồi của cầu lân cận trên đường song hành, các số liệu được tham khảo tại các công trình tại đồng bằng Sông Cửu Long. Cụ thể là tại dự án đường vành đai 3 đoạn Thành phố Hồ Chí Minh, đường song hành sử dụng giải pháp CTM nhưng có công trình cầu lân cận như trong Hình 4.



(a) Mặt bằng cầu tuyến chính và đường song hành



(b) Mặt cắt ngang cầu tuyến chính và đường song hành

Hình 4. Công trình trụ cầu lân cận đường song hành có sử dụng giải pháp CTM [18].

Cụ thể, các số liệu về địa chất đất yếu được tham khảo trong các lỗ khoan tại dự án Vành đai 3, Thành phố Hồ Chí Minh [22] với những đặc trưng như sau:

- Lớp đất bùn hữu cơ: phân bố trên bề mặt, có chiều dày từ 0,90m đến 3,5m. Lớp có thành phần không đồng nhất và không xem xét chịu lực cho móng nền đường.

- Lớp sét rất dẻo (OH): có chiều dày thay đổi từ 5,10m đến 10,41m, thành phần chủ yếu là, màu xám đen lẫn thực vật, trạng thái nhão. Là lớp đất yếu chủ yếu ảnh hưởng đến sức chịu tải công trình.
- Lớp thứ ba là đất sét rất dẻo (CH): xám tro – nâu đỏ - nâu vàng. Chiều dày lớp thay đổi từ 5,8m đến 8,9m. Giá trị xuyên tiêu chuẩn từ 8-12 búa.
- Lớp đất thứ tư là cát lẫn sét (SC): hỗn hợp cát – sét cấp phối kém, vàng nâu – xám trắng – nâu đỏ, trạng thái dẻo. Lớp có khả năng chịu tải yếu đối với công trình với giá trị SPT từ 6-21 búa.

Một số các đặc trưng về chỉ tiêu cơ lý các lớp được tổng hợp với bảng giá trị bình quân như tại Bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu đặc trưng của đất yếu [22].

Tên lớp	Lớp OH	Lớp CH
Góc ma sát φ (độ)	2°53' ÷ 3°33'	12°18' ÷ 13°48'
Lực dính đơn vị c (kPa)	0,54 ÷ 0,59	2,63 ÷ 2,92
Sức chống cắt cực đại tại áp suất cấp 1 τ (kPa)	1,11 ÷ 1,17	4,92 ÷ 4,99
Giới hạn chảy W_L (%)	67,20 ÷ 75,03	44,26 ÷ 51,74
Chỉ số dẻo I_p (%)	33,66 ÷ 37,35	24,89 ÷ 32,64
Độ sệt I_L	1,15 ÷ 1,2	0,27 ÷ 0,37
Dung trọng ướt γ (kN/m ³)	15,0 ÷ 15,2	18,5 ÷ 20,2
Mô đun Young (MPa)	4,00	6,00
Hệ số Poisson (ν)	0,20	0,20

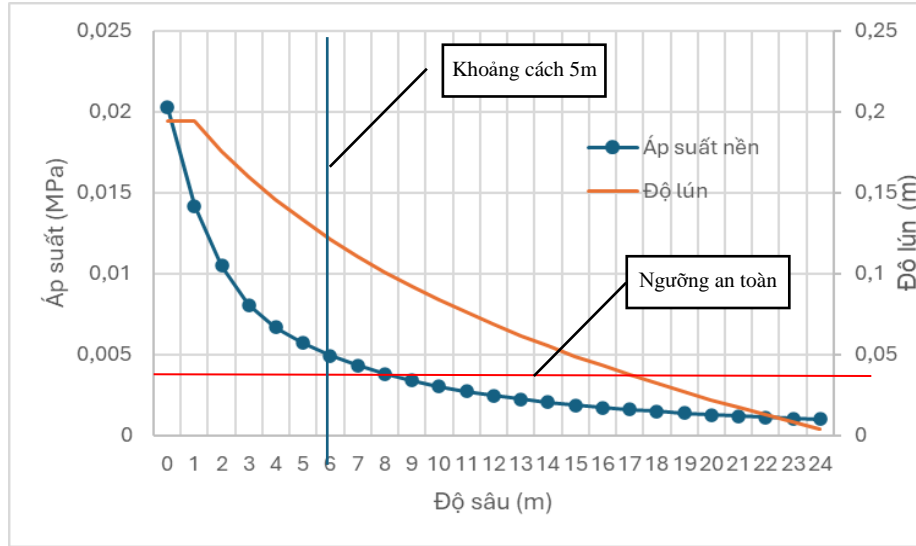
Máy khoan cọc là máy khoan kép có hai trục khoan, mã hiệu DJM 2090, số chế tạo 00017/6D15 – 708125 sản xuất bởi KOBELCO Nhật Bản. Máy được kiểm định bởi Công ty Cổ phần Kiểm Định Xây Dựng và Công Nghiệp Quốc Tế. Số kiểm định 38/2400889/KDXDQT ngày 04/07/2024. Thông số kỹ thuật của máy như Bảng 2 [23,24].

