

Gia cố nền công trình hiện hữu bằng giải pháp cọc ống thép phụt vữa

■ **TS. ĐẶNG XUÂN TRƯỜNG^(*); ThS. NGUYỄN THỊ HUYỀN**

Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh

■ **ThS. NGUYỄN THẮNG NHẬT QUANG**

Trường Đại học Giao thông vận tải TP. Hồ Chí Minh

Email: ^(*)dxtruong@hcmunre.edu.vn

TÓM TẮT: Việc gia cố đất, trám kẽ hở của đất nền bằng cọc ống thép phụt vữa nhằm mục đích đưa vật liệu có tính kết dính từ mặt đất xuống vùng địa tầng cần gia cố, từ đó tạo liên kết chặt hơn giữa các hạt đất, giảm hệ số thấm, giảm độ rỗng, giảm độ ẩm của đất cũng như trám kín các kẽ hở nếu có của đất nền. Việc gia cố còn cải thiện hệ số lực dính kết cũng như góc ma sát trong của đất và cải thiện sức chịu tải tiêu chuẩn của đất nền cần gia cố. Đặc biệt, sau khi gia cố sẽ cải thiện tính thấm của nước trong đất nền, do quá trình vữa hóa của vữa xi măng - cát và phụ gia sẽ hấp thụ cũng như đẩy nước ra khỏi đất nền cần gia cố. Nền đất sau khi được gia cố bằng cọc ống thép phụt vữa sẽ có độ chặt tốt hơn, có sức chịu tải lớn hơn nhiều lần so với sức chịu tải của đất nền ban đầu.

TỪ KHÓA: Ống thép phụt vữa, gia cố nền.

ABSTRACT: Reinforcing the soil and filling the gaps of the ground with grouted steel pipe piles (GSPP) aims to bring adhesive materials from the ground to the stratum that needs to be reinforced. Thereby creating a tighter bond between soil particles, reducing the permeability coefficient, reducing porosity, reducing soil moisture as well as sealing any gaps in the ground if any. Reinforcement also improves the coefficient of cohesion as well as the internal friction angle of the soil and improves the standard bearing capacity of the ground that needs to be reinforced. In particular, after reinforcement, the permeability of water in the ground will be improved, due to the grouting process of cement mortar - sand and additives will absorb and push water out of the ground that needs to be reinforced. The ground after being reinforced with grouted steel pipe piles will have better compactness, with a load-bearing capacity many times greater than the load-bearing capacity of the original ground.

KEYWORDS: Reinforcing the soil, GSPP.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việc gia cố nền cho một công trình chưa xây dựng (nền đất trống) thì vô cùng đơn giản đối với khoa học và

kỹ thuật xây dựng hiện nay và có thể thực hiện bằng nhiều biện pháp hữu hiệu khác nhau. Tuy nhiên, để gia cố nền cho một công trình nhà ở, nhà xưởng hiện hữu nhằm phục vụ cho một công năng mới, mà sau khi cải tạo, nền đất có nhu cầu sức chịu tải cao hơn, thì đó là một vấn đề cần phải nghiên cứu và tính toán kỹ lưỡng.

- *Bài toán được đặt ra:* Một nhà xưởng, như nhà máy Coca Cola Thủ Đức có nhu cầu thay đổi công năng từ làm kho chứa pallet và nguyên liệu (sức chịu tải 2,5 tấn/m²) thành kho chứa thành phẩm (sức chịu tải từ 10 - 12 tấn/m²). Bên trong nhà xưởng chia thành nhiều khu vực, bao gồm các khu vực đặt máy vẫn đang hoạt động và các khu vực xếp thành phẩm (chai/lon Coca). Việc cải tạo không được dỡ mái nhà cũng như vẫn phải duy trì hoạt động các khu vực đặt máy.

- *Đề xuất phương pháp giải quyết:* Phương pháp cọc ống thép phụt vữa được đề xuất để thực hiện bài toán đã đặt ra ở trên. Trong phương pháp này, máy móc thiết bị nhỏ gọn, đơn giản và có thể linh hoạt thi công tại các phân vùng đã xác định trên mặt bằng công trình hiện hữu. Phương pháp này dựa trên lý thuyết của công nghệ công nghệ trộn sâu và phương pháp bơm vữa áp lực cao (Jet Grouting) trong gia cố đất nền. Vữa xi măng cát hay hỗn hợp chất kết dính được bơm vào lòng đất, trộn với đất để tạo thành một cấu trúc mới của đất, có sức chịu tải lớn hơn và nền đất chịu được tải trọng lớn hơn sau khi được gia cố. Bơm vữa xi măng hoặc hóa chất dưới áp suất cao vào trong đất để tạo thành các cột vữa, giúp cải thiện tính chất cơ học của nền đất yếu.

