

# Phân tích giải pháp cọc vữa xi măng – cát tiết diện nhỏ để xử lý nền đất yếu khu vực Cần Thơ

Lê Bá Vinh<sup>1,2,\*</sup>, Trần Văn Sơn<sup>3</sup>, Tô Lê Hương<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Bộ môn Địa Cơ – Nền Móng, Khoa Kỹ thuật Xây Dựng, Trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM

<sup>2</sup> Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

<sup>3</sup> Trường Cao đẳng Cần Thơ

## TỪ KHOÁ

Cọc vữa xi măng – cát  
Sức chịu tải  
Thí nghiệm bàn nén  
Plaxis 3D Foundation

## TÓM TẮT

Nội dung bài báo này tập trung vào việc phân tích giải pháp cọc vữa xi măng - cát tiết diện nhỏ để xử lý nền đất yếu. Thí nghiệm bàn nén hiện trường thực tế đã được tiến hành để xác định sức chịu tải của nền đất yếu có xử lý bằng cọc vữa xi măng - cát tiết diện nhỏ. Dựa trên các phân tích ngược các kết quả của thí nghiệm bàn nén hiện trường, các mô phỏng số bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation đã được tiến hành để xác định sức chịu tải thực tế của cọc vữa xi măng – cát, đồng thời đánh giá khả năng áp dụng thực tế của giải pháp cọc vữa xi măng – cát tiết diện nhỏ khi gia cố nền đất yếu ở khu vực Cần Thơ.

## KEYWORDS

Cement-sand piles  
Load-bearing capacity  
Plate load test  
Plaxis 3D Foundation

## ABSTRACT

The content of this article focuses on researching the soft ground improvement by cement-sand piles. At first, the plate load test was carried out to study the load bearing capacity of soft ground reinforced by the cement-sand piles. Based on the back analysis of results of the plate load test, the simulation by Plaxis 3D Foundation was carried out to study the load bearing capacity of cement-sand piles. Moreover, the applicability of cement-sand piles in the soft ground reinforcement of Can Tho was examined.

## 1. Đặt vấn đề

Nền đất ở các tỉnh Đồng Bằng Sông Cửu Long nói chung, thành phố Cần Thơ nói riêng tương đối yếu, có nơi rất yếu [1]. Để xử lý nền đất yếu này đã có nhiều giải pháp được nghiên cứu áp dụng như: cọc tràm, đệm cát, cọc vôi, cọc đất vôi, cọc cát-xi măng-vôi, gia tải trước kết hợp bắc thềm, giếng cát, cọc cát.v.v..[2]. Các giải pháp trên đều có ưu điểm và nhược điểm của nó. Cọc vữa xi măng – cát là một trong những giải pháp khả thi để gia cố nền đất yếu có bề dày không lớn. Bài báo này trình bày các phân tích, đánh giá về các ứng xử của loại cọc khá mới mẻ này.

## 2. Giới thiệu về cọc vữa xi măng - cát

Một số thông số cơ bản của cọc vữa xi măng – cát tiết diện nhỏ:

+ Đường kính cọc:  $d = 200 \text{ mm}$ .

+ Chiều dài cọc:  $L = 8 \text{ m}$ .

+ Khoảng cách giữa các cọc là:  $s = 0,8 \text{ m}$ .

+ Mác vữa được thiết kế theo tỉ lệ Mac 100. Nghĩa là để tạo ra  $1 \text{ m}^3$  vữa phải dùng  $410 \text{ Kg}$  xi măng PCB 30 +  $1,06 \text{ m}^3$  cát vàng +  $260 \text{ lít}$  nước.

Quy trình thi công cọc vữa xi măng – cát bao gồm các bước chính như sau:

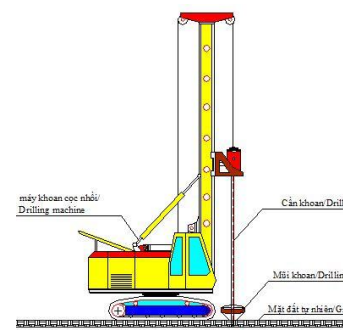
Bước 1: Định vị máy khoan (Hình 1), chiều cao tháp dẫn hướng

khoan 2,6 m.

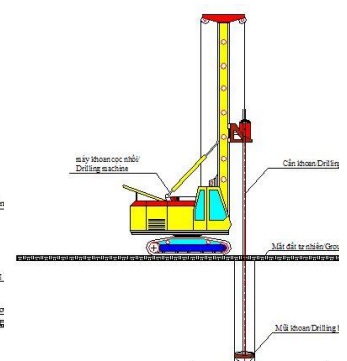
Bước 2: Tạo lỗ khoan (Hình 2). Vừa khoan xoay, vừa ép để đưa mũi khoan vào đất đến độ sâu thiết kế, tức là tạo lỗ khoan bằng cách ép đất ra xung quanh mà không phải lấy đất lên.

Bước 3: Bơm vữa vào hố khoan (Hình 3) Vừa rút cần khoan vừa bơm vữa vào để lấp đầy hố khoan, đồng thời xoay mũi khoan để trộn đều vữa.

