

## SO SÁNH SỰ THAY ĐỔI VỀ CƯỜNG ĐỘ CHỊU NÉN VÀ TÍNH BIẾN DẠNG CỦA NỀN Ở VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG KHI XỬ LÝ NỀN BẰNG TRỤ ĐẤT XI MĂNG VỚI NỀN TỰ NHIÊN

Đặng Công Danh<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Đất nền tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long đa phần là bùn sét, bùn sét hữu cơ, bùn sét pha, chiều dày lớp đất yếu lớn làm cho công trình dễ mất ổn định, chịu lực kém, mực nước ngầm cao dễ đẩy nổi gây nguy hiểm cho công trình. Trong các giải pháp xử lý nền đất yếu phổ biến hiện nay, trụ đất xi măng được xem là giải pháp có nhiều đặc điểm phù hợp đối với việc xử lý nền đất yếu. Nhằm đóng góp thêm thông tin và số liệu mang tính tham khảo cho việc tính toán giải pháp trụ đất xi măng để xử lý nền đất yếu cho khu vực thuộc các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long, bài viết này tiến hành nghiên cứu, so sánh các giá trị cường độ chịu nén và tính biến dạng của hỗn hợp đất trộn xi măng so với mẫu đất nguyên dạng thông qua thí nghiệm nén đơn trục và kết hợp với phần mềm Plaxis 2D.

**Từ khóa:** Nền đất yếu, trụ xi măng đất

**Abstract:** The subsoil in the Mekong Delta region is mostly soft clay, organic clay or mixed clay mud with deep thickness which makes the works are of low stability and low bearing capacity. In current popular soft ground treatment solutions, deep cement mixing method is considered as a solution with many characteristics suitable for the soft soil treatment. To contribute more information and reference data for the calculation of deep cement mixing piles in Mekong Delta Region, this research compares compressive strength and deformation values of deep cement mixing columns with samples through unconfined compression test and combining with computation using Plaxis 2D software.

**Keywords:** Soft soil, deep cement mixing piles

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, đối với khu vực Đồng bằng sông Cửu Long nói chung thì các công trình xây dựng tăng cả về quy mô, số lượng và chất lượng. Tuy nhiên, đất nền ở khu vực này chủ yếu là đất yếu có sức chịu tải thấp và độ lún lớn đa phần là bùn sét, bùn sét hữu cơ, bùn sét pha, chiều dày lớp đất yếu lớn. Lớp sét trạng thái dẻo nhão đến dẻo mềm có bề dày thay đổi từ - 0.7m đến xấp xỉ - 30m từ đó làm ảnh hưởng đến chất lượng của công trình trong quá trình sử dụng như: công trình bị mất ổn định, xuất hiện nhiều vết nứt, sụp đổ, trượt sâu, lún, do sức chịu tải ngang kém, mực nước ngầm cao dễ đẩy nổi gây nguy hiểm cho công trình. Quá trình xây dựng các công trình tại những vùng có địa chất yếu, phức tạp như tại đây đòi hỏi các nhà quản lý xây dựng phải tìm kiếm và áp dụng các phương pháp xử lý phù hợp, thỏa mãn yêu cầu về kỹ thuật, thời gian và chi phí đầu tư xây dựng. Việc lựa chọn được một giải pháp xử lý nền đáp ứng được các yêu cầu kỹ thuật và phù hợp với điều kiện đất yếu thực tế ở khu vực Đồng bằng sông

<sup>2</sup> Thạc sĩ - Trường Đại học Nam Cần Thơ

Cửu Long là một yêu cầu cấp thiết. Với mục đích đó, tác giả lựa chọn giải pháp xử lý nền đất yếu bằng trụ đất xi măng được xem là giải pháp có nhiều đặc điểm phù hợp đối với việc xử lý nền đất yếu cho khu vực vùng đồng bằng sông Cửu Long hiện nay.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

**Nghiên cứu lý thuyết:** Phân tích những yếu tố ảnh hưởng đến độ lún nền trước và sau khi được gia cố bằng trụ đất xi măng từ đó đưa ra các phương pháp tính toán thiết kế trụ đất xi măng cho công trình cụ thể.

**Nghiên cứu thực nghiệm:** Gia công đúc mẫu thử và thử nghiệm tìm ra kết quả thích hợp giữa hàm lượng đất - xi măng theo thời gian. Phân tích và đánh giá kết quả thử nghiệm đồng thời ứng dụng kết quả vào tính toán sức chịu tải của trụ đất xi măng và độ lún nền.