2. NGUYÊN LÝ HÌNH THÀNH HỖN HỢP ĐẤT - VỮA XI MĂNG

Cơ chế ổn định bằng xi măng được hình thành bao gồm 4 bước: hydrat hóa chất kết dính, ion phản ứng trao đổi, hình thành sản phẩm hydrat hóa xi măng và hình thành sản phẩm phản ứng pozzolanic.

Ổn định vôi dựa trên cơ sở tương tự phản ứng hóa học nhưng không có sự hình thành các sản phẩm hydrat hóa xi măng.

Phương pháp đông vôi sống thường được áp dụng cho đất yếu có độ cao hàm lượng nước, dự kiến quá trình hydrat hóa và hấp thụ của đồng vôi sống được bơm vào lòng đất để giảm hàm lượng nước có chứa trong lòng đất.

Phản ứng trao đổi ion làm thay đổi tính chất vật lý của đất ban đầu và dẫn đến độ dẻo của đất giảm. Các hiệu ứng được sử dụng trong cải thiện lớp nền hoặc vật liệu nền phụ bằng một lượng nhỏ vôi hoặc xi măng để xây dựng đường, nơi mà sự thay đổi độ đặc của đất tạo nên độ nén dễ dàng và hiệu quả hơn.

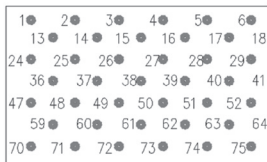
Sự hình thành sản phẩm thủy hóa xi măng và sản phẩm phản ứng pozzolanic cung cấp sự gia tăng cường độ cho hỗn hợp chất kết dính đất. Phương pháp trộn sâu là chủ yếu dựa vào các phản ứng kể trên để tăng cường độ ổn định của đất.

3. PHƯƠNG PHÁP TIẾN HÀNH

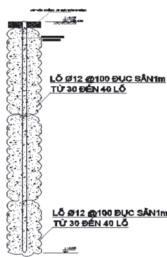
- Ống thép dày 2 mm đường kính Ø49 với chiều dài theo thiết kế. Ống thép được đục lỗ Ø12 xung quanh và suốt chiều dài thân ống.
- Máy bơm vữa chuyên dụng có áp lực bơm đạt từ 0,5 - 3,0 kG/cm².
- Trong điều kiện công trường, vữa được trộn theo cấp phối như sau:

Thể tích hoặc khối lượng các vật liệu dùng cho 1 mẻ trộn (1 bao XM)				
Xi măng (kg/lít)	Cát sạch (m ³)	Nước sạch (lít)	Phụ gia Sika R4 (lít)	Thể tích vữa/ 1 bao XM (lít)
1 bao (50 kg/16 lít)	0,05 (3 thùng 17 lít)	35,0 - 35,0	0,5	≈ 85-90

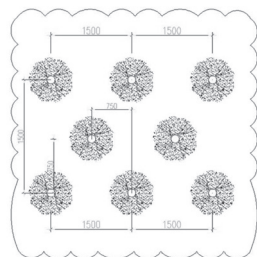
- Toàn bộ các vị trí phụ vữa thực hiện theo sơ đồ (được thiết kế trước). Việc định vị này được thực hiện căn cứ trên cơ sở vị trí cần gia cố bằng vữa xi măng, khoảng cách giữa các cọc vữa cần xác định tương đối để đạt được hiệu quả cao khi vữa lan tỏa ra xung quanh vị trí phụ vữa.



Hình 3.1: Sơ đồ định vị cọc phụ vữa



Hình 3.2: Mặt đứng của cọc phụ vữa



Hình 3.3: Mặt cắt ngang của cọc phụ vữa

4. MÔ HÌNH TÍNH TOÁN

4.1. Thông số địa chất

Phần gia cố nằm hoàn toàn trong lớp đất số 1, có các đặc điểm như sau:

- Sét pha - sét, màu xám trắng - xám xanh - xám vàng

- nâu đỏ trạng thái dẻo mềm.

