

PHÂN TÍCH KHẢ NĂNG CHỊU TẢI CỦA MÓNG CỌC ĐẤT XI MĂNG TẠI KHU VỰC QUẢNG NGÃI

LÊ TÂN

Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: letan@iuh.edu.vn

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v75i3.5267>

Tóm tắt. Cọc đất xi măng được áp dụng rộng rãi trong việc xử lý móng và nền đất yếu cho các công trình xây dựng giao thông, thủy lợi, sân bay, bến cảng...như: làm tường hào chống thấm cho đê đập, sửa chữa thâm mang cống và đáy cống, gia cố đất xung quanh đường hầm, ổn định tường chắn, chống trượt đất cho mái dốc, gia cố nền đường, mố cầu dẫn... Tại thành phố Quảng Ngãi, cọc đất xi măng được sử dụng đầu tiên tại công trình khách sạn trung tâm Hotel Central vào năm 2005. Trong những năm gần đây, hàng loạt công trình như khách sạn Hùng Vương, Showroom Công ty Hyundai, Khu dân cư Bàu Cả Phát Đạt... đã sử dụng cọc đất xi măng như là một giải pháp móng cho các công trình thấp tầng (nhỏ hơn 9 tầng), giảm được chi phí thi công và hiệu quả về mặt kinh tế. Trong bài báo này, tác giả trình bày kết quả nghiên cứu việc sử dụng móng cọc đất xi măng trong điều kiện địa chất khu vực thành phố Quảng Ngãi, dựa trên một số dự án đang triển khai xây dựng.

Từ khóa: Cọc xi măng đất, nền đất yếu, sức chịu tải, nhóm cọc, mô phỏng Plaxis 3D, thiết kế Mathcad.

1. GIỚI THIỆU

Vào đầu những năm 2000, ở Việt Nam chưa có tiêu chuẩn riêng cho thiết kế thành phần, thí nghiệm vật liệu hỗn hợp, thí nghiệm mẫu chế bị, mẫu khoan cho riêng loại vật liệu đất gia cố xi măng. Về tiêu chuẩn tính toán thiết kế cho riêng kết cấu cọc xi măng đất cũng chưa được ban hành. Đến nay, khi tiêu chuẩn TCVN 9403:2012 [2] được ban hành dựa trên chuyển đổi từ tiêu chuẩn TCVN 385:2006 [4] do Bộ Xây dựng biên soạn, một số công trình được xây dựng trong thời gian gần đây đã sử dụng giải pháp cọc đất xi măng như là một giải pháp thay thế các loại cọc truyền thống (cọc đóng, cọc nhồi). Tuy nhiên, việc tính toán thiết kế, thẩm tra công trình giữa các bộ phận chuyên trách còn tồn tại nhiều quan điểm chưa thống nhất về phân tích kết cấu dạng trụ đất xi măng cho móng công trình cũng như công tác thí nghiệm sức chịu tải mẫu vật liệu, sức chịu tải cọc đơn, nhóm cọc.

Trong bài báo này, tác giả đã thực hiện một số nội dung nghiên cứu trên cơ sở các số liệu địa chất, vật liệu cọc xi măng đất của công trình Siêu thị Coop mart và tham chiếu các dữ liệu thực nghiệm của các công trình trong khu vực đã thi công gần đây. Các nội dung nghiên cứu bao gồm:

- Thí nghiệm vật liệu mẫu cọc xi măng đất chế bị trong lúc thi công cọc.
- Thí nghiệm mẫu khoan cọc xi măng đất.
- Thí nghiệm sức chịu tải nén cọc đơn.
- Thí nghiệm sức chịu tải nén nhóm cọc.
- Nghiên cứu ứng dụng phần mềm địa kỹ thuật Plaxis 3D phân tích kết cấu cọc xi măng đất.
- Thiết lập bảng tính thiết kế, kiểm tra kết cấu cọc xi măng đất trên cơ sở tiêu chuẩn TCVN 9403:2012.
- Phân tích sức chịu tải cọc đơn, sức chịu tải nhóm cọc và hiệu ứng nhóm cọc.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thí nghiệm vật liệu cọc xi măng đất

Ở công trình Siêu thị Coopmart, cọc xi măng đất được sử dụng thay cho giải pháp cọc ép trên nền á cát (chứ không phải xử lý nền đất yếu). Nếu để giảm độ lún, mô đun biến dạng là thông số cần quan tâm chính, còn trong ổn định và chống trượt thì thông số cường độ lại là chủ yếu. Để ngăn ngừa vùng ô nhiễm thì tính thấm lại được xét đến đầu tiên. Do đó, các thí nghiệm sau được quan tâm nhiều hơn: Thí nghiệm cường độ kháng nén nở hông và mô đun đàn hồi của mẫu vật liệu được lấy khi thi công (mẫu ướt) và mẫu khoan sau khi cọc xi măng đất đạt 28 ngày tuổi.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG MÓNG CỌC....