Bước 4: Hoàn thành cọc (Hình 4): bơm đầy vữa vào lỗ khoan, cọc được hoàn thành.



Hình 1. Định vị máy khoan vào vị trí cọc.

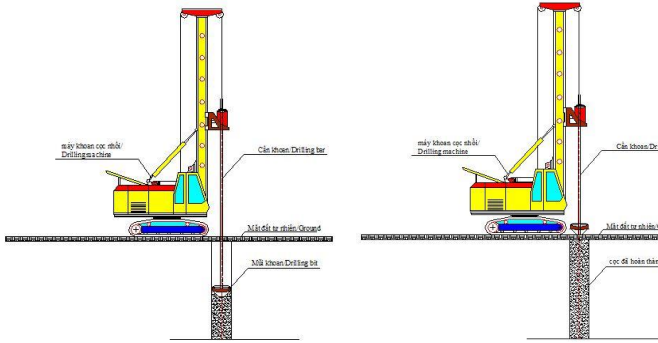


Hình 2. Tạo lỗ khoan.

\*Liên hệ tác giả: lebvinh@hcmut.edu.vn

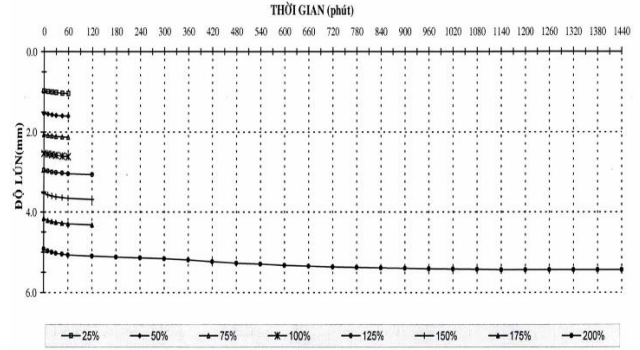
Nhận ngày 04/10/2023, sửa xong ngày 12/12/2023, chấp nhận đăng 19/12 /2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2023.580>



Hình 3. Bơm vữa vào lỗ khoan.

Hình 4. Hoàn thành cọc.



Hình 6. Đồ thị quan hệ độ lún – thời gian ứng với các cấp tải.

### 3. Phân tích sức chịu tải của cọc vữa-xi măng cát bằng thí nghiệm hiện trường và phần mềm Plaxis 3D Foundation.

#### 3.1 Thí nghiệm bàn nén hiện trường thực tế

Giải pháp này được ứng dụng để gia cố nền nhà máy chế biến thủy sản (Khu công nghiệp Trà Nóc, Quận Bình Thủy, Thành phố Cần Thơ). Thí nghiệm bàn nén hiện trường thực tế đã được tiến hành để xác định sức chịu tải của nền đất yếu có xử lý bằng cọc vữa xi măng - cát tiết diện nhỏ [3]

Sơ đồ thí nghiệm và các kết quả thí nghiệm được trình bày trên các Hình 5, 6, và 7.

#### a) Bàn nén

Bàn nén bằng bê tông M250, kích thước: 70,7 cm x 70,7 cm, dày 0,2 m,

#### b) Tải trọng thí nghiệm tối đa

$$P_{gh} = 2 * P_{tk} = 2 * 5 = 10 \text{ Tấn}$$

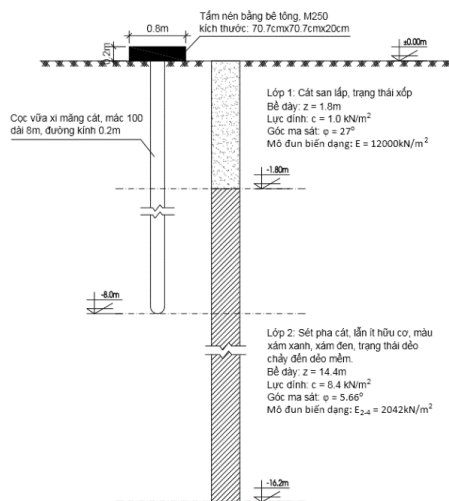
#### c) Quy trình gia tải

Gồm có các giai đoạn sau:

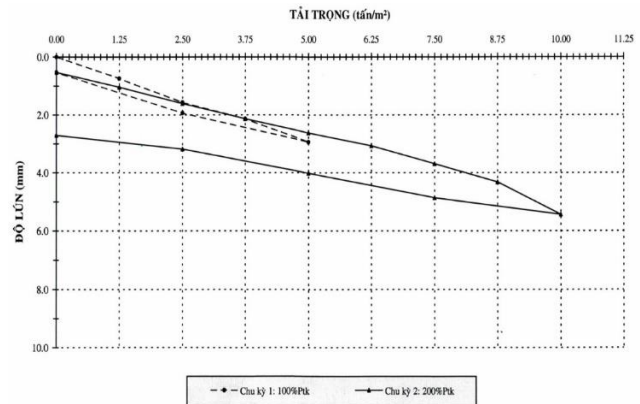
Giai đoạn 1: Gia tải trước để loại trừ sai số do lắp đặt thiết bị

