

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CỌC ĐẤT XI MĂNG TRONG THIẾT KẾ MÓNG CÔNG TRÌNH TRÊN NỀN ĐẤT YẾU

Nguyễn Mạnh Thủy, Ngô Tấn Phong
Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 29 tháng 05 năm 2008, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 10 tháng 11 năm 2008)

TÓM TẮT: Bài báo sử dụng phần mềm Plaxis đánh giá sức chịu tải của nhóm cọc đất xi măng trong nền đất yếu có bề dày lớn, sự phân bố ứng suất, chuyển vị của các phân tử đất trong khối cọc, xác định độ lún của đất nền. Trên cơ sở đó, luận chứng cho tính hiệu quả của việc áp dụng cọc đất xi măng trong xây dựng các công trình có tải trọng vừa và nhỏ trên nền đất yếu.

Xử lý nền đất yếu bằng giải pháp cọc đất – xi măng ở Việt Nam còn khá mới, việc tính toán, thiết kế chủ yếu dựa các công thức thực nghiệm và kết quả thí nghiệm trong phòng kết hợp với kết quả thí nghiệm ngoài hiện trường. Do mô hình làm việc của cọc đất xi măng trong nền đất tương đối phức tạp nên kết quả tính toán đôi khi chưa phù hợp. Với mục đích góp một phần nhỏ thêm trong việc nghiên cứu đất gia cố bằng xi măng, bài báo trình bày một số kết quả về sử dụng phần mềm Plaxis để phân tích và đánh giá khả năng chịu tải của cọc đất – xi măng.

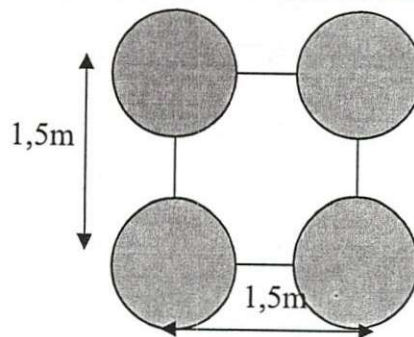
Từ khóa: Đất yếu, sức chịu tải, cọc đất xi măng, ứng suất, chuyển vị, phân tử đất, khối cọc, độ lún, đất nền, chỉ tiêu cơ lý, cường độ kháng nén một trục, lực dính, góc ma sát.

1. TÍNH SỨC CHỊU TẢI CỦA CỌC ĐẤT VÔI, XI MĂNG

Bài toán đặt ra là tính toán khả năng chịu tải của nhóm 4 cọc đất – xi măng bố trí theo mạng lưới ô vuông, khoảng cách giữa tim cọc là 1,5m, cọc có đường kính 1m, dài 10m cắm trong tầng bùn sét dày 40m, mực nước ngầm nằm cách mặt đất 1m, các chỉ tiêu cơ lý của đất nền được trình bày trong bảng 1. Do khoảng cách giữa các tim cọc nhỏ hơn 3 lần đường kính cọc nên các cọc làm việc theo điều kiện nhóm cọc. Sơ đồ bố trí cọc trình bày trong hình 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu cơ lý của đất nền

Tên đất	Độ ẩm %	γ kN/m ³	γ_k kN/m ³	φ độ	C kN/m ²	E kN/m ²
Bùn sét	95	13,20	6,77	2 ^o 28'	6,6	1000



Hình 1: Sơ đồ bố trí các cọc

Cọc đất được tạo từ hỗn hợp đất - vôi - xi măng - phụ gia, với hàm lượng vôi, xi măng, phụ gia tương ứng là 8%-12%-4%. Theo [4], cường độ kháng nén một trục của đất gia cố $q = 5,36\text{kG/cm}^2$. Từ q cho phép tính được lực dính không thoát nước của của cọc $C_{\text{cọc}} = q/2 = 2,68\text{kG/cm}^2 = 268\text{kN/m}^2$, góc ma sát trong của cọc lấy bằng 30° (theo Broms), mô đun tổng biến dạng $E = 35733 \text{ kN/m}^2$ (Bảng 2).