**Nghiên cứu mô phỏng bằng phần mềm:** Ứng dụng phần mềm Plaxis 2D để tính toán bài toán bằng mô hình cụ thể.

## 3. CƠ SỞ LÝ THUYẾT

### 3.1 Thí nghiệm nén đơn trục

Thí nghiệm nén đơn trục xác định cường độ kháng nén của đất bằng cách nén đến phá hoại mẫu đất trong điều kiện nở hông tự do. Cường độ kháng nén của đất, đá, ứng với lúc mẫu bị phá hoại, được thể hiện khi có sự tăng biến dạng tương đối một cách rõ rệt hoặc thấy rõ mẫu đất bị phá hoại bằng mắt.

Tính toán kết quả thí nghiệm:

Cường độ kháng nén  $q_u$  hay sức kháng nén đơn trục cực hạn của mẫu đất được xác định theo công thức sau:

$$q_u = \sigma = \frac{P_{\max}}{A} \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (1)$$

Trong đó:

$P_{\max}$ : lực nén lớn nhất làm mẫu đất bị phá hoại, ghi nhận trên đồng hồ đo lực, bằng số đọc của đồng hồ nhân với hệ số vòng lực của thiết bị thí nghiệm.

$A$ : diện tích tiết diện mẫu khi bị phá hoại, lúc này mẫu đất không còn giữ được tiết diện  $A_0$  như lúc ban đầu mà sẽ bị biến dạng. Giá trị tiết diện trung bình của mẫu lúc này được xác định theo công thức:

$$A = \frac{A_0}{1-\varepsilon} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (2)$$

Với  $\varepsilon$  là biến dạng tương đối theo phương đứng của mẫu đất thí nghiệm, là tỷ số không thứ nguyên của biến thiên chiều dài  $\Delta h$  (tại thời điểm phá hoại) đối với chiều dài ban đầu của mẫu  $h_0$ :

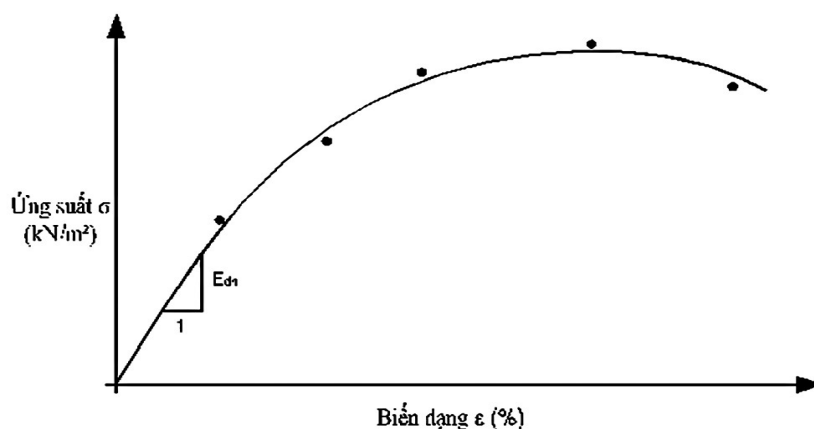
$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h_0} \quad (3)$$

Ngoài ra, từ thí nghiệm nén đơn trục, dựa vào định luật Hooke, ta có mối quan hệ giữa ứng suất  $\sigma$  và biến dạng  $\varepsilon$  của mẫu đất là:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (4)$$

Với  $E$  là modun biến dạng của đất, là tỷ số giữa ứng suất tác dụng lên mẫu đất thí nghiệm và biến dạng của mẫu tương ứng hoặc là độ dốc của đường cong quan hệ ứng suất và biến dạng. Modun biến dạng  $E$  được chia thành hai loại ứng với hai giai đoạn của biểu đồ gồm: modun biến dạng đàn hồi  $E_{dh}$  ứng với giai đoạn quan hệ ứng suất biến dạng là tuyến tính và modun biến dạng dư  $E_{du}$ .

Modun biến dạng tổng quát  $E_0$  là tỷ số giữa ứng suất với biến dạng tổng quát (gồm cả biến dạng đàn hồi và biến dạng dư).