Giai đoạn 2: Gia tải chu kỳ 1, đến 100% $P_{tk}$

Giai đoạn 3: Gia tải chu kỳ 2, đến 200% $P_{tk}$



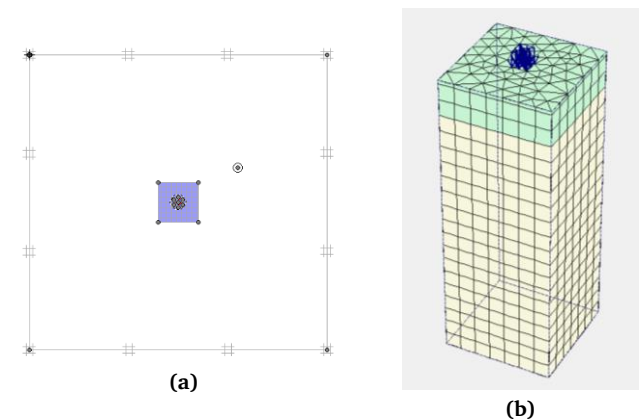
Hình 5. Sơ đồ bố trí cọc và tấm nén trong thí nghiệm bàn nén.



Hình 7. Đồ thị quan hệ tải trọng - độ lún.

#### 3.2 Mô phỏng thí nghiệm bàn nén hiện trường bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation

Tiến hành mô phỏng thí nghiệm bàn nén hiện trường thực tế với các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất, cọc, tấm nén, và bàn nền như thể hiện ở Bảng 1 và Hình 8 [4]. Tiến hành hiệu chỉnh mô đun biến dạng của đất nền để kết quả quan hệ độ lún – tải trọng giữa thí nghiệm bàn nén hiện trường thực tế và từ phần mềm Plaxis 3D Foundation gần bằng nhau.



Hình 8. Mô hình mô phỏng thí nghiệm bàn nén hiện trường trong phần mềm PLAXIS 3D (a) mặt bằng (b) mô hình trong không gian 3D.

**Bảng 1.** Đặc trưng vật liệu của các lớp đất, cọc, tấm nền, và bản nền.

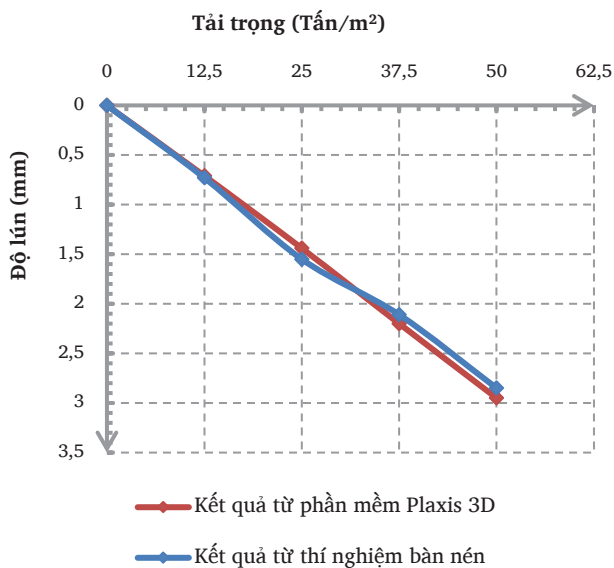
Thông số	Ký hiệu	Đặc trưng vật liệu					Đơn vị
		Lớp SM	Lớp CL1	Cọc	Tấm nền	Bản nền	
Mẫu vật liệu	Model	Mohr Coulomb	Mohr Coulomb	Non Porous	Non Porous	Non Porous	-
Loại vật liệu tác động	Type	Drained	Drained	Linear elastic	Linear elastic	Linear elastic	-
Bề dày lớp đất	z	1,8	14,4	8,0	0,2	0,1	(m)
Dung trọng đất trên mực nước ngầm	$\gamma_{unsats}$	15,5	15,83	20,47	25,00	25,00	(kN/m <sup>3</sup> )
Dung trọng đất dưới mực nước ngầm	$\gamma_{sats}$	16,5	15,83	20,47	25,00	25,00	(kN/m <sup>3</sup> )
Mô đun biến dạng	$E_0$	12000	2042	$2,24 \times 10^6$	$2,7 \times 10^7$	$2,7 \times 10^7$	(kN/m <sup>2</sup> )
Lực dính	c	1,0	8,4	-	-	-	(kN/m <sup>2</sup> )
Góc ma sát trong	$\varphi$	27	5,66	-	-	-	(độ)
Góc trương nở	$\psi$	0	0	-	-	-	(độ)
Hệ số poisson	$\nu$	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	-
Hệ số giảm cường độ	$R_{inter}$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	-