Bảng 2. Thông số kỹ thuật máy khoan cọc xi măng đất [23,24].

Thông số	Đơn vị	Giá trị
Chiều sâu khoan lớn nhất	m	30,00
Đường kính khoan lớn nhất	m	1,00
Vận tốc quay gầu khoan max/min	v/ph	32,1/16,0
Mô men khoan max/min	kN.m	44,5/22,2
Tải trọng cơ cấu nâng chính	kN	100
Khối lượng máy	kN	450
Chiều rộng xích di chuyển	mm	4470
Tốc độ rút cần khoan bình quân (v_c)	m/ph	1,2

Trình tự thi công và biện pháp thi công theo [25] như sau: Lắp dựng máy khoan, đặt máy khoan lên các tấm thép dày 20mm kích thước 5,5*5,5m. Lắp đặt trạm trộn vữa xi măng; Vận hành thử và hiệu chuẩn; Nước và xi măng trộn trong hệ thống trộn và chuyển ra bồn chứa. Tiến hành vừa khoan vừa bơm vữa đồng thời với kiểm soát lượng vữa để tạo cọc. Di chuyển máy tới vị trí cọc tiếp theo khi xoay và rút cần khoan lên.

Kết quả đánh giá theo các công thức đề cập ở cơ sở lý thuyết cho thấy, khi bố trí máy khoan xi măng đất cách mép công trình 1,5m, áp lực ngang mà thiết bị khoan cọc gây ra và độ lún tổng cộng được xác lập từ các Công thức 1 đến Công thức 6. Kết quả như thể hiện trong Hình 5.



Hình 5. Áp suất và độ lún chân đế máy

Từ các số liệu địa chất, đánh giá sức chịu tải của đất nền theo Công thức (5) thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Các thông số tính toán theo công thức 5.

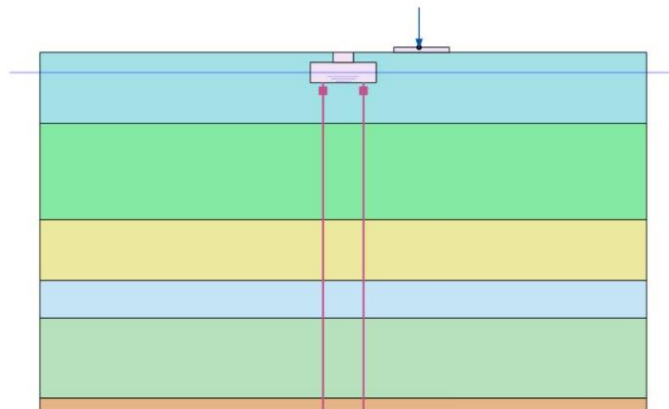
No	Thông số	Giá trị
1	Gia tốc trọng trường, g (m/s^2)	9,81
2	Hệ số sức chịu tải đất dính, N_c	5,40
3	Hệ số tải trọng chất thêm, N_q	1,10
4	Hệ số liên quan tới dung trọng, N_γ	0,10
5	Dung trọng tự nhiên, ρ (kg/m^3)	1800
6	Chiều sâu chôn móng, D_f (mm)	0
7	Lực dính đơn vị, c (kPa)	5,78
8	Bề rộng móng, B (mm)	6000
9	s_c, s_γ, s_q là các hệ số liên quan tới hình dáng móng	1,0002; 0,9997; 1,0002
10	d_q là hệ số điều chỉnh liên quan đến hình dạng mặt trượt do cát qua đất rời; i_c, i_γ, i_q là các hệ số điều chỉnh liên quan tới độ dốc của đế móng	1; 1; 1
11	$C_{wq}, C_{w\gamma}$ là các hệ số điều chỉnh liên quan tới nước ngầm	0,5; 0,5
12	i_c, i_γ, i_q là các hệ số điều chỉnh liên quan tới độ dốc của đế móng.	1; 1; 1
13	$N_{cm} = N_c s_c i_c$	5,4009
14	$N_{qm} = N_q s_q d_q i_q$	1,1002
15	$N_{\gamma m} = N_\gamma s_\gamma i_{c\gamma}$	0,0999
16	Hệ số sức kháng, ϕ_b	0,50
17	Sức kháng theo Công thức 5; q_R (MPa)	0,01562