- Thông số sức chống cắt $c_u = S_u$ là thông số sức chống cắt không thoát nước lấy từ thí nghiệm cắt trực tiếp.
- Thông số độ cứng $E_u = 300 \div 900S_u$.

4.2. Thí nghiệm nén mẫu rút lõi

Thực hiện thí nghiệm nén mẫu khoan rút lõi hiện trường, nhằm mục đích xác định giá trị q_u thực tế để làm thông số đầu vào cho mô hình Plaxis.

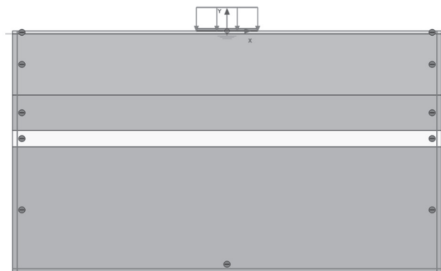
LAS XD58.007		MẪU CỌC GSPP 01/COCA		8/2024	
CAO ĐỘ	ĐỘ SÂU (M)	KÝ HIỆU	MÔ TẢ	KẾT QUẢ NÉN LỖI TRONG PHÒNG TN	
				ĐỘ SÂU (M)	CƯỜNG ĐỘ KHÁNG NÉN (KN/M2)
0	0.0	0.0			
1	-0.3	0.3	Mẫu cứng đồng nhất	1	1303.25
2				2	1280.35
3			Mẫu cứng chưa đồng nhất (vài chỗ lẫn ít bùn hữu cơ)	3	1180.95
4				4	
5					
6					
7	-6.7	6.4			

Hình 4.1: Thí nghiệm nén mẫu khoan rút lõi

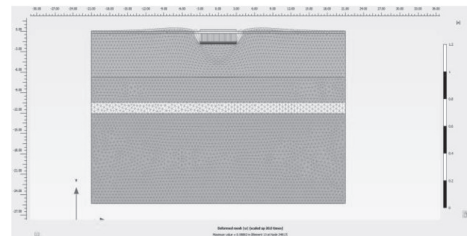
- Để thiên về an toàn, cường độ chịu nén mẫu chọn $q_u = 1.100 \text{ kN/m}^2$.

- Sức kháng cắt không thoát nước $S_u = 550 \text{ kN/m}^2$.
- Mô-đun của cọc sau gia cường dao động xung quanh $E_{50_GSPP} = 300q_u$ theo Navin and Filz.

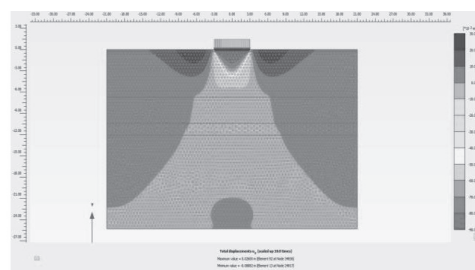
4.3. Kết quả mô hình không gia cố



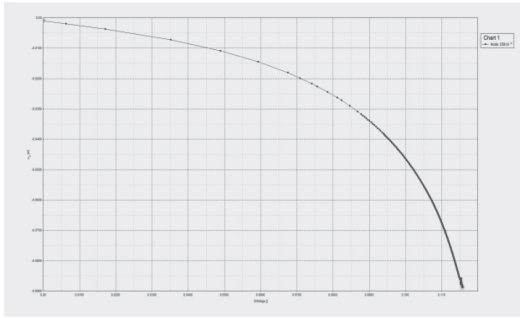
Hình 4.2: Gia tải bàn nén hiện trường



Hình 4.3: Chuyển vị $U = 0,089 \text{ m}$



Hình 4.4: Chuyển vị $U_y = 0,089 \text{ m}$



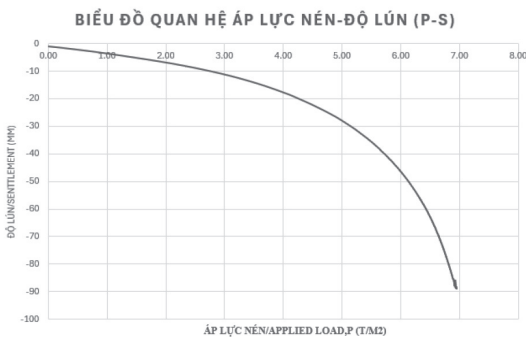
Hình 4.5: Biểu đồ quan hệ giữa M_{stage} và độ lún tại vị trí tâm sàn bê tông

$$q_{ult} = M_{stage} \times q \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Từ biểu đồ M_{stage}

$$q_{ult} = 0,116 \times 600 = 69,6 \left(\frac{kN}{m^2} \right) = 6,96 \left(\frac{T}{m^2} \right)$$