Bảng 2. Các chỉ tiêu cơ lý của cọc đất vôi, xi măng

Tên đất	Độ ẩm %	γ kN/m^3	γ_k kN/m^3	φ độ	C kN/m^2	E kN/m^2
Đất vôi xi măng	72	15,20	8,83	30	268	35733

1.1. Tính sức chịu tải của cọc theo vật liệu làm cọc

Theo Swerod (1992), sức chịu tải của cọc vôi xi măng theo vật liệu làm cọc được xác định như sau:

$$Q_{\text{cọc}} = A_{\text{cọc}}(2C_{\text{cọc}} + 3\sigma_n) = 809,335\text{kN} \Rightarrow Q_{\text{rao}} = 65\% \times 809 = 526,068\text{kN} = 52,6 \text{ tấn}$$

1.2. Tính sức chịu tải của nhóm cọc

$$Q_{\text{nhóm cọc}} = CU[2H(B+L) + 9BL] = 6.6 \times [2 \times 10(2,5+2,5) + 9 \times 2,5 \times 2,5] = 103 \text{ tấn}$$

Tải trọng do nhóm cọc đất gia cố

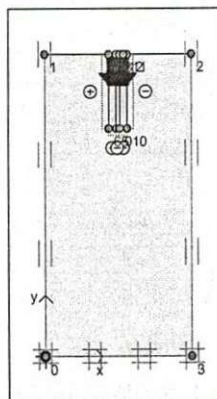
$$Q_{\text{đ}} = H \times B \times L \times \gamma_{\text{đn}} = 10 \times 2,5 \times 2,5 \times 5,2 = 32,5 \text{ tấn}$$

Tải trọng tác dụng lên đầu cọc cho phép là

$$Q_a = Q_{\text{nhóm cọc}} - Q_{\text{đ}} = 103 - 32,5 = 70,5 \text{ tấn}$$

Tải trọng cho phép tác dụng xuống móng là 70.5 tấn. Nhóm cọc gồm 4 cọc, nên mỗi cọc sẽ chịu 17,6 tấn, giá trị này nhỏ hơn sức chịu tải của cọc tính theo vật liệu (52,6 Tấn) do đó cọc không bị phá hoại. Như vậy nhóm cọc đất vôi, xi măng đường kính 1m, dài 10m sẽ chịu được tải tác dụng lên đầu cọc là 70.5 tấn. Nếu chọn hệ số an toàn là 1.2 thì tải trọng thiết kế sẽ là 59 tấn. Tuy nhiên, để đảm bảo công trình ổn định ta phải kiểm tra độ lún của công trình có nằm trong giới hạn cho phép hay không.

Sử dụng chương trình Plaxis 7.2 để kiểm tra độ lún của nhóm cọc. Dùng phương pháp thử và sai, có nghĩa là xác định giá trị lún cho phép tác dụng lên nhóm cọc, rồi từ đó tính ngược lại tải trọng tác dụng lên đầu nhóm cọc. Trên cơ sở cọc đất đường kính 1m, chiều dài 10m, các chỉ tiêu cơ lý được trình bày trong bảng 2; cắm vào lớp đất nền có bề dày 40m, các chỉ tiêu cơ lý của đất nền được trình bày trong bảng 1, tiến hành xây dựng mô hình bằng phần mềm Plaxis 7.2. Kích thước mô hình là 20mx40m, hình 2.