So sánh giá trị p_n , xác định theo Công thức (2) và kết quả tại Hình 5, và q_R , xác định theo Công thức (6) và kết quả tại hàng 17 Bảng 3, ta thấy $p_n > q_R$ và do đó, đất nền dưới chân máy được coi là bị phá hoại. Từ số liệu tính toán tại Hình 3 và Bảng 3, ta thấy áp lực đất ngang tại 1,5m đất dưới đế máy khoan vượt quá giá trị sức kháng của đất nền và đất có dấu hiệu bị phá hoại ngang. Theo phương thẳng đứng, mức độ phá hoại sâu hơn. Độ lún của cọc

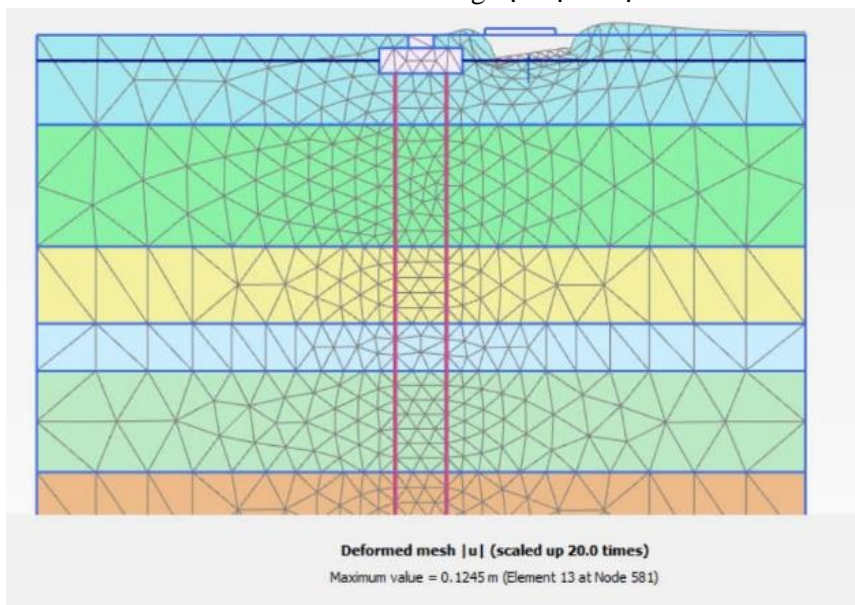
cũng cho thấy đạt 10% bề rộng hữu hiệu của đế móng là một tiêu chí đánh giá đất nền dưới đế móng bị phá hoại.

Từ Hình 5 cũng cho thấy, nếu dịch máy xa cọc một khoảng tối thiểu là 5,0m, áp suất ngang lúc này giảm đáng kể, nhỏ hơn sức kháng cắt của đất nền và sẽ không ảnh hưởng tới công trình lân cận nữa.