**Hình 1.** Biểu đồ thể hiện quan hệ giữa ứng suất và biến dạng.

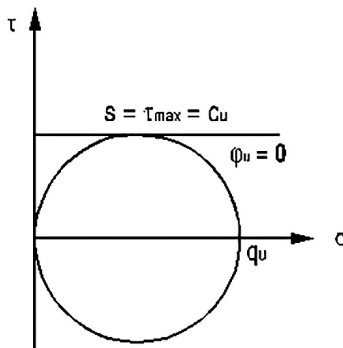
Thí nghiệm nén đơn trục phù hợp để xác định thông số sức chống cắt của đất sét bão hòa hoàn toàn ( $\varphi_u = 0^\circ$ ). Khi mẫu bị trượt (phá hoại), chỉ có duy nhất một vòng tròn Mohr ứng suất tổng. Cường độ chịu nén đơn hay sức chịu nén một trục chính là áp lực nén lên mẫu lúc trượt, kí hiệu là  $q_u$ .

Sức chống cắt không thoát nước hoặc lực dính không thoát nước  $c_u$  được xác định là một phần hai của cường độ chịu nén đơn (ứng suất lệch). Lúc này ta có phương trình sức chống cắt không thoát nước có dạng:

$$s = \sigma \tan \varphi + c \quad (5)$$

$$s = c_u \quad (6)$$

$$s = \frac{q_u}{2} \quad (7)$$

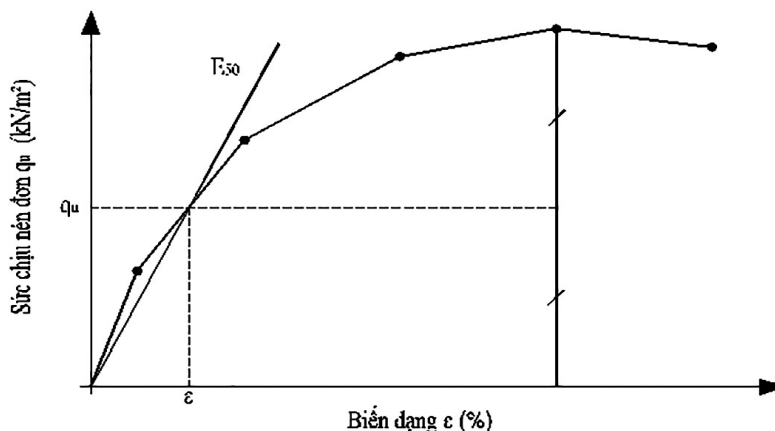


**Hình 2.** Đồ thị thể hiện quan hệ giá trị lực cắt  $\tau$  và áp lực  $\sigma$ .

### 3.2 Xác định Modun biến dạng E của đất

Modun biến dạng E (kN/m<sup>2</sup>) cho biết khả năng của đất chống lại tác dụng nén lún của tải trọng tác dụng. Giá trị E càng nhỏ thì đất càng yếu và biến dạng lún càng lớn. Ngược lại, giá trị E càng lớn thì đất càng tốt, biến dạng lún sẽ nhỏ.

Giá trị modun biến dạng E được xác định từ biểu đồ quan hệ giữa cường độ chịu nén  $q_u$  và biến dạng  $\varepsilon$  theo định luật Hook và phương pháp xác định E50.



Hình 3. Phương pháp xác định giá trị E<sub>50</sub>

### 3.3 Phương pháp tính toán trụ đất xi măng theo quan điểm như nền tương đương

Nền đất được xử lý trụ đất xi măng dưới đáy móng được xem như nền đồng nhất với các số liệu cường độ  $\varphi_{td}$ ,  $c_{td}$ ,  $E_{td}$  được cải thiện nâng cao.

Gọi  $a_s$  là tỉ lệ giữa diện tích trụ đất xi măng thay thế trên diện tích đất nền xử lý, giá trị  $a_s$  được xác định như sau:

$$a_s = \frac{A_s}{A_p} \quad (8)$$

Trong đó:

$A_s$ : Là tổng diện tích trụ đất xi măng thay thế nền,  $A_s = \pi d^2 / 4$

$A_p$ : Là tổng diện tích vùng thay thế trụ đất xi măng.