**Bảng 2.** Bảng kết quả độ lún của nền.

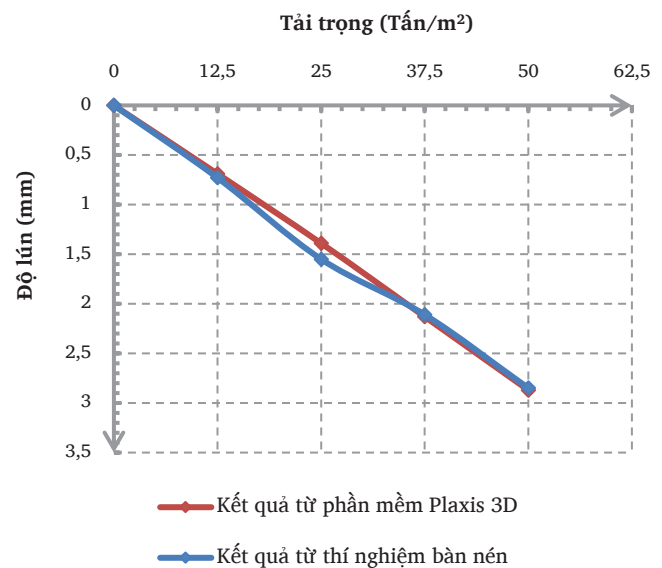
STT	Cấp tải	Áp lực lên bản nền (kN/m <sup>2</sup> )	Độ lún của bản nền thực tế (mm)	Giá trị chuyển vị từ Plaxis 3D Foundation khi			
				100% $E_0$ (mm)	250% $E_0$ (mm)	260% $E_0$ (mm)	270% $E_0$ (mm)
-	-	(kN/m <sup>2</sup> )	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)			
1	0% $P_{tk}$	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	25% $P_{tk}$	12,5	0,73	1,71	0,73	0,71	0,69
3	50% $P_{tk}$	25,0	1,55	3,41	1,49	1,44	1,39
4	75% $P_{tk}$	37,5	2,11	5,14	2,27	2,20	2,13
5	100% $P_{tk}$	50,0	2,85	6,90	3,07	2,95	2,87

Khi mô đun biến dạng của đất nền được tăng từ 2,5 đến 2,7 lần thì đường đồ thị từ thí nghiệm bản nền và đường đồ thị từ tính toán

bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation gần trùng nhau như Bảng 2, Hình 9 và 10.



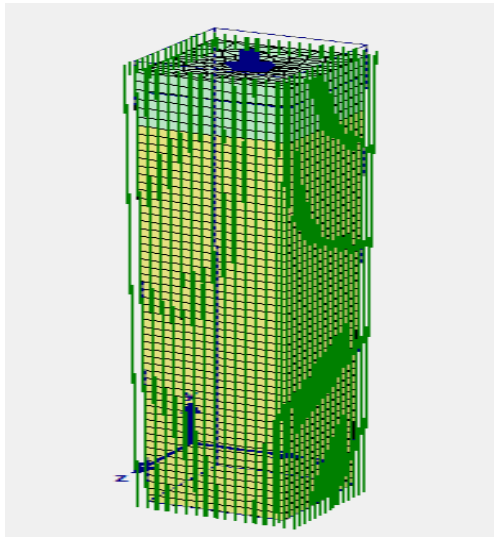
**Hình 9.** Đồ thị quan hệ tải trọng – độ lún khi  $E_{plaxis} = 260\%E_d$ .



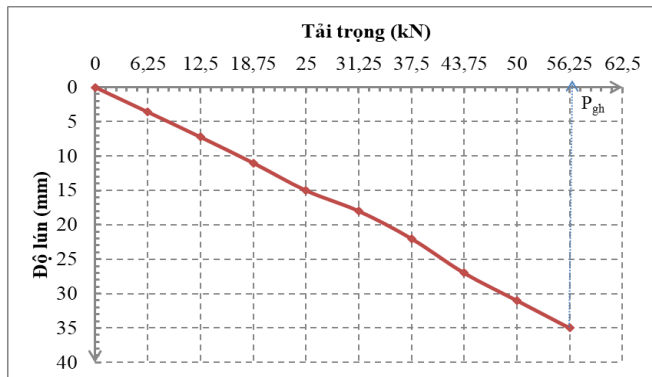
**Hình 10.** Đồ thị quan hệ tải trọng – độ lún khi  $E_{plaxis} = 270\%E_d$ .

3.3 Xác định sức chịu tải của cọc vữa xi măng - cát bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation

Mô phỏng bài toán thí nghiệm nén tĩnh cọc như Hình 11 với mô đun biến dạng của đất đã được hiệu chỉnh như thí nghiệm bàn nén, các trường hợp chất tải và kết quả tính được thể hiện ở Bảng 3. Từ kết quả tính, tìm được sức chịu tải giới hạn của cọc ( $P_{gh}$ ).



Hình 11. Mô hình tính toán sức chịu tải của cọc vữa xi măng - cát bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation.



Hình 12. Quan hệ giữa tải trọng - độ lún của cọc vữa xi măng - cát.

Theo Hình 12, đồ thị không có điểm thay đổi độ dốc đột ngột hoặc đường cong gần như song song với trục chuyển vị. Tuy nhiên, khi phần mềm Plaxis 3D Foundation phân tích đến Phase 11 ( $250\%P_{tk}$ ) thì báo mô hình bị phá hoại. Vì vậy, có thể lấy cường độ chịu tải giới hạn của cọc tại Phase 10 ( $225\%P_{tk}$ ):  $P_{gh} = 56,25$  kN. Do đó, sức chịu tải cho phép của cọc là:  $P_{cp} = P_{gh}/2 = 56,25/2 = 28,125$  kN.