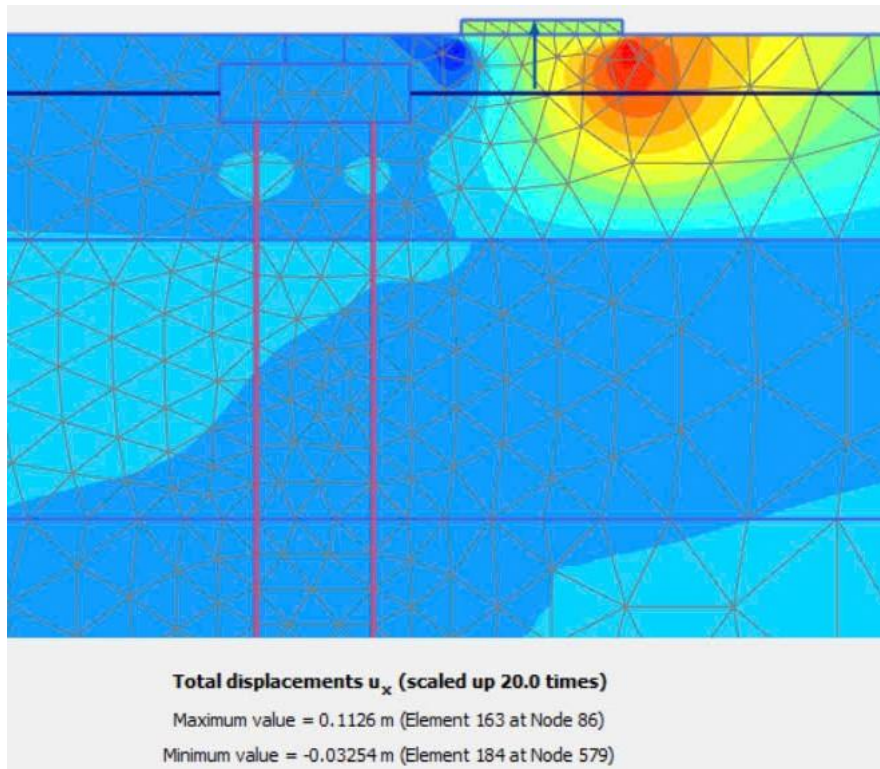
Để đánh giá sự ảnh hưởng của việc thi công cọc xi măng đất tới công trình lân cận, nghiên cứu đã tiến hành xây dựng mô hình tương tự trên phần mềm Plaxis theo phương pháp phần tử hữu hạn. Các thông số đầu vào giống như mô hình tính toán ở trên. Mô hình được mô phỏng như trong Hình 6 trong đó các tải trọng được gán tĩnh bằng tổng tải trọng của máy trong khi thi công được nêu trong Bảng 2. Độ sâu các lớp đất và chỉ tiêu cơ lý của mô hình được khai báo theo Bảng 1. Các số liệu chi tiết khác về các lớp địa tầng lấy theo số liệu khảo sát địa chất cọc TTP5 tại tài liệu [21].



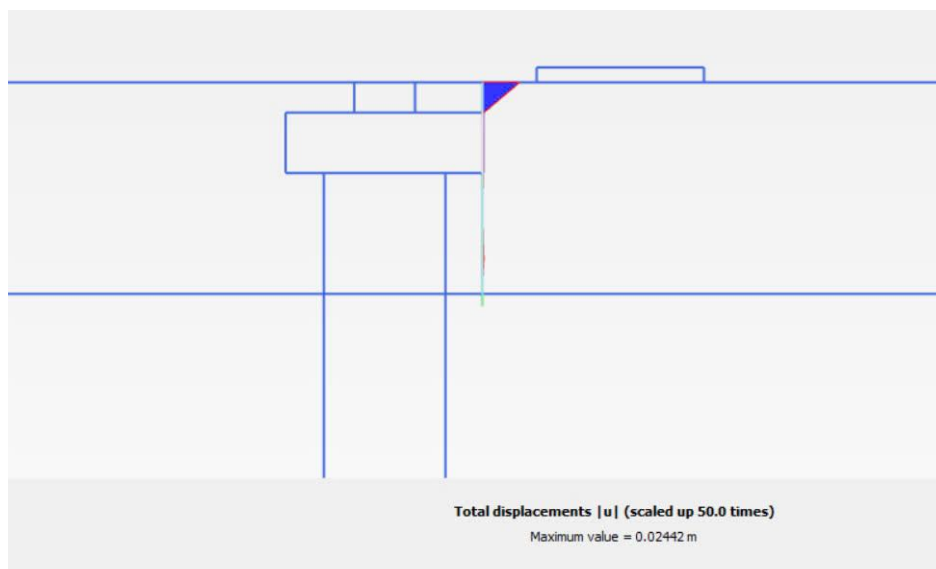
Hình 6. Mô hình thi công cọc cạnh trụ cầu