Trong đó: M_{stage} - Hệ số trích từ mô hình Plaxis và q là tải trọng giả định nhập vào trong Plaxis (ở đây đang chọn $q = 600 \text{ kN/m}^2$).



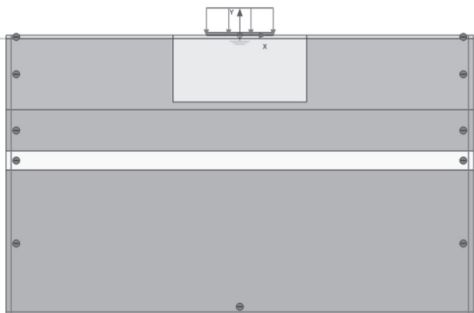
Hình 4.6: Biểu đồ quan hệ giữa áp lực nén và độ lún tại vị trí tâm sàn bê tông

Kết quả:

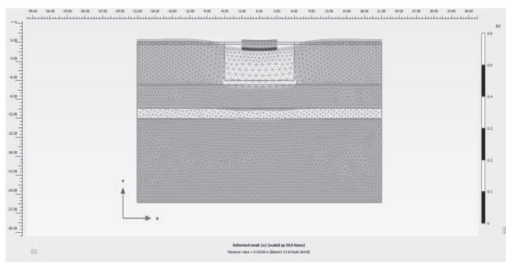
→ $q_{ult} = 6,96 \text{ T/m}^2$ và độ lún tối đa $-88,6 \text{ (mm)}$;

→ $P_{tk} = q_{ult} / 2 = 3,48 \text{ T/m}^2$.

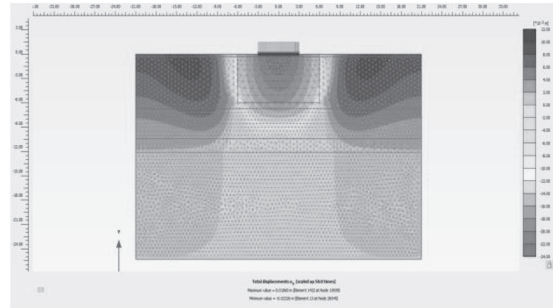
4.4. Kết quả mô hình gia cố GSPP



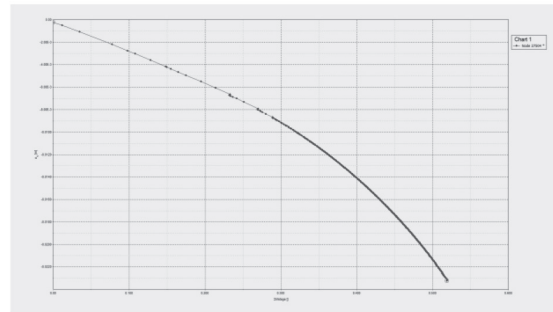
Hình 4.7: Gia tải bàn nén hiện trường (GSPP)



Hình 4.8: Chuyển vị $U = 0,023 \text{ m}$ (GSPP)



Hình 4.9: Chuyển vị $U_y = 0,0236 \text{ m}$ (GSPP)



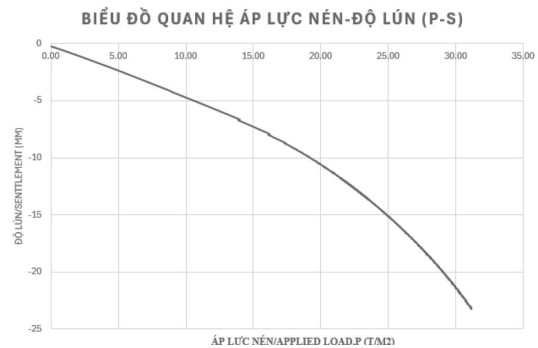
Hình 4.10: Biểu đồ quan hệ giữa M_{stage} và độ lún tại vị trí tâm sàn bê tông (GSPP)

$$q_{ult} = M_{stage} \times q \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

Từ biểu đồ M_{stage}

$$q_{ult} = 0,519 \times 600 = 311,4 \left(\frac{kN}{m^2} \right) = 31,4 \left(\frac{T}{m^2} \right)$$

Trong đó: M_{stage} - Hệ số trích từ mô hình Plaxis và q là tải trọng giả định nhập vào trong Plaxis (ở đây đang chọn $q = 600 \text{ kN/m}^2$).