Có thể thấy sức chịu tải giới hạn của cọc khi tính bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation là chênh lệch không nhiều với sức chịu tải giới hạn của cọc khi tính theo chỉ tiêu cường độ đất nền (theo [5] TCVN 10304-2014: móng cọc - tiêu chuẩn thiết kế) với độ chênh lệch là 10,48 %.

Bảng 3. Các trường hợp chất tải vào phần mềm Plaxis 3D Foundation.

STT	Các trường hợp chất tải	Cấp tải	Tải trọng	Đường kính cọc	Áp lực lên cọc	Chuyển vị
-	-	-	(kN)	(m <sup>2</sup> )	(kN/m <sup>2</sup> )	(mm)
1	Phase 1	0% $P_{tk}$	0,00	0,031	0	0,0
2	Phase 2	25% $P_{tk}$	6,25	0,031	201,61	3,60
3	Phase 3	50% $P_{tk}$	12,50	0,031	403,23	7,24
4	Phase 4	75% $P_{tk}$	18,75	0,031	604,84	11,0
5	Phase 5	100% $P_{tk}$	25,00	0,031	806,45	15,0
6	Phase 6	125% $P_{tk}$	31,25	0,031	1008,06	18,0
7	Phase 7	150% $P_{tk}$	37,50	0,031	1209,68	22,0
8	Phase 8	175% $P_{tk}$	43,75	0,031	1411,29	27,0
9	Phase 9	200% $P_{tk}$	50,00	0,031	1612,9	31,0
10	Phase 10	225% $P_{tk}$	56,25	0,031	1814,52	35,0
11	Phase 11	250% $P_{tk}$	62,50	0,031	2016,13	Bị phá hoại
			$P_{tk} = 25$ (kN)			

4. Phân tích giải pháp cọc vữa xi măng - cát tiết diện nhỏ để xử lý nền đất yếu cho công trình thực tế

4.1 Điều kiện địa chất công trình

Căn cứ kết quả khảo sát tại các hố khoan, địa tầng tại vị trí xây dựng công trình được phân thành các lớp sau [6]:

- Lớp 1: (SM): Lớp cát san lấp màu vàng, trạng thái xốp dày 1,8 m.
- Lớp 2: (CL1): Lớp sét pha cát, lẫn ít hữu cơ, màu xám đen, trạng thái dẻo chảy đến dẻo mềm. Lớp này có bề dày 14,4 m.
- Lớp 3 (ML): Lớp bụi pha cát, màu xám xanh, trạng thái dẻo mềm. Lớp này có bề dày 10,4 m.
- Lớp 4 (CL2): Lớp sét pha cát, màu nâu vàng, trạng thái dẻo cứng. Lớp này có bề dày 12,4 m.
- Lớp 5 (CL3): Lớp sét pha cát, màu nâu đỏ, trạng thái cứng. Lớp này có bề dày lớn hơn 6 m.

Mức nước ngầm ở độ sâu -1m dưới mặt đất.

Các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất như thể hiện ở Bảng 1.

4.2 Các thông số ban đầu

Công trình nhà máy chế biến thủy sản tại khu công nghiệp Trà Nóc, Cần Thơ với hoạt tải sử dụng của nền là 1000 kG/m<sup>2</sup> được gia cố nền bằng giải pháp cọc vữa - xi măng cát.

Giải pháp kết cấu nền sau khi hoàn thiện dự kiến có các lớp theo thứ tự từ trên xuống như sau:

- Đơn bê tông cốt thép dày 10 cm, mác 250
- Cát san lấp dày 1,8 m có gia cố cọc vữa - xi măng cát.
- Đất tự nhiên có gia cố cọc vữa - xi măng cát với các thông số như sau:

+ Đường kính cọc:  $d = 200$  mm.

- + Chiều dài cọc:  $L = 8 \text{ m}$ .
- + Khoảng cách giữa các cọc là:  $s = 0,8 \text{ m}$ .
- + Mác vữa được thiết kế là Mác 100, theo thí nghiệm thực tế có mô đun đàn hồi:  $E = 2,24 \times 10^5 \text{ Tấn/m}^2$ , cường độ chịu nén dọc trục:  $R_b = 1080,4 \text{ Tấn/m}^2$

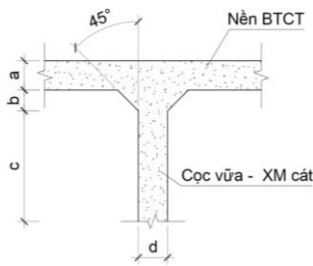
**4.3 Cấu tạo liên kết giữa nền bê tông và cọc**

Trong trường hợp xem cọc làm việc hoàn toàn, nền đất dưới nền bê tông không tham gia chịu lực có thể cấu tạo liên kết giữa đầu cọc và nền là liên kết cứng. Cao độ các đầu cọc sau khi thi công khó có thể đảm bảo bằng nhau có thể do một số nguyên nhân sau:

- Khi thi công cọc bằng phương pháp bơm vữa xi măng, độ sụt của vữa sẽ lớn vì vậy chỉ có thể đổ vữa xi măng đến mặt đất tự nhiên hoặc cao hơn mặt đất tự nhiên một chút. Mặt đất tự nhiên thường không có độ cao tuyệt đối bằng nhau nên dẫn đến cao độ các đầu cọc không bằng nhau.
- Khu vực thi công thường có nhiều nước và lẫn nhiều bùn làm cho công tác thi công gặp khó khăn, dẫn đến khó thi công đảm bảo tất cả các đầu cọc đều bằng nhau.