Ta có các thông số sức kháng cắt được xác định như sau:

$$\varphi_{td} = a_s \varphi_{col} + (1 - a_s) \varphi_s \quad (9)$$

$$c_{td} = a_s c_{col} + (1 - a_s) c_s \quad (10)$$

$$E_{td} = a_s E_{col} + (1 - a_s) E_s \quad (11)$$

Với:

$\varphi_{td}$ ,  $\varphi_{col}$ ,  $\varphi_s$ : Là giá trị góc ma sát của nền tương đương, trụ đất xi măng và nền tự nhiên.

$c_{td}$ ,  $c_{col}$ ,  $c_s$ : Là các giá trị lực dính của nền tương đương, trụ đất xi măng và nền tự nhiên.

$E_{td}$ ,  $E_{col}$ ,  $E_s$ : Là modun biến dạng của nền tương đương, trụ đất xi măng và nền tự nhiên.

Từ kết quả thí nghiệm nén đơn trục mẫu đất trộn xi măng trong phòng ta có công thức xác định các giá trị  $C_{col}$   $\varphi_{col}$   $E_{col}$  từ cường độ kháng nén đơn như sau:

$$C_{col} = (0.2 \div 0.3)q_u \quad (12)$$

$$\varphi_{col} = (20^\circ \div 30^\circ) \quad (13)$$

$$E_{col} = (100 \div 300)q_u \quad (14)$$

### 3.4 Tính toán theo quan điểm trụ đất xi măng làm việc như cọc

#### 3.4.1 Tính toán trụ đất xi măng theo trạng thái giới hạn thứ 1

Để trụ đất xi măng làm việc đảm bảo ổn định thì cần thỏa mãn các điều kiện sau:

$$\text{Nội lực lớn nhất trong một cọc: } N_{\max} < \frac{Q_{ult}}{F_s} \quad (15)$$

$$\text{Momen lớn nhất trong một cọc: } M_{\max} < [M] \quad (16)$$

$$\text{Chuyển vị của khối móng: } Ay < [Ay] \quad (17)$$

Trong đó:

$Q_{ult}$ : Là sức chịu tải giới hạn của trụ đất xi măng.

$F_s$ : Là hệ số an toàn.

$[M]$ : Là momen giới hạn của trụ đất xi măng.

$[Ay]$ : Là chuyển vị giới hạn cho phép.

#### 3.4.2 Tính toán trụ đất xi măng theo trạng thái giới hạn thứ 2

Tính toán theo trạng thái giới hạn thứ 2 là đảm bảo cho cọc không phát sinh biến dạng lún tổng quá lớn:

$$\Sigma S_i < [S] \quad (18)$$

Trong đó:

$[S]$ : Là độ lún giới hạn cho phép.

$S_i$ : Là tổng độ lún của móng.

### 3.5 Tính toán theo quan điểm hỗn hợp của viện kỹ thuật châu Á (AIT)

#### 3.5.1 Khả năng chịu tải của cọc đơn

Khả năng chịu tải giới hạn ngắn hạn của cọc đơn trong đất sét yếu được quyết định bởi sức kháng của đất sét yếu bao quanh (đất phá hoại) hay sức kháng cắt của vật liệu cọc (cọc phá hoại), theo tài liệu của D.T. Bergado [5]:

$$Q_{ult,soil} = (\pi \cdot d \cdot L_{col} + 2.25 \cdot \pi \cdot d^2) C_{u,soil} \quad (19)$$

Trong đó:

$d$ : Là đường kính cọc.

$L_{col}$ : Là chiều sâu trụ đất xi măng.

$C_{u,soil}$ : Là độ bền cắt không thoát nước trung bình của đất sét bao quanh trụ. Có thể được xác định bằng các thí nghiệm trực tiếp ngoài trời như thí nghiệm cắt cánh hoặc thí nghiệm xuyên côn.

Khả năng chịu tải giới hạn ngăn ngừa do cọc bị phá hoại ở độ sâu  $z$ , theo D.T Bergado (sức kháng cắt theo vật liệu) được xác định như sau:

$$Q_{ult.soil} = A_{col}(3.5C_{u.col} + K_b \cdot \sigma_h) \quad (20)$$

Trong đó:

$K_b$ : Là hệ số áp lực bị động;  $K_b = \tan^2(45^\circ + \varphi/2)$ ;  $K_b = 3$  khi  $\varphi_{ult.col} = 30^\circ$ .

$\sigma_h$ : Áp lực ngang tổng cộng tác động lên trụ đất xi măng tại mặt cắt giới hạn.