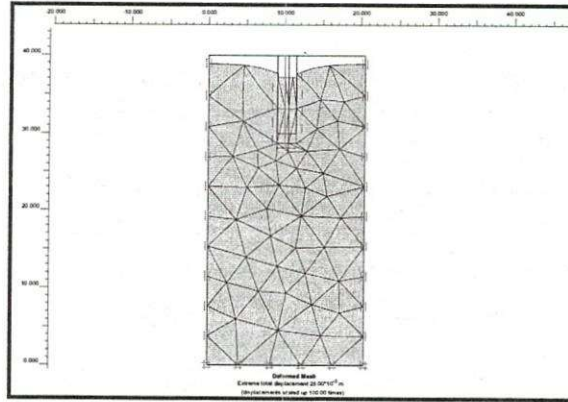


Hình 2. Mô hình cọc đất và đất nền

2. KẾT QUẢ CHẠY MÔ HÌNH

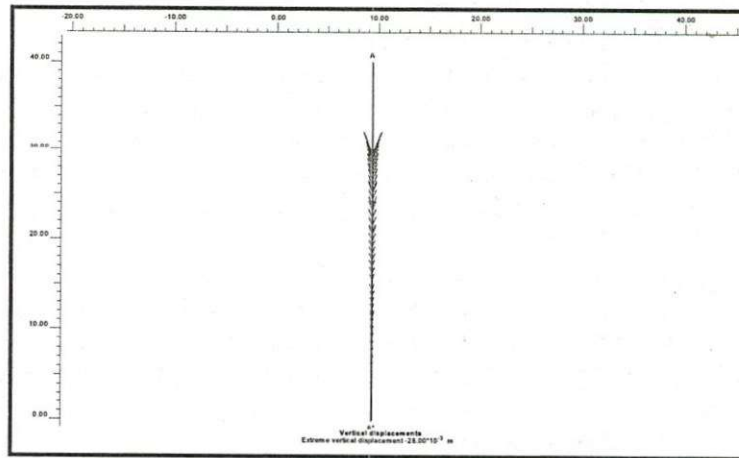
2.1. Biến dạng và chuyển vị

Biến dạng của nhóm cọc và nền đất, hình 3.



Hình 3: Biến dạng của nhóm cọc và nền

Chuyển vị đứng của các điểm trên phương mặt cắt thẳng đứng đi qua khối cọc, chuyển vị của điểm trên đầu nhóm cọc là 2,8cm (hình 4).



Hình 4: Chuyển vị đứng trên mặt cắt dọc theo thân nhóm cọc

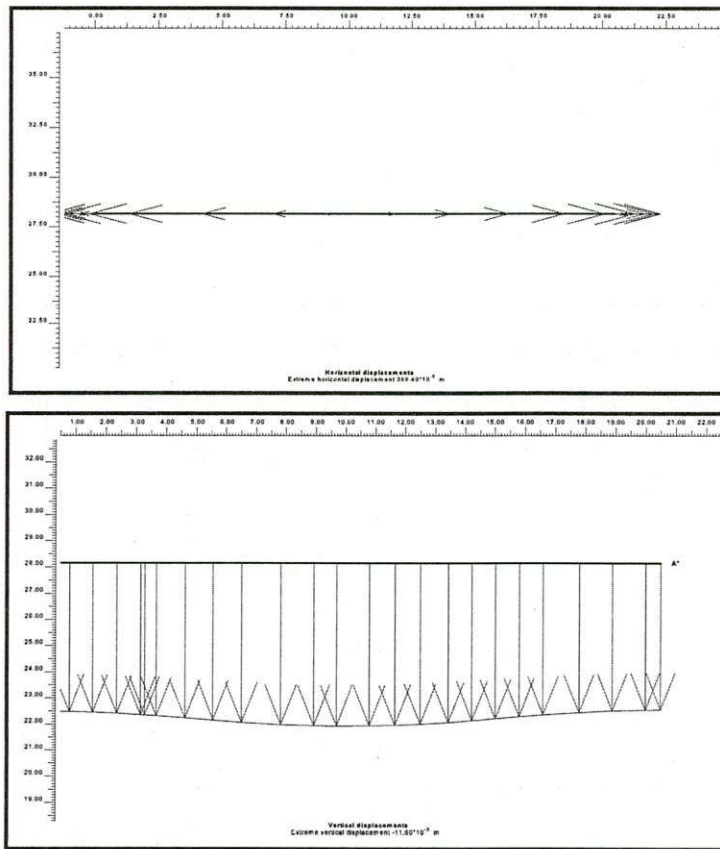
Bảng 3: Chuyển vị theo phương đứng của các điểm trên mặt cắt đi qua nhóm cọc