Tuy nhiên, cần thi công đảm bảo các đầu cọc không chênh lệch so với với cao độ thiết kế quá lớn.

Có thể cấu tạo liên kết đầu cọc với nền bê tông như Hình 13.



Trong đó:  
 a: bề dày của nền bê tông cốt thép.  
 b: phần bê tông đổ tạo liên kết.  
 c: chiều dài cọc vữa - xi măng cát  
 d: đường kính cọc vữa - xi măng cát.

**Hình 13.** Cấu tạo liên kết đầu cọc với nền bê tông.

Phần bê tông đổ tạo liên kết chọn là 45°, vì theo nhận định ban đầu khi nền truyền tải xuống cọc, đầu cọc sẽ sinh ra một phần lực gây chọc thủng nền bê tông với tháp chọc thủng khoảng 45°.

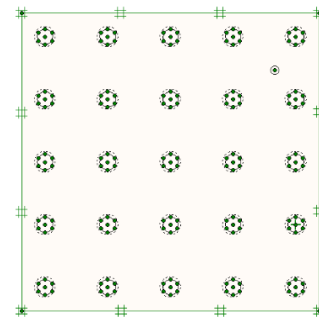
Để thi công phần bê tông (phần b trong Hình 13) có thể thi công theo các cách sau:

- Sử dụng đất cứng đắp xung quanh đầu cọc sau đó phủ xung quanh một lớp nilông.
- Sử dụng ván khuôn gỗ.
- Xây gạch xung quanh đầu cọc. Phần bê tông trên được đổ chung với bê tông nền.

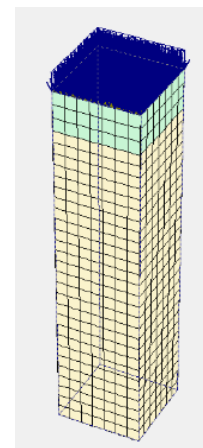
**4.4 Phân tích các ứng xử của nền gia cố cọc vữa xi măng – cát tiết diện nhỏ bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation**

Để đánh giá khả năng áp dụng của giải pháp cọc vữa – xi măng cát trong gia cố nền cho công trình, tiến hành áp dụng phần mềm Plaxis 3D

Foundation để phân tích ổn định và biến dạng cho nền sau khi được gia cố như mô hình ở Hình 14. Các thông số của mô hình vẫn như trong Bảng 1. Tiến hành khảo sát với các trường hợp hoạt tải sử dụng của nền lần lượt là 1000 kG/m<sup>2</sup> (công trình thực tế), 2000 kG/m<sup>2</sup>, 3000 kG/m<sup>2</sup>, và 3500 kG/m<sup>2</sup>. Ngoài ra, các nội lực, chuyển vị của nền gia cố cũng được xác định bằng phần mềm Etabs v9.7 để đối chiếu, đánh giá. Các kết quả về độ lún của nền gia cố, mô-men trong nền bê tông ứng với các tải tác dụng khác nhau được thể hiện lần lượt ở Hình 15 và 16.



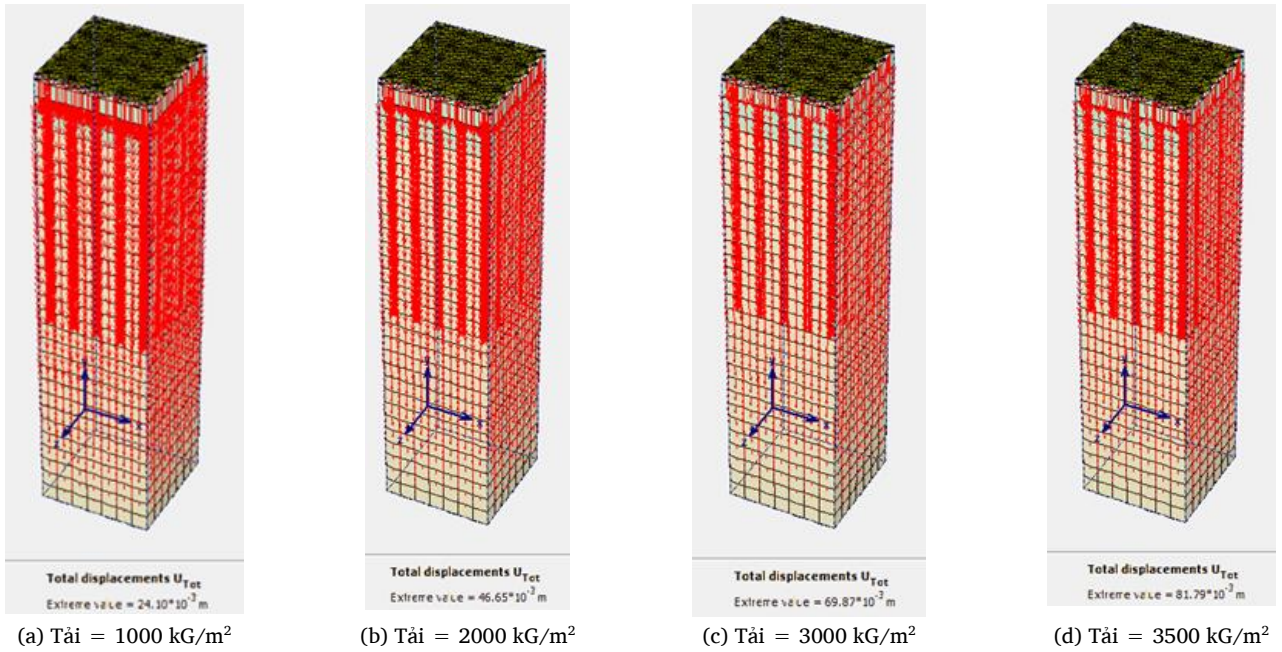
(a)