### 3.5.2 Khả năng chịu tải của nhóm cọc

Khả năng chịu tải giới hạn của nhóm trụ đất xi măng được tính theo công thức:

$$Q_{ult.soil} = 2C_{u.soil} \cdot H(B + L) + k \cdot C_{u.soil} \cdot B \cdot L \quad (21)$$

Trong đó:

$B, L, H$ : Là chiều rộng, chiều dài và chiều cao của nhóm trụ đất xi măng.

$k$ : Là hệ số an toàn phụ thuộc vào hình dạng móng;  $k = 6$  khi móng hình chữ nhật,  $k = 9$  khi móng hình vuông hoặc tròn.

Trong tính toán thiết kế, kiến nghị hệ số an toàn là 2.50 (theo D.T.Bergado). Vì khi huy động sức kháng tải lớn làm cho biến dạng khá lớn (nhưng xi măng đất bản chất là giòn)

## 4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

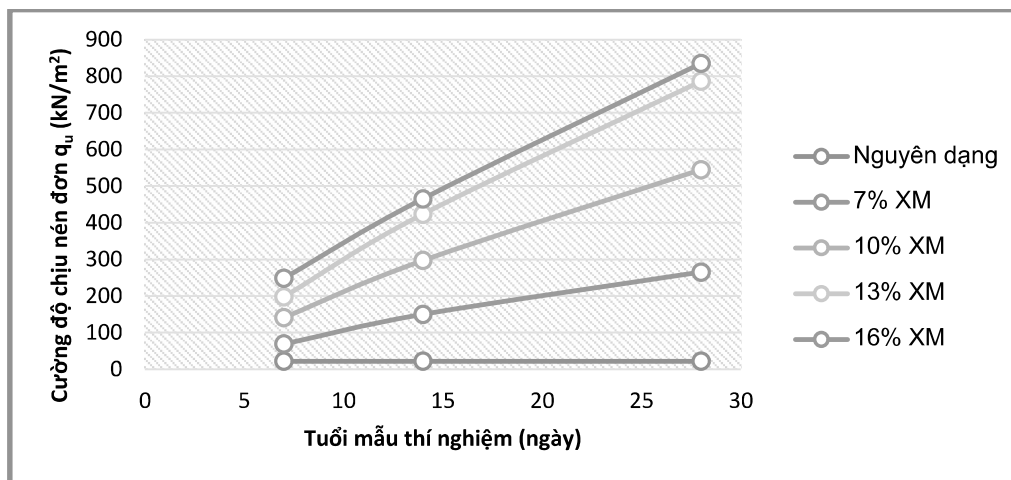
### 4.1 So sánh giá trị cường độ chịu nén đơn trục $q_u$

Giá trị cường độ chịu nén đơn trục  $q_u$  của các mẫu thí nghiệm được tổng hợp trình bày trong bảng như sau:

**Bảng 1:** Số liệu tổng hợp thông số cường độ chịu nén đơn  $q_u$ .

STT	Kí hiệu mẫu	Tỉ lệ xi măng	Tuổi mẫu	Cường độ chịu nén $q_u$
		%	ngày	$kN/m^2$
ND	Nguyên dạng	0		21.8
1	M 07-07	7	7	69.2
2	M 10-07	10		141.2
3	M 13-07	13		198.2
4	M 16-07	16		248.6
5	M 07-14	7	14	149.8
6	M 10-14	10		296.8
7	M 13-14	13		423.6
8	M 16-14	16		465.2
9	M 07-28	7	28	265.4
10	M 10-28	10		544.6
11	M 13-28	13		785.9
12	M 16-28	16		835.2

Từ các kết quả thí nghiệm và tính toán ở trên ta tiến hành vẽ đồ thị so sánh sự phát triển giá trị cường độ chịu nén của mẫu đất nguyên dạng so với các mẫu đất xi măng với các hàm lượng xi măng khác nhau và theo thời gian.



**Hình 4.** Biểu đồ so sánh các giá trị cường độ chịu nén đơn (kN/m<sup>2</sup>).

Từ biểu đồ 4 trên nhìn chung ta nhận thấy giá trị cường độ chịu nén đơn của các mẫu thí nghiệm đều có sự gia tăng theo sự gia tăng của hàm lượng xi măng trong hỗn hợp và theo thời gian. Tuy nhiên tốc độ gia tăng lại có sự giảm dần đi khi hàm lượng xi măng trong hỗn hợp tăng lên trên 13%. Giá trị cường độ chịu nén đơn  $q_u$  của mẫu đất tự nhiên là rất bé. Tuy nhiên sau khi được xử lý bằng phương pháp trộn xi măng ta nhận thấy giá trị này đã được cải thiện rõ rệt.