X	Y	U _y	X	Y	U _y	X	Y	U _y	X	Y	U _y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
9,4	40,0	0,028	9,4	19,8	0,008	9,4	29,7	0,012	9,4	9,8	0,004
9,4	39,1	0,025	9,4	19,0	0,008	9,4	28,8	0,012	9,4	8,9	-0,004
9,4	38,2	0,023	9,4	18,2	0,007	9,4	27,9	0,011	9,4	8,0	0,003
9,4	38,2	0,023	9,4	18,2	0,007	9,4	27,9	0,011	9,4	7,1	0,003
9,4	37,4	0,021	9,4	16,9	0,007	9,4	27,3	0,011	9,4	6,2	0,002
9,4	36,6	0,020	9,4	16,9	0,007	9,4	27,3	0,011	9,4	5,3	0,002

9,4	35,8	0,018	9,4	16,0	0,006	9,4	26,3	0,011	9,4	5,3	0,002
9,4	35,0	0,017	9,4	15,2	0,006	9,4	25,3	0,010	9,4	4,9	0,002
9,4	35,0	0,017	9,4	14,4	0,006	9,4	24,3	0,010	9,4	4,9	0,002
9,4	34,2	0,017	9,4	13,6	0,005	9,4	24,3	0,010	9,4	4,8	0,002
9,4	33,4	0,016	9,4	13,6	0,005	9,4	24,2	0,010	9,4	4,8	0,002
9,4	32,6	0,015	9,4	13,3	0,005	9,4	24,2	0,010	9,4	4,6	0,002
9,4	31,8	0,014	9,4	13,3	0,005	9,4	24,1	0,010	9,4	4,6	0,002
9,4	31,8	0,014	9,4	12,6	0,005	9,4	24,1	0,010	9,4	3,7	0,001
9,4	30,9	0,013	9,4	12,6	0,005	9,4	23,2	0,009	9,4	2,8	0,001
9,4	30,0	0,013	9,4	11,7	0,005	9,4	22,4	0,009	9,4	1,8	0,001
9,4	30,0	0,013	9,4	10,7	0,004	9,4	21,5	0,009	9,4	0,9	0,000
9,4	29,7	0,012	9,4	9,8	0,004	9,4	20,7	0,008	9,4	0,0	0,000
9,4	29,7	0,012	9,4	9,8	0,004	9,4	20,7	0,008			

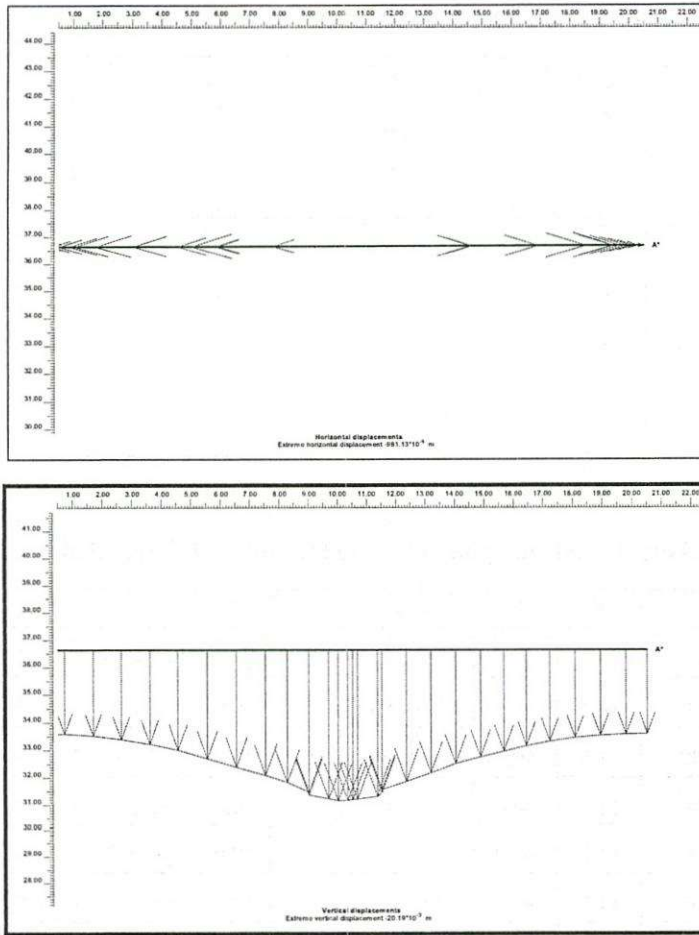
Theo bảng trên, độ lún của điểm trên đầu cọc là 2,8cm, độ lún của điểm dưới chân cọc là 1,3cm, do đó độ lún của khối cọc sẽ là 1,5cm và độ lún của nền sẽ là 1,3cm.