Bảng 1: Kết quả thí nghiệm mẫu khoan

Tên cọc	133				412				214				70				Trung bình
Chiều sâu (m)	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	
qu (Mpa)	5.29	5.94	4.52	3.42	5.9	5.9	5.57	4.43	4.15	2.87	5.98	5.98	2.58	2.87	2.89	2.56	4.27
E (Mpa)	464.91	482.62	394.07	239.1	330.6	318.8	348.31	383.73	389.64	354.22	354.22	354.22	252.38	354.22	360.12	348.31	359.75

Bảng 2: Kết quả thí nghiệm mẫu chế bị

Tên cọc	133				412				214				70				Trung bình
Chiều sâu (m)	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	2	4	6	8	
qu (Mpa)	9.06	9.47	8.45	8.07	10.24	9.13	9.81	7.12	9.06	7.33	10.24	9.13	7.19	9.06	7.12	7.58	8.63
E (Mpa)	697.24	710.33	634.08	715.48	802.5	650.1	690.2	524.4	613.2	520.4	815.20	650.1	520.4	720.1	508.6	539.8	644.50



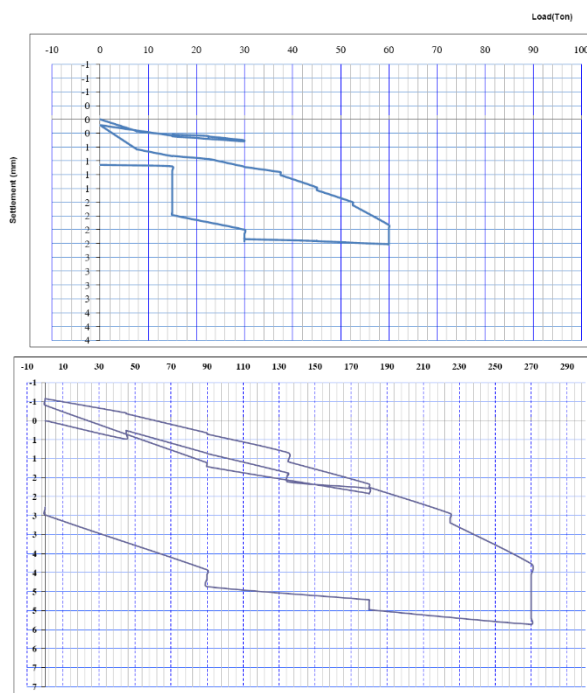
Hình 1. Thí nghiệm trên mẫu chế bị và mẫu khoan

Xử lý thống kê tất cả các số liệu qu và E của công trình Siêu thị Coopmart cho kết quả sau:
 + Cường độ nén nở hông trung bình $q_{utb} = 8.63$ Mpa (mẫu ướt); $q_{utb} = 4.27$ Mpa (mẫu khoan).

+ Mô đun đàn hồi trung bình $E_{tb} = 644.5 \text{ Mpa}$ (Mẫu ướt); $E_{tb} = 360 \text{ Mpa}$ (mẫu khoan).

2.2. Thí nghiệm sức chịu tải tĩnh cọc đơn và nhóm cọc

Trong dự án này, đơn vị thiết kế đã đề nghị thử tĩnh một cọc đơn và một nhóm cọc gồm 6 cọc [3]. Công tác thí nghiệm cọc do Trung tâm Tư vấn kiểm định Địa chất Nền móng công trình [5] thực hiện. Kết quả thử tải cọc đơn $D=0.8\text{m}$, $L=10\text{m}$ và nhóm 6 cọc $D=0.8\text{m}$ cách khoảng 1m cùng với đài cọc $3.8 \times 2.8 \times 1.5\text{m}$ như sau:

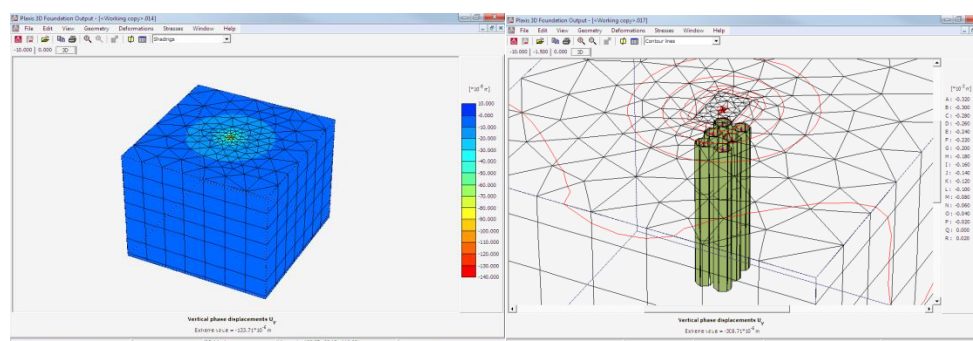


Hình 2. Thí nghiệm cọc đơn và nhóm cọc

2.3. Mô phỏng bằng phần mềm Plaxis 3D

Mục đích của nghiên cứu này là dùng phần mềm để mô phỏng lại quá trình thử tải để kiểm tra lại các thông số dự báo từ phân tích trên mô hình FEM và kết quả thử tải thực tại hiện trường. Các thông số đầu vào cho đất và vật liệu cọc lấy từ hồ sơ địa chất công trình của dự án. Một số số liệu không có trong hồ sơ địa chất thì tham khảo trong sổ tay địa kỹ thuật như sau [6]:

- + Lớp đất 1: Cát pha, chiều dày trung bình 12.4m
- + Lớp đất 2: Sét bùn xám đen, chiều dày trung bình 3.1m
- + Lớp đất 3: Sét xám trắng, chiều dày trung bình 0.85m
- + Đài cọc BTCT 25KN/m^3
- + Cọc XM đất đường kính 800mm có chiều dài 10m .
- + Mực nước ngầm cách mặt đất tự nhiên 2.3m .



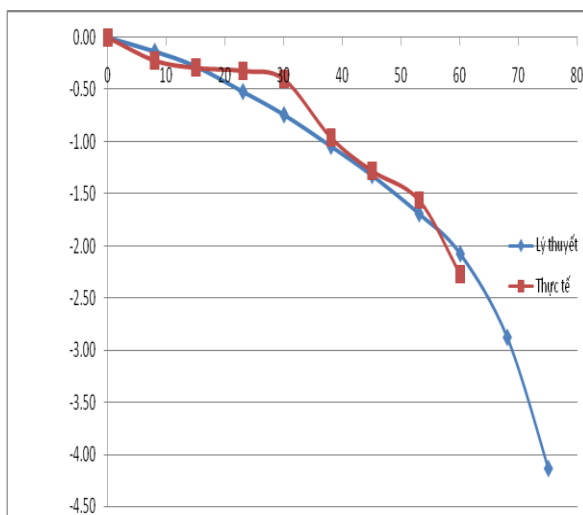
Hình 3. Mô hình cọc đơn và nhóm cọc trên phần mềm FEM Plaxis 3D

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG MÓNG CỌC ĐẤT XI MĂNG...

Nhằm dự đoán khả năng phá hoại qui ước tương ứng với sức chịu tải cực hạn của cọc và nhóm cọc, trong mô hình FEM mô phỏng thêm một số cấp tải lớn hơn các cấp tải cuối cùng của thí nghiệm tại hiện trường. Kết quả chuyển vị lún trên mô hình FEM lấy hiệu độ lún giữa tâm cọc và tâm tại nền đất ứng với gối kê của dầm chuẩn trên mô hình thí nghiệm thực. Kết quả phân tích độ lún tương ứng với các cấp lực thể hiện như sau:

Bảng 2: Kết quả thử tải tĩnh cọc đơn

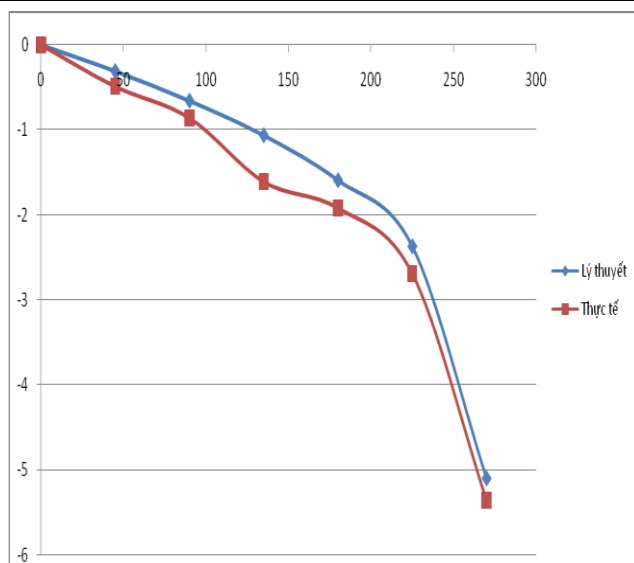
Cấp gia tải (tấn)	0	8	15	23	30	38	45	53	60	68	73
Độ lún tính toán trên Plaxis 3D (mm)	0	-0.13	-0.28	-0.52	-0.74	-1.05	-1.33	-1.69	-2.08	-2.88	-4.14
Độ lún thí nghiệm thực tế (mm)	0	-0.22	-0.29	-0.32	-0.4	-0.96	-1.28	-1.56	-2.27	-	-



Hình 4. Mô phỏng trên phần mềm Plaxis 3D

Bảng 3: Kết quả thử tải tĩnh nhóm 6 cọc

Cấp gia tải (tấn)	0	45	90	135	180	225	270
Độ lún tính toán trên Plaxis 3D (mm)	0	-0.49	-0.86	-1.61	-1.92	-2.69	-5.36
Độ lún thí nghiệm thực tế (mm)	0	-0.31	-0.66	-1.06	-1.59	-2.37	-5.10



Hình 5. Mô phỏng trên phần mềm Plaxis 3D

Qua thực hành phân tích lún cọc đơn và nhóm cọc trên phần mềm Plaxis 3D có một số nhận xét sau:

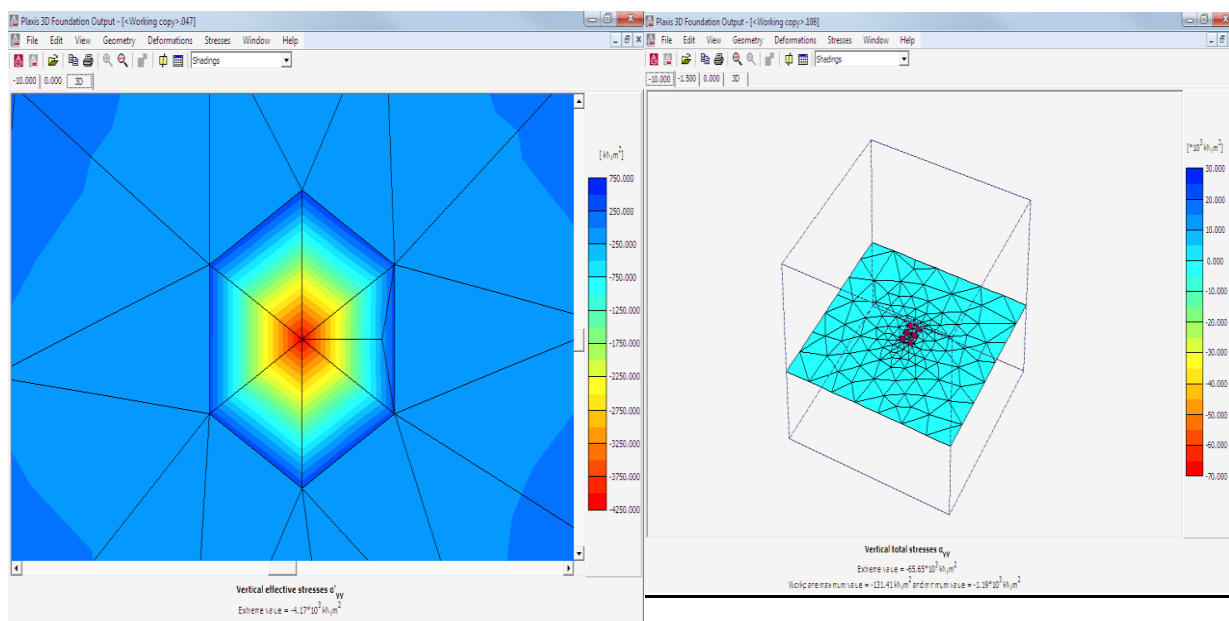
- + Kết quả phân tích lún khá nhạy với sự thay đổi mô đun đàn hồi các lớp đất và mô đun đàn hồi vật liệu cọc (Hình 4).
- + Ảnh hưởng của vùng lún khá lớn từ 3D-5D (tùy theo giá trị tải trọng) nên cần kể đến độ lún của các điểm này so với lún ở tâm cọc khi so sánh với độ lún tâm cọc thí nghiệm.
- + Sai khác lún giữa tâm cọc giữa tính toán và thí nghiệm thử tĩnh của mô hình này nằm trong khoảng từ 5-10% (hình 4 và hình 5).
- + Nếu tăng thêm hai cấp tải trọng so với thí nghiệm của mô hình cọc đơn, độ dốc đường cong P-S tăng rất nhanh. Nếu tiếp tục tăng đến cấp 100 Tấn chương trình đưa ra thông báo là kết cấu đất bị phá hủy (bảng 2 và hình 4).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích hệ số nhóm cọc