Giá trị cường độ chịu nén đơn  $q_u$  của mẫu tăng lên 12 lần với mẫu M7-28 từ 21.8 kN/m<sup>2</sup> lên 265.4 kN/m<sup>2</sup>. Đạt giá trị cao nhất đối với mẫu M 16-28 đạt 835.2 kN/m<sup>2</sup>, tức đã tăng lên gấp 36 lần so với mẫu đất tự nhiên.

#### 4.2 So sánh giá trị Modun biến dạng $E_{50}$

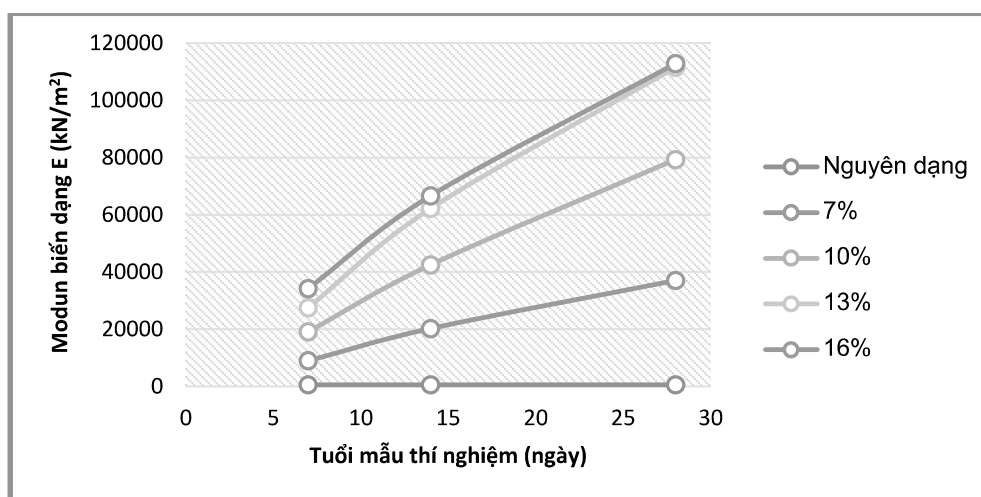
Giá trị modun biến dạng  $E_{50}$  của các mẫu thí nghiệm và đất nguyên dạng được tính toán và tổng hợp trong bảng sau:

**Bảng 2:** Số liệu tổng hợp giá trị modun biến dạng  $E_{50}$ .

STT	Kí hiệu mẫu	Cường độ chịu nén đơn $q_u/2$	Biến dạng tương đối $\epsilon$	Modun biến dạng $E_{50}$
		kN/m <sup>2</sup>	%	kN/m <sup>2</sup>
ND	Mẫu nguyên dạng	10.9	2.15	507
1	M 07-07	34.6	0.39	8923
2	M 10-07	70.6	0.37	19058
3	M 13-07	99.1	0.36	27442
4	M 16-07	124.3	0.36	34169
5	M 07-14	74.9	0.37	20243

STT	Kí hiệu mẫu	Cường độ chịu nén đơn $q_u/2$	Biến dạng tương đối $\varepsilon$	Modun biến dạng $E_{50}$
		$kN/m^2$	%	$kN/m^2$
6	M 10-14	148.4	0.35	42487
7	M 13-14	211.8	0.34	62221
8	M 16-14	232.6	0.35	66594
9	M 07-28	132.7	0.36	37050
10	M 10-28	272.3	0.34	79305
11	M 13-28	393.0	0.35	111557
12	M 16-28	417.6	0.37	112865

Từ kết quả tính toán giá trị Modun biến dạng  $E_{50}$  xác định được trong Bảng 2. Ta tiến hành vẽ biểu đồ so sánh các giá trị  $E_{50}$  giữa mẫu đất nguyên dạng với các mẫu đất xi măng như sau:



Hình 5. Biểu đồ so sánh các giá trị Modun biến dạng E ( $kN/m^2$ ).