Chuyển vị ngang, đứng của các điểm trên mặt cắt dưới chân nhóm cọc, hình 5.



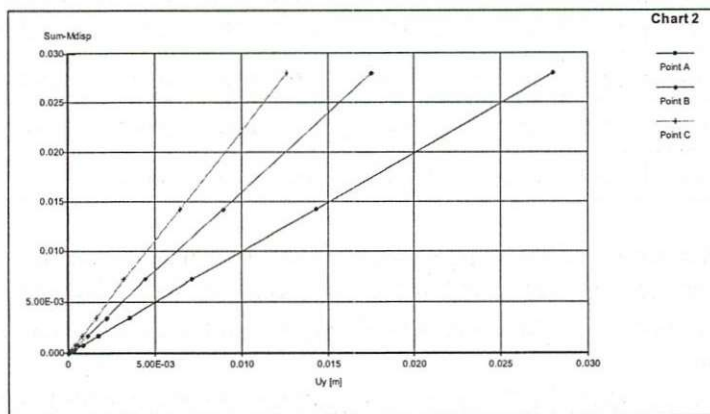
Hình 5. Chuyển vị ngang, đứng của các điểm nằm trên mặt cắt đi qua chân nhóm cọc

Chuyển vị ngang, đứng của các điểm trên mặt cắt đi qua đầu nhóm cọc, hình 6.



Hình 6. Chuyển vị ngang, đứng của các điểm trên mặt cắt đi qua đầu nhóm cọc

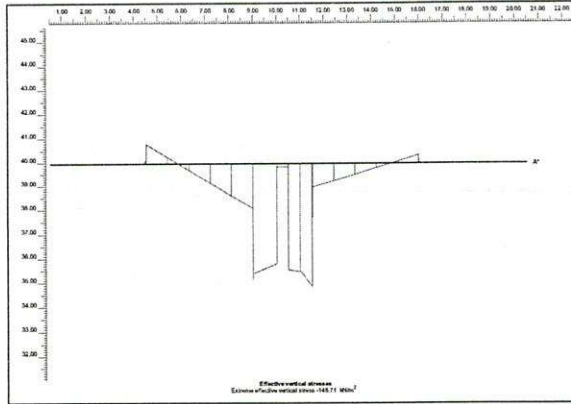
Sơ đồ chuyển vị của các điểm A, B, C tương ứng ở đầu, giữa và chân nhóm cọc, hình 7.



Hình 7: Chuyển vị của các điểm A, B, C

2.2. Ứng suất

Sự phân bố ứng suất trên đầu nhóm cọc, hình 8.