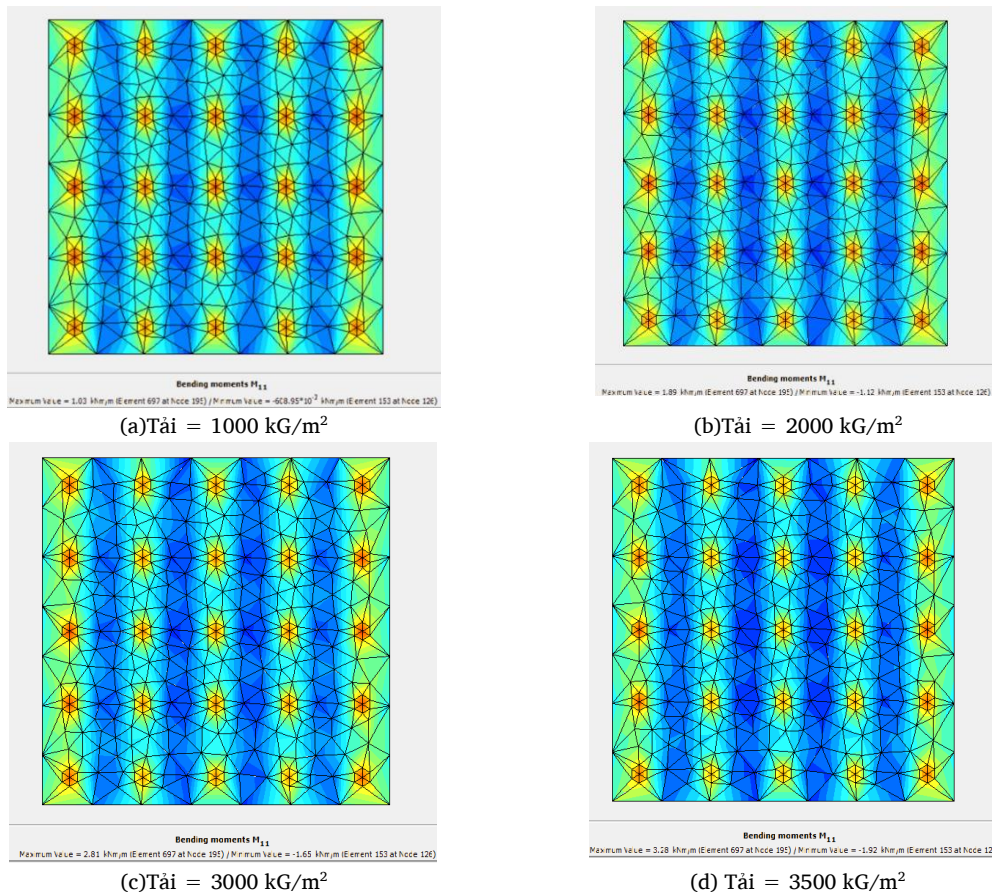
(b)

**Hình 14.** Mô hình nền gia cố bằng cọc vữa xi măng cát trong Plaxis 3D Foundation (a) mặt bằng (b) mô hình trong không gian 3D.

Ứng với trường hợp tải công trình thực tế là 1000 kG/m<sup>2</sup> thì các kết quả phân tích đều cho thấy nền sau khi được gia cố bằng cọc vữa – xi măng cát vẫn đảm bảo ổn định và biến dạng với độ lún chỉ 2,41 cm, nhỏ hơn nhiều độ lún giới hạn cho phép được nêu trong [5,7,8]. Có xuất hiện cả mô-men âm và mô-men dương với giá trị đáng kể trong kết cấu bản nền bê tông cốt thép. Khi tăng tải tác dụng lên nền thì các giá trị độ lún của nền và mô-men trong kết cấu bản nền đều gia tăng. Khi tải tác dụng đạt giá trị 3500 kG/m<sup>2</sup> thì độ lún của nền công trình đạt giá trị 8,18 cm lớn hơn giới hạn lún cho phép, momen lớn nhất trong bản nền là 3,28 kNm/m, đồng thời tải trọng tác dụng lên đầu cọc là 2,49 Tấn cũng vượt qua sức chịu tải cho phép của cọc vốn chỉ là 2,45 Tấn. Từ đó, hoạt tải sử dụng lên nền công trình lớn nhất để vẫn đảm bảo điều kiện về ổn định và biến dạng là 3,0 Tấn/m<sup>2</sup>.