Hình 7. Biểu đồ biến dạng tổng



Hình 8. Kết quả chuyển vị đất nền theo phương ngang



Hình 9. Kết quả chuyển vị tổng khu vực trụ cầu theo mặt cắt sát bộ trụ

Kết quả về chuyển vị và biến dạng của đất nền thể hiện trên Hình 7 và Hình 8, tổng chuyển vị theo mặt cắt sát bộ trụ như trong Hình 9. Kết quả từ mô hình phần tử hữu hạn và các nhận xét, đánh giá được nêu trong Bảng 4.

Bảng 4. Đánh giá kết quả bài toán thi công cọc xi măng đất gần trụ cầu

Chỉ tiêu	Mô hình phần tử hữu hạn	Nhận xét, đánh giá
Độ lún thẳng đứng tại vị trí đặt máy (m)	0,1245	So với kết quả tính toán theo công thức 4 (0,1943 m), kết quả tương đối tương đồng.
Chuyển vị tổng lớn nhất của tại mặt cắt thẳng đứng tại mép bệ trụ (m)	0,0244	Chuyển vị của mặt cắt sát thân trụ là tương đối lớn. Trụ cầu song hành có chiều cao 8,0 (m) thì ngưỡng tham chiếu [19,21] $L/400=0,02m$ đã bị vượt.
Độ an toàn đất nền nơi đặt máy	Không an toàn.	Kết quả này trùng với giá trị $p_n > q_R$ như đã xác định ở trên
Chuyển vị ngang của đất lớn nhất (m)	0,1126	Giá trị chuyển vị ngang tại khu vực đất nền xung quanh chân máy là khá lớn so với tiêu chuẩn $L/400$

NHẬN XÉT

Từ kết quả khảo sát, có thể thấy rằng, trong quá trình thi công cọc xi măng đất, áp lực ngang tạo ra bởi công nghệ khoan là đáng kể. Những ảnh hưởng như các tính toán trong nghiên cứu là chưa được chỉ ra trước đó. Ảnh hưởng của áp lực ngang này có thể gây phá hoại và dịch chuyển ngang đất yếu. Từ đó có thể ảnh hưởng đến chuyển vị của cọc khoan nhồi. Kết quả nghiên cứu cho thấy giải pháp cọc xi măng đất trong quá trình thi công tạo ra ứng suất và chuyển vị ngang đáng kể, cần được xem xét trong thiết kế và thi công.

Với khảo sát đặc điểm địa chất và thiết bị thi công khu vực nghiên cứu, từ kết quả tính toán tại Hình 5, áp suất ngang của đất giảm đáng kể với khoảng cách 5,0m tính từ mép đế máy tới mép bệ trụ cầu. Áp suất ngang của đất lúc này giảm bốn lần so với áp suất lớn nhất tại chân máy đồng thời nhỏ hơn ba lần so với sức kháng cắt của đất. Từ đó, đề xuất 5,00m là khoảng cách an toàn và ít ảnh hưởng hơn tới trụ cầu.

Khác với giải pháp xử lý đất yếu bằng hiệu ứng cố kết, giải pháp cọc xi măng đất được coi là biện pháp cứng hóa đất và có ảnh hưởng ít tới công trình lân cận. Tuy nhiên, qua khảo sát này, quá trình thi công cọc xi măng đất vẫn được coi là có ảnh hưởng nhất thời. Khi xi măng cứng lại, việc thi công các cọc lân cận sẽ làm ảnh hưởng ít hơn. Tuy nhiên, các dịch chuyển ngang trong quá trình thi công cọc thì không thể phục hồi.