Hình 8. Phân bố ứng suất trên đầu nhóm cọc

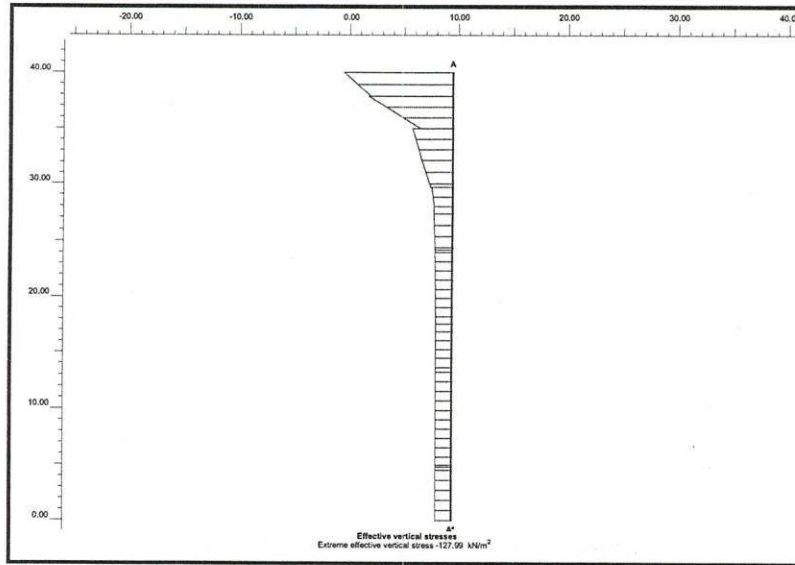
Bảng 4. Ứng suất pháp phân bố trên mặt cắt đi qua đầu cọc

X	Y	s'_yy	X	Y	s'_yy	X	Y	s'_yy	X	Y	s'_yy
[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN/m ²]
0,0	40,0	0,000	10,5	40,0	128,094	6,3	40,0	8,085	15,1	40,0	-2,221
0,9	40,0	0,000	11,0	40,0	130,536	7,2	40,0	23,704	16,0	40,0	-10,010
1,8	40,0	0,000	11,0	40,0	128,405	8,1	40,0	39,324	16,0	40,0	-4,497
2,7	40,0	0,000	11,0	40,0	128,390	9,0	40,0	54,943	16,0	40,0	-4,587
3,6	40,0	0,000	11,0	40,0	128,806	9,0	40,0	139,505	16,0	40,0	-0,879
4,5	40,0	0,000	11,5	40,0	148,715	9,0	40,0	139,562	16,0	40,0	-0,907
4,5	40,0	-3,090	11,5	40,0	65,736	9,0	40,0	132,598	16,0	40,0	0,005
4,5	40,0	-3,003	11,5	40,0	65,436	10,0	40,0	120,777	16,9	40,0	0,004
4,5	40,0	-2,187	11,5	40,0	28,934	10,0	40,0	8,511	17,8	40,0	0,002
4,5	40,0	-2,016	12,4	40,0	21,145	10,0	40,0	8,511	18,7	40,0	0,001
4,5	40,0	-23,154	13,3	40,0	13,356	10,0	40,0	3,865	19,6	40,0	0,000
5,4	40,0	-7,535	14,2	40,0	5,567	10,5	40,0	4,011	20,5	40,0	-0,001

Căn cứ vào bảng trên, xác định ứng suất trung bình tác dụng lên đầu nhóm cọc bằng cách lấy trung bình giá trị của ứng suất phân bố trên đầu nhóm cọc, tương ứng với toạ độ X thay đổi từ 9,0 đến 11,5. Ta được giá trị $\Delta p = 96,5 \text{ kN/m}^2$. Suy ra, tải tác dụng lên đầu nhóm cọc là $96,5 \times 2,5 \times 2,5 = 60$ tấn.

Như vậy khi tải tác dụng lên nhóm cọc là 60 tấn thì độ lún của nhóm cọc và nền đất sẽ là 2,8cm.

Sự phân bố ứng suất có hiệu của các điểm nằm trên mặt cắt dọc khối cọc theo độ sâu, hình 9.



Hình 9. Ứng suất có hiệu dọc theo thân nhóm cọc

Số liệu ứng suất có hiệu theo độ sâu, tương ứng được trình bày trong bảng 5.