Hình 4.11: Biểu đồ quan hệ giữa áp lực nén và độ lún tại vị trí tâm sàn bê tông (GSPP)

Kết quả:

→ $q_{ult} = 31,14 \text{ T/m}^2$;

→ độ lún tối đa $-23,1 \text{ (mm)}$;

→ $P_{tk} = q_{ult} / 2 = 15,57 \text{ T/m}^2$.

4.5. Kết quả mô hình gia cố GSPP

Mô-đun biến dạng đất E , được tính toán cho đoạn tuyến tính của biểu đồ $S = f(P)$, theo công thức:

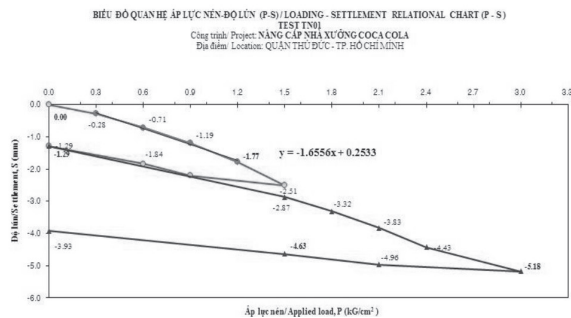
$$E = (1 - \mu^2) \omega d \frac{\Delta P}{\Delta S}$$

Trong đó:

μ - Hệ số Poisson, được lấy bằng 0,27 cho đất hòn lớn; 0,30 cho đất cát và cát pha; 0,35 cho đất sét pha và 0,42 cho đất sét;

ω - Hệ số không thứ nguyên, lấy $w = 0,79$;

d - Đường kính tấm nén tròn hoặc cạnh của tấm nén vuông, cm;
 ΔP - Số gia áp lực lên tấm nén, bằng $P_2 - P_1$, Mpa;
 ΔS - Số gia độ lún của tấm nén, cm, tương ứng với áp lực ΔP .



Hình 4.12: Biểu đồ quan hệ giữa áp lực nén và độ lún của bàn nén hiện trường (GSPP)

Kết quả:

- $q_{ult} = 30 \text{ T/m}^2$ và độ lún tối đa $-5,18 \text{ (mm)}$;
- $P_{tk} = q_{ult} / 2 = 15 \text{ T/m}^2$.

5. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Mô hình tính toán trên Plaxis cho kết quả tính toán trên 2 phương án có và không có gia cố bằng GSPP, cụ thể như sau:

- Với mô hình nền không gia cố GSPP cho kết quả $q_{ult} = 6,96 \text{ T/m}^2$ và độ lún tối đa là $-88,6 \text{ (mm)}$, tương đương $P_{tk} = q_{ult} / 2 = 3,48 \text{ T/m}^2$.

- Với mô hình nền có gia cố GSPP cho kết quả $q_{ult} = 31,14 \text{ T/m}^2$ và độ lún tối đa $-23,1 \text{ (mm)}$, tương đương $P_{tk} = q_{ult} / 2 = 15,57 \text{ T/m}^2$.

- Kết quả thí nghiệm bàn nén tại hiện trường, được thực hiện trên vị trí có gia cố cọc cho kết quả $q_{ult} = 30 \text{ T/m}^2$ và độ lún tối đa $-5,18 \text{ (mm)}$, tương đương $P_{tk} = q_{ult} / 2 = 15 \text{ T/m}^2$.

5.1. Kết luận

- Giải pháp gia cố nền công trình hiện hữu bằng GSPP thật sự hữu hiệu khi cải tạo nền đất tăng lên đến 4,5 lần so với trước khi gia cố với mật độ GSPP là 40% (D600@750 mm) và độ sâu gia cố là 6,0 m.