Hiện nay, các thiết kế vẫn đưa ra trình tự thi công gia cố sử dụng cọc xi măng đất trước khi thi công công trình cầu lân cận. Tuy nhiên, trong một số trường hợp, điều này không khả thi do yêu cầu về tiến độ thi công. Các trường hợp phổ biến khi phải thi công cầu trước khi gia cố đất yếu bao gồm tại khu vực mố cầu, khu vực cầu vượt qua đường có nền đất yếu, đặc biệt là cầu cạn đi bên cạnh đường song hành. Trong các trường hợp này, cần ưu tiên thi công các cọc gia cố xi măng ở một khoảng cách đủ an toàn trước khi tiến hành thi công các hạng mục cọc của kết cấu cầu.

Các vấn đề chưa được đề cập trong nghiên cứu này bao gồm: sự dịch chuyển ngang của đất nền ảnh hưởng cụ thể tới cọc như thế nào, độ xô lệch cọc dưới tác dụng của tải trọng thi công cọc xi măng đất ra sao, và tiêu chí đánh giá trụ cầu không đạt yêu cầu chịu lực đối với các tổ hợp tải trọng thiết kế mố trụ có xét tới hiệu ứng áp lực ngang do thi công CDM. Những vấn đề này sẽ được xem xét trong các nghiên cứu tiếp theo.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã đánh giá tác động của việc thi công cọc xi măng đất tới các công trình lân cận, với kết quả từ các công trình thực tế tại Việt Nam. Mặc dù cọc xi măng đất được coi là làm cứng hóa đất và ít ảnh hưởng tới công trình lân cận, nhưng trong quá trình thi công, áp lực ngang có thể gây xô lệch cọc, ảnh hưởng đến nền móng cọc khoan nhồi. Kết quả tính toán về sự thay đổi áp suất ngang của đất cũng khuyến cáo khoảng cách tối thiểu 5,0m từ mép đế máy tới mép bệ trụ cầu là an toàn. Tuy nhiên, ảnh hưởng cụ thể tới trụ cầu như thế nào cần phải đánh giá cụ thể hơn. Quá trình thi công cọc xi măng đất vẫn gây ảnh hưởng nhất thời và không thể phục hồi dịch chuyển ngang do tác dụng đông cứng của xi măng. Các thiết kế hiện nay cần xem xét ưu tiên thi công cọc gia cố ở khoảng cách an toàn trước khi tiến hành các hạng mục kết cấu cầu. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học để cải thiện thiết kế và thi công cọc xi măng đất, giảm thiểu rủi ro và nâng cao tính bền vững cho các dự án trên nền đất yếu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. K. Liu, R. K. Rowe, Numerical study of the effects of geosynthetic reinforcement viscosity on behaviour of embankments supported by deep-mixing-method columns, *Geotextiles and Geomembranes*, 43 (2015) 567–578. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2015.04.020>
- [2]. D.A. Bruce, M.E.C. Bruce, A.F. DiMillio, Deep mixing method: Evolution, practice, and applications. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Ground Improvement*, 5 (2001) 3-18.
- [3]. M. Kitazume, M. Grisolia, E. Leder, I. P. Marzano, A.A.S. Correia, P.J.V. Oliveira, Andersson, M., Applicability of molding procedures in laboratory mix tests for quality control and assurance of the deep mixing method, *Soils and Foundations*, 55 (2015) 761–777. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2015.06.009>
- [4]. A. Mosadegh, F. Szymkiewicz, H. Nikra, An experimental investigation of the impact of specimen preparation and curing conditions on cement-treated material strength (deep mixing method), *Australian Journal of Civil Engineering*, 15 (2017) 49–60. <https://doi.org/10.1080/14488353.2017.1372685>
- [5]. T.P.L. Nguyễn, Nền đường trên đất yếu được gia cố bằng trụ xi măng đất, *Tạp chí Khoa Học và Công Nghệ*, 67 (2024) 148-154. <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v67i01.5038>
- [6]. B.V. Lê, Phân tích giải pháp cọc vữa xi măng – cát tiết diện nhỏ để xử lý nền đất yếu khu vực Cần Thơ, *Tạp chí Vật Liệu và Xây dựng*, 6 (2023) 56-62.
- [7]. T.N. Nguyễn, T.S. Bùi, H.L. Nguyễn, Nghiên cứu ảnh hưởng của thành phần vật chất của đất yếu đến khả năng cải tạo đất yếu vùng ven biển Bắc Trung Bộ bằng phương pháp cọc đất xi măng, *Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ - Engineering and Technology*, (2024)1-9.
- [8]. T.A. Nguyễn, Ứng dụng mạng lưới lò xo vào xử lý ổn định toán khối nền đất yếu tại đồng bằng Sông Cửu Long, *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng*, 4 (2021) 73-83.
- [9]. N.T. Nguyễn, Nghiên cứu sự phân bố ứng suất trong nền đất yếu được gia cố bằng trụ đất xi măng kết hợp với vải địa kỹ thuật dưới công trình đắp cao ở Tiền Giang, *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng*, 3 (2021) 41-46.
- [10]. J.M. Park, Y.S. Jo, Y.S. Jang, Reliability assessment of geotechnical structure on soils improved by Deep Mixing Method I: Data collection and problem setting, *KSCE Journal of Civil Engineering*, (2018). <https://doi.org/10.1007/s12205-018-1136-x>
- [11]. O.J. Park, Reliability analysis of quay walls constructed on deep cement mixed ground, MSc. thesis, Chonnam National University, Korea (in Korean), 2006.