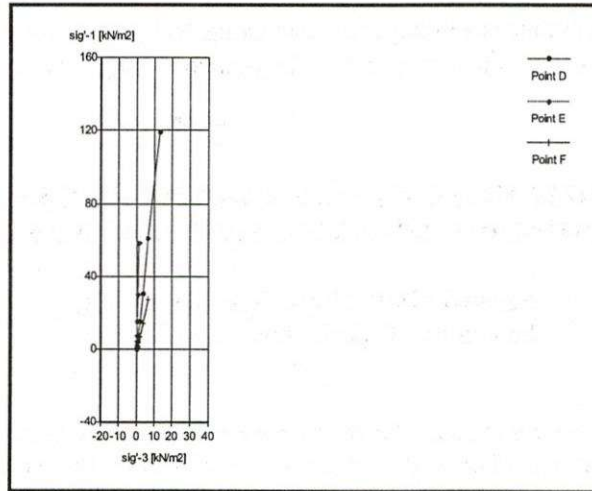
Bảng 5. Ứng suất có hiệu theo độ sâu

X	Y	s' _{yy}	X	Y	s' _{yy}	X	Y	s' _{yy}	X	Y	s' _{yy}
[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN/m ²]	[m]	[m]	[kN/m ²]
9,4	40,0	127,993	9,4	19,0	19,329	9,4	28,0	22,563	9,4	9,0	18,926
9,4	38,9	112,381	9,4	18,2	19,270	9,4	27,3	22,556	9,4	8,2	18,923
9,4	37,9	96,770	9,4	18,2	19,261	9,4	27,3	21,991	9,4	7,3	18,919
9,4	37,9	99,024	9,4	17,5	19,220	9,4	26,3	21,489	9,4	6,5	18,916
9,4	36,9	78,843	9,4	16,8	19,179	9,4	25,4	20,988	9,4	5,7	18,913
9,4	36,0	58,661	9,4	16,8	19,105	9,4	24,4	20,486	9,4	5,7	18,908
9,4	35,0	38,479	9,4	16,0	19,083	9,4	24,4	20,755	9,4	4,9	18,903
9,4	35,0	47,595	9,4	15,2	19,061	9,4	24,2	20,632	9,4	4,9	18,916
9,4	34,0	43,987	9,4	14,4	19,039	9,4	24,2	20,454	9,4	4,8	18,916
9,4	33,1	40,380	9,4	13,7	19,017	9,4	24,0	20,419	9,4	4,8	18,906
9,4	32,1	36,773	9,4	13,7	19,023	9,4	24,0	20,525	9,4	4,5	18,906
9,4	32,1	36,310	9,4	13,2	19,010	9,4	23,2	20,237	9,4	4,5	18,909
9,4	31,1	32,060	9,4	13,2	18,977	9,4	22,3	19,948	9,4	3,6	18,907
9,4	30,0	27,810	9,4	12,4	18,967	9,4	21,5	19,660	9,4	2,7	18,905
9,4	30,0	26,400	9,4	12,4	18,981	9,4	20,7	19,372	9,4	1,8	18,904
9,4	29,7	26,750	9,4	11,5	18,962	9,4	20,7	19,446	9,4	0,9	18,902
9,4	29,7	25,174	9,4	10,7	18,943	9,4	19,9	19,387	9,4	0,0	18,900
9,4	28,8	23,683	9,4	9,8	18,924	9,4	28,0	22,193	9,4	9,8	18,929

9,4	28,0	22,193	9,4	9,8	18,929					
-----	------	--------	-----	-----	--------	--	--	--	--	--

Ứng suất tại điểm có tọa độ (X = 9,4; Y = 40) là 127,933kN/m² và tại tọa độ (X = 9,4; Y = 30) là 27,810kN/m², điều này cho thấy rằng sự giảm ứng suất có hiệu trong khối cọc là rất nhanh, khoảng 100kN/m². Do vậy tải truyền lên nhóm cọc sẽ giảm đáng kể theo chiều sâu của khối cọc, trước khi truyền lên đất nền.

Sự thay đổi trạng thái ứng suất của các điểm tương ứng trên đầu, giữa và chân cọc được thể hiện trên hình 10.



Hình 10: Sự thay đổi ứng suất σ_1 , σ_3 tại các điểm D, D, F

Theo kết quả chạy mô hình, xác định được tổng độ lún của khối móng khi chịu tác dụng của tải trọng 60 tấn là 2,8cm, trong đó độ lún của khối cọc là 1,5cm và độ lún của đất nền là 1,3cm. Giá trị này nhỏ hơn giá trị cho phép của công trình nhà dân dụng và công nghiệp, do vậy công trình ổn định.