Hệ số nhóm cọc đã được công bố trong nhiều tài liệu kỹ thuật. Tuy nhiên, vẫn còn nhiều vấn đề chưa được thống nhất, đặc biệt là đối với loại cọc xi măng đất. Qua thí nghiệm cọc đơn và nhóm cọc của công trình Siêu thị Coop mart, phân tích hiệu ứng nhóm như sau:

- + Theo thí nghiệm thực tế: Lấy bằng tỷ số giữa độ lún của cọc đơn trên đường cong P-S ứng với cấp tải 45 tấn và độ lún của nhóm cọc ứng với cấp tải 6×45 tấn = 270 (tấn) (cấp tải cuối cùng), $\eta = 1.28\text{mm}/5.36\text{ mm} = 0.24$.
- + Theo tính toán: Tương tự lấy bằng tỷ số độ lún giữa hai cấp tải, $\eta = 1.33\text{mm}/5.1\text{ mm} = 0.26$.



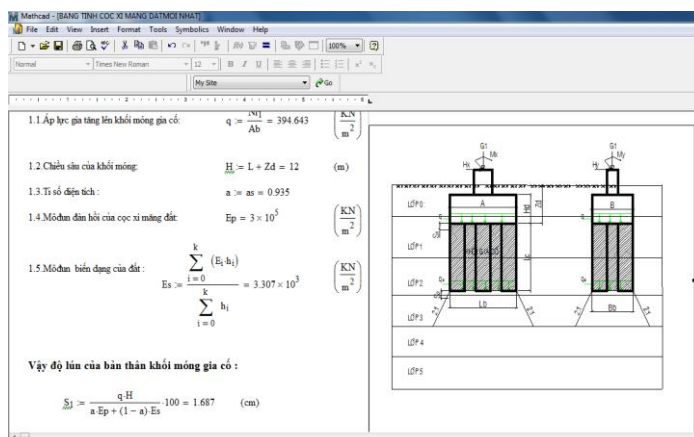
Hình 6: Phổ ứng suất mô hình cọc đơn và nhóm cọc

3.2. Lập bảng tính thiết kế với Mathcad

Hiện nay MATHCAD được các kỹ sư xây dựng sử dụng rộng rãi để lập các bản tính toán thiết kế công trình. Mathcad cho phép trình bày các công thức tính toán và diễn giải trên một trang văn bản rất dễ kiểm soát cho người thiết kế cũng như người thẩm tra. Nghiên cứu này thiết lập bảng tính toán chuyên cho trụ xi măng đất trên cơ sở hướng dẫn của tiêu chuẩn TCVN 9403:2012 [2]. Các nội dung tính toán gồm:

- + Dự báo khả năng sức chịu tải thẳng đứng của cọc đơn và nhóm cọc xi măng đất.
- + Tính toán kiểm tra cường độ khối móng gia cố bằng cọc xi măng đất.
- + Tính toán biến dạng khối móng gia cố và nền đất dưới khối móng gia cố.

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG MÓNG CỌC ĐẤT XI MĂNG...