Hình 15. Độ lún của nền gia cố ững với các tải tác dụng khác nhau.



Hình 16. Mô-men trong nền bê tông ững với các tải tác dụng khác nhau.

Ứng với trường hợp tải công trình thực tế là  $1000 \text{ kg/m}^2$  thì các kết quả phân tích đều cho thấy nền sau khi được gia cố bằng cọc vữa – xi măng cát vẫn đảm bảo ổn định và biến dạng với độ lún chỉ  $2,41 \text{ cm}$ , nhỏ hơn nhiều độ lún giới hạn cho phép được nêu trong [5,7,8]. Có xuất hiện cả mô-men âm và mô-men dương với giá trị đáng kể trong kết cấu bản nền bê tông cốt thép. Khi tăng tải tác dụng lên nền thì các giá trị độ lún của nền và mô-men trong kết cấu bản nền đều gia tăng. Khi tải tác dụng đạt giá trị  $3500 \text{ kg/m}^2$  thì độ lún của nền công trình đạt giá trị  $8,18 \text{ cm}$  lớn hơn giới hạn lún cho phép, momen lớn nhất trong bản nền là  $3,28 \text{ kNm/m}$ , đồng thời tải trọng tác dụng lên đầu cọc là  $2,49 \text{ Tấn}$  cũng vượt qua sức chịu tải cho phép của cọc vốn chỉ là  $2,45 \text{ Tấn}$ . Từ đó, hoạt tải sử dụng lên nền công trình lớn nhất để vẫn đảm bảo điều kiện về ổn định và biến dạng là  $3,0 \text{ Tấn/m}^2$

## 5. Kết luận và kiến nghị

Từ các kết quả phân tích, tính toán có thể rút ra một số kết luận và kiến nghị sau:

- Có thể sử dụng giải pháp cọc vữa xi măng – cát tiết diện nhỏ để xử lý nền đất yếu trong xây dựng nhà kho, xưởng tại thành phố Cần Thơ: với địa chất tại khu vực khảo sát, nếu sử dụng cọc vữa xi măng – cát có đường kính tiết diện  $0,2 \text{ m}$ , dài  $8 \text{ m}$ , mác vữa M100, khoảng cách giữa các cọc  $0,8 \text{ m}$ , nền bê tông cốt thép dày  $0,1 \text{ m}$  có thể chịu được hoạt tải sử dụng lớn nhất mà vẫn đảm bảo điều kiện về ổn định và biến dạng là  $3,0 \text{ Tấn/m}^2$ .

- Từ kết quả thí nghiệm bản nén hiện trường trên nền đất yếu có gia cố cọc vữa xi măng – cát, sức chịu tải giới hạn của cọc khi tính theo tiêu chuẩn TCVN 10304:2014, theo chỉ tiêu cường độ đất nền cho kết quả gần giống với kết quả tính bằng phần mềm Plaxis 3D Foundation với giá trị khoảng  $5 \text{ Tấn}$ .

- Vì cọc vữa xi măng - cát có độ cứng khá lớn nên khi tính toán nên quan niệm cọc vữa xi măng - cát làm việc như cọc cứng.

- Nên cấu tạo thêm chi tiết liên kết giữa đầu cọc vữa xi măng – cát và nền bê tông để tránh sự chọc thủng nền bê tông.

## Lời cảm ơn

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

## Tài liệu tham khảo

- [1]. Lê Bá Lương, Piere Lareal, Nguyễn Thành Long (2000). *Công trình trên đất yếu trong điều kiện Việt Nam*. tài liệu lưu hành nội bộ Đại học Bách Khoa Tp.HCM.
- [2]. Lê Anh Hoàng (2014). *Nền và móng*. Nhà xuất bản Xây Dựng.
- [3]. TCVN 9354:2012. *Thí nghiệm bản nén tĩnh hiện trường*. Bộ Xây Dựng.
- [4]. Nguyễn Quốc Tới, Nguyễn Khắc Nam, Hoàng Văn Thắng, Hoàng Thế Hòa (2013). *Phần mềm Plaxis 3D Foundation ứng dụng vào tính toán móng và công trình ngầm*. Nhà xuất bản Xây dựng.
- [5]. TCVN 10304:2014. *Móng cọc – tiêu chuẩn thiết kế*. Bộ Xây Dựng.
- [6]. Báo cáo khảo sát địa chất (2010), Công ty tư vấn xây dựng Cần Thơ.

- [7]. TCVN 9362:2012. *Tiêu chuẩn thiết kế nền nhà và công trình*. Bộ Xây Dựng.
- [8]. Joseph E. Bowles, RE., S.E (2001). *Foundation analysis and design (Fifth edition)*. The McGraw-Hill Companies, Inc.