2.3. So sánh sơ bộ chi phí khi dùng cọc đất, vôi, xi măng và cọc bê tông

Giả sử tải trọng tác dụng xuống móng là 60 tấn, nền đất bùn sét dày 40m, phía dưới lớp bùn sét là lớp đất có khả năng chịu tải cao. Nếu sử dụng cọc bê tông cốt thép 40 x 40cm, dài 42m để thiết kế, chi phí sẽ là 42 x 550.000đ = 23.100.000 đồng; nếu dùng cọc đất, vôi, xi măng và phụ gia với tỷ lệ tương ứng 8% - 12% - 4%, đường kính 1m, bố trí theo mô hình Plaxis trình bày phía trên, chi phí sẽ là 40 x 474.000đ = 19 triệu (vôi: 66.000đ/1m cọc; xi măng: 124.000đ/1m cọc; phụ gia: 84.000đ/1m cọc; thi công 200.000đ/1m cọc). Vậy, khi dùng cọc đất vôi, xi măng sẽ tiết kiệm được 4,1 triệu đồng (17%) cho mỗi móng.

Trong trường hợp, nếu bề dày tầng đất yếu tăng lên thì chi phí khi dùng cọc bê tông cốt thép sẽ gia tăng do tăng chiều dài cọc, trong khi đó chi phí khi dùng cọc đất gia cố sẽ không thay đổi, bởi vì cọc đất gia cố không tựa lên lớp đất tốt phía dưới. Mặt khác phương pháp thi công cọc đất gia cố vôi, xi măng rất thân thiện với môi trường. Như vậy, việc sử dụng cọc đất vôi, xi măng để xây dựng các công trình có tải trọng vừa và nhỏ trên nền đất yếu có bề dày lớn là rất khả quan và kinh tế.

3. KẾT LUẬN

Qua các vấn đề vừa trình bày, bài báo đi đến một số kết luận sau:

- Sử dụng phần mềm Plaxis để tính toán và thiết kế cọc đất xi măng cho ta nhiều thông tin quý giá về điều kiện làm việc, sự biến dạng, sự phân bố ứng suất trong khối cọc trước và sau khi xây dựng công trình;
- Nhóm 4 cọc đất – xi măng bố trí theo mạng lưới ô vuông, khoảng cách giữa tim cọc là 1,5m, cọc có đường kính 1m, dài 10m cắm trong tầng bùn sét dày 40m có sức chịu tải khá tốt, 70,5 Tấn;
- Sử dụng cọc đất xi măng trong xây dựng các công trình có tải trọng vừa và nhỏ trên nền đất yếu mang tính kinh tế cao, đặc biệt trên nền đất yếu có bề dày lớn.

THE APPLIED POTENTIAL OF SOIL-CEMENT PIPLES IN DESIGN OF FOUNDATION ON THICK SOFT SOIL LAYERS

Nguyen Manh Thuy, Ngo Tan Phong
University of Technology, VNU-HCM

***ABSTRACT:** In this paper, the Plaxis software is used to evaluate the bearing capacity of soil – cement piles in the thick soft soil layers. In addition, the paper also mentions the distribution stress, displacement and settlement of cement soil foundation. The studied results show that the application capacity of soil – cement piles for the small or/and medium load project in the thick soft soil layers is effective.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. State of The Art Report 5, *Lime stabilization*, National Research Council Washington, D.C.(1997).
- [2]. Dallas N. Little, *Evaluation of structural properties of lime stabilized soils and aggregates*, Prepared for the national lime association, January 5, (1999).
- [3]. B. B. Broms, *Can lime/cement columns be used in Singapore and Southeast Asia*, Nanyang Technology University/Geological engineering, (1986).
- [4]. Ngô Tấn Phong, *Đánh giá khả năng sử dụng vôi xi măng trong gia cố đất yếu khu vực quận 9 TP. HCM*, Luận văn thạc sĩ, (2006).