Hình 7: Giao diện bảng tính trên Mathcad

4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

Qua các vấn đề đã nghiên cứu phân tích và đối chiếu với kết quả thực nghiệm loại cọc xi măng đất của công trình Siêu thị Coopmart, tác giả có một số kết luận như sau:

- Với địa chất khu vực Thành phố Quảng Ngãi phổ biến là cát pha tầng trên cùng dày 10-15m, nếu dùng công nghệ cọc xi măng đất thi công bằng phương pháp trộn ướt với hàm lượng xi măng từ 300-320 kg/m³ vừa thì có thể đạt cường độ nén từ 3-8Mpa. Mô đun đàn hồi vật liệu cọc xi măng đất khoảng 400-600Mpa. Sức chịu tải cọc L=8-10m khoảng 30-40 tấn (sức chịu tải cho phép). Với kết quả như trên, loại móng trụ xi măng đất có thể dùng hiệu quả và kinh tế cho các loại công trình dân dụng thấp tầng (nhỏ hơn 9 tầng) và các dạng công trình khác như tường vây, bờ kè...
- Hệ số nhóm cọc với cách bố trí gần sát nhau là khá nhỏ (<0.3), nên không thể tính toán dự báo sức chịu tải cọc đơn rồi dự báo cho sức chịu tải nhóm cọc như các loại cọc thông thường. Cần xem xét và nghiên cứu thêm về cách tính dự báo sức chịu tải cho cả nhóm (trụ) cọc xi măng đất với nhiều cấu hình bố trí nhóm cọc khác nhau.
- Với các loại móng dùng dạng nhóm cọc xi măng đất để chịu tải trọng như một giải pháp móng cho công trình, khuyến nghị nên qui định cả thử tĩnh cọc đơn và thử tĩnh cả nhóm cọc để có cơ sở đánh giá tin cậy hơn về khả năng chịu tải của móng.
- Với cách tính toán thực hành thông thường, có thể sử dụng hiệu quả phần mềm Mathcad để lập các bảng tính toán các nội dung móng cọc xi măng đất theo các công thức hướng dẫn trong tiêu chuẩn TCVN 9403:2012.

LỜI CẢM ƠN

Tác giả xin chân thành cảm ơn Trung tâm Tư vấn kiểm định Địa chất Nền móng công trình đã nhiệt tình hỗ trợ trong suốt quá trình tác giả thực hiện nghiên cứu của mình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] GS.TS. Nguyễn Viết Trung, KS. Vũ Minh Tuấn, “Cọc đất xi măng – Phương pháp gia cố nền đất yếu”, Nhà xuất bản Xây dựng, 2010.
- [2] TCVN 9403:2012 - Gia cố nền đất yếu – Phương pháp trụ đất xi măng, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012.
- [3] TCVN 9393:2012 - Cọc – Phương pháp thí nghiệm bằng tải trọng ép tĩnh dọc trục, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2012.
- [4] TCVN 385:2006, Gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng, Bộ Khoa học và Công nghệ, 2006.
- [5] Kết quả thí nghiệm do Trung tâm Tư vấn kiểm định Địa chất Nền móng công trình thực hiện.
- [6] Hoàng Thị Thanh Thủy, Thiềm Quốc Tuấn, Sổ tay thí nghiệm địa kỹ thuật, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP.HCM, 2009.

RESULTS OF RESEARCH ON USING CEMENT PILE FOUNDATION IN QUANG NGAI CITY AREA

LE TAN

Faculty of Civil Engineering, IUH - Industrial University of Ho Chi Minh City

Corresponding author: letan@iuh.edu.vn

Abstract. Cement piles are widely used in the treatment of foundations and weak soil for construction works of traffic, irrigation, airports, ports... such as: making waterproofing trenches for dikes and dams, repairing seepage of culverts and culvert bottoms, reinforcing soil around tunnels, stabilizing retaining walls, preventing landslides for slopes, reinforcing roadbeds, bridge abutments... In Quang Ngai city, cement piles were first used at the Hotel Central project in 2005. In recent years, a series of projects such as Hung Vuong Hotel, Huyndai Company Showroom, Bau Ca Phat Dat Residential Area... have used cement piles as a foundation solution for low-rise buildings (less than 9 floors), reducing construction costs and being economically effective. In this research, the author presents the results of the study on the use of cement soil piles in the geological conditions of Quang Ngai city, based on a number of projects under construction.

Keywords: Cement soil piles, weak ground, bearing capacity, pile group, Plaxis 3D simulation, Mathcad design.

Ngày gửi bài: 22/03/2025

Ngày chấp nhận đăng: 29/4/2025