- Đối với công trình được áp dụng để thực hiện bài toán trong nghiên cứu đã đáp ứng được nhu cầu khi muốn tăng sức chịu tải từ $2,5 \text{ T/m}^2$ lên $10 - 12 \text{ T/m}^2$. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tính toán dựa trên lý thuyết (mô hình Plaxis) đã đạt được $15,57 \text{ T/m}^2$ và theo thí nghiệm bàn nén hiện trường đã đạt 15 T/m^2 . Sai khác giữa mô hình lý thuyết và thí nghiệm hiện trường là không đáng kể, vì vậy kết quả tính toán của nghiên cứu là đáng tin cậy.

- Thiết bị thi công GSPP gồm máy hạ cọc, máy bơm vữa gọn nhẹ, ít gây chấn động làm ảnh hưởng đến các khu vực đang làm việc của công trình hiện hữu cũng như các công trình lân cận.

- Giải pháp không chỉ phù hợp với gia cố nền cho công trình hiện hữu, mà còn có thể thực hiện cho các loại công trình khác nhau khi có nhu cầu gia tăng sức chịu tải của nền đất ở giá trị tương đương.

5.2. Kiến nghị

Đây là nghiên cứu đầu tiên đối với phương pháp gia cố nền đất bằng GSPP, với các số liệu được cung cấp trong đề tài. Vì vậy, cần thực hiện thêm các nghiên cứu đối với từng loại địa chất và chiều sâu gia cố khác nhau để có những kết luận thực tế hơn.

Để áp dụng hiệu quả phương pháp gia cố nền đất bằng GSPP, cần lưu ý đến những vấn đề sau đây:

- Đối với mỗi công trình khác nhau, cần có khảo sát địa chất và các điều kiện cụ thể và riêng biệt;
- Nên thực hiện bài toán tối ưu hóa chi phí bằng cách phân tích từng hàm lượng vữa kể thêm đến việc tăng sức kháng cắt và mô-đun của đất trong giải pháp GSPP;
- Để công nghệ thi công GSPP trong gia cố nền được ứng dụng rộng rãi và có hiệu quả cần xây dựng hệ thống tiêu chuẩn cơ sở cho phương pháp này từ quy trình thiết kế, thi công đến nghiệm thu.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh trong Đề tài mã số CT.2024.04.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Feature Article (Special Issue: Lanmarks), *A Brief History of Depth Mixing Methods*.
- [2]. Bruce, D.A. (2000), *An Introduction to the Deep Mixing Method as Used in Geotechnical Applications*, Report No. FHWA-RD-99-138, Federal Highway Administration, Washington, DC.
- [3]. Mitchell, C.L.B. and Wu, M.-J. (2004), *Underpass Support Using Secant Pile Walls and Cement Deep Soil Mix Bottom Seal*, Presented at the 29th Annual Conference on Deep Foundations, Deep Foundations Institute, Vancouver, BC, Canada.
- [4]. Meyersohn, D. (2007), *Use of Soil-Cement Piles for Bridge Support*, Presented at the GeoDenver Conference, American Society of Civil Engineers, Denver, CO.
- [5]. Lorenzo, G.A. and Bergado, D.T. (2003), *New Consolidation Equation for Soil-Cement Pile Improved Ground*, Canadian Geotechnical Journal, 40, 265-275.
- [6]. TS. Đặng Xuân Trường (2021), *Bài giảng Các phương pháp cải tạo đất đá*, Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường TP. Hồ Chí Minh.
- [7]. Công ty Cổ phần Phát triển công nghiệp Việt Thanh (Hội Khoa học Kỹ thuật xây dựng TP. Hồ Chí Minh), *Tài liệu thiết kế và thi công Cọc ống thép phụ vữa trong gia cố thành hố đào và xử lý nền móng*, Tài liệu lưu hành nội bộ.
- [8]. Nguyễn Hoàng Nguyên (2024), *Giải pháp tường vây bằng cọc ống thép phụ vữa khi thi công tầng hầm nhà ở đô thị trong điều kiện xây chen* (CBHD: TS. Đặng Xuân Trường), Luận văn Thạc sĩ, Trường Đại học GTVT TP. Hồ Chí Minh.

Ngày nhận bài: 04/9/2024

Ngày nhận bài sửa: 18/9/2024

Ngày chấp nhận đăng: 26/9/2024