- [12]. K.W. Liu, R.K. Rowe, 3D numerical analyses of performance of geotextile-reinforced and pile-supported embankment over a soft foundation, 67th Canadian Geotechnical Conference, Regina, 2014.
- [13]. S.L. Liu, S.L. Shen, Y.S. Xu, Z.S. Hong, Upper limit analysis of ultimate bearing capacity of strip footing on deep mixed columns, Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 133 (2007) 183-191.
- [14]. A.D. Nguyen, Phản ứng tĩnh của kết cấu nền tường cũ được cải tạo bằng cọc xi măng đất và nạo vét, Transport and Communications Science Journal, 74 (2023) 962-974.
- [15]. T.M.D. Đỗ, T.Q.K. Lâm, Công nghệ xử lý nền đất yếu khu vực đồng bằng sông Cửu Long, TC Xây Dựng, (2022) 94-98.
- [16]. Q.T. Phạm, N.T. Nguyễn, Phân tích rủi ro trong thi công hố đào sâu, Tạp chí Khoa Học Công Nghệ Xây Dựng, 14 (2020)101-117.
- [17]. P. Đỗ, Đẩy nhanh thi công Nút giao Đầm Nhà Mạc, Báo điện tử Quảng Ninh, (2021), <https://baoquangninh.vn/thang-6-tren-cong-truong-thi-cong-nut-giao-lon-nhat-quang-ninh-2918777.html>
- [18]. Dự án đường vành đai 3, Hồ sơ thiết kế kỹ thuật dự án XL3, Thành phố Hồ Chí Minh, 2023.
- [19]. American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO. LRFD bridge design specifications (5th ed.), (2010).
- [20]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, TCVN 11823-3:2017, Phần 3: Tải trọng và hệ số tải trọng, Mục 10.6.3 (2017) 73-74.
- [21]. W. D. Roberd, Foundation Engineering Handbook: Design and Construction with the 2009 International Building Code, Chaper 6. Bearing Capacity of Foundation, 2nd Edition, ASCE Press (2010), pp. 6.1-6.2.
- [21]. Bộ Khoa Học và Công Nghệ, TCVN 11823-10:2017, Phần 10: Thiết kế nền móng, Mục 6.3 (2017) 50-53.
- [22]. Dự án đường vành đai 3, Báo cáo khảo sát địa chất gói thầu XL3, Thành phố Hồ Chí Minh, 2023.
- [23]. Dự án đường vành đai 3, Hồ sơ kiểm định thông số kỹ thuật thiết bị khoan cọc xi măng đất hiệu KOBELCO-JAPAN, Thành phố Hồ Chí Minh, 2023.
- [24]. Dự án đường vành đai 3, Phiếu nhật ký khoan cọc thiết bị khoan cọc xi măng đất hiệu KOBELCO-JAPAN, Thành phố Hồ Chí Minh, 2023.
- [25]. Dự án đường vành đai 3, Biện pháp thi công xử lý nền đất yếu bằng cọc xi măng đất, Thành phố Hồ Chí Minh, 2023.