Từ biểu đồ 5 ta nhận thấy giá trị Modun biến dạng  $E_{50}$  của các mẫu thí nghiệm cũng có sự gia tăng tương ứng với sự gia tăng hàm lượng xi măng trong hỗn hợp và theo thời gian. Tuy nhiên tốc độ gia tăng lại có sự chậm lại rõ rệt khi hàm lượng xi măng tăng trên 13%.

Modun biến dạng  $E_{50}$  đạt giá trị cao nhất đối với mẫu M 16-28 (mẫu 16% xi măng nén ở tuổi mẫu 28 ngày) đạt 112865  $kN/m^2$ , tức đã tăng lên gấp 222 lần so với mẫu đất nguyên dạng.

## 5. ỨNG DỤNG TRỤ ĐẤT XI MĂNG ĐỂ XỬ LÝ NỀN ĐẤT YẾU CHO CÔNG TRÌNH: NHÀ XƯỞNG CÔNG TY TNHH TM DV TNM TỈNH HẬU GIANG

### 5.1 Giới thiệu công trình

Tên công trình: Nhà xưởng công ty TNHH Thương mại Dịch vụ TNM

Hạng mục: Xử lý nền đất yếu dưới nền nhà xưởng. Diện tích 25 x 40 m



Công năng sử dụng: Kho chứa giấy và các vật liệu khác tương tự.

Địa điểm: Quốc lộ 61, ấp Hòa Đức, xã Hòa An, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang.

### 5.2 Đặc điểm địa chất

Khu vực xây dựng công trình có đặc điểm chung của chế độ thủy văn vùng đồng bằng sông Cửu Long, mùa lũ thời gian ngập lụt kéo dài đến 2 tháng, vào mùa khô chịu tác động mạnh của bán nhật triều Đông. Chế độ dòng chảy được chia thành 2 mùa rõ rệt: mùa lũ (từ tháng 5 đến tháng 11) và mùa khô (từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau).

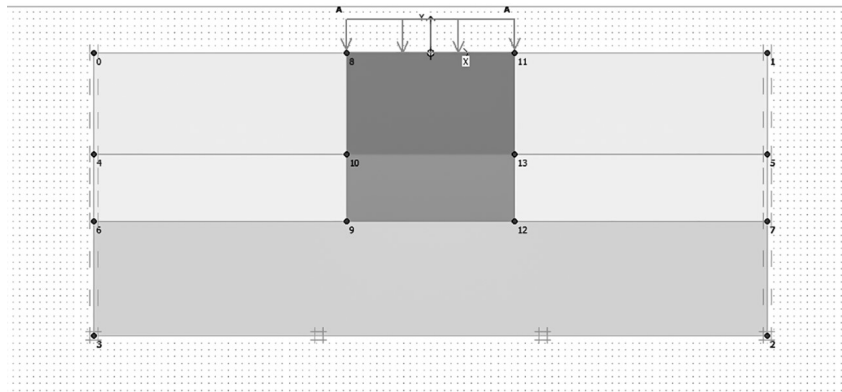
**Bảng 3:** Chỉ tiêu cơ lý của đất nền tự nhiên

Chỉ tiêu cơ lý	Kí hiệu	Đơn vị	Lớp đất tự nhiên		
			CH	CL1	CL2
Độ ẩm tự nhiên	$\omega$	%	84.41	48.09	46.39
Dung trọng bão hòa	$\gamma_{sat}$	kN/m <sup>3</sup>	14.74	17.05	16.96
Dung trọng tự nhiên	$\gamma_{unsat}$	kN/m <sup>3</sup>	14.59	16.65	16.26
Tỉ trọng	$G_s$	-	2.646	2.684	2.687
Tỉ số rỗng	$e_0$	-	2.345	1.389	1.422
Giới hạn dẻo	$W_p$	%	26.35	29.68	29.66
Giới hạn nhão	$W_L$	%	51.44	47.82	48.39
Chỉ số dẻo	$I_p$	%	25.08	18.14	18.74
Độ sệt	$B$	-	2.331	1.016	0.894
Sức chịu nén	$q_u$	kN/m <sup>2</sup>	21.8	26.8	35.3
Modun biến dạng	$E$	kN/m <sup>2</sup>	634.8	726.7	903.7
Lực dính	$c$	kN/m <sup>2</sup>	10.1	11.3	16.4
Góc ma sát	$\varphi$	độ	4.805	10.690	15.41
Hệ số Poisson	$\mu$	-	0.323	0.303	0.297

### 5.3 Kết quả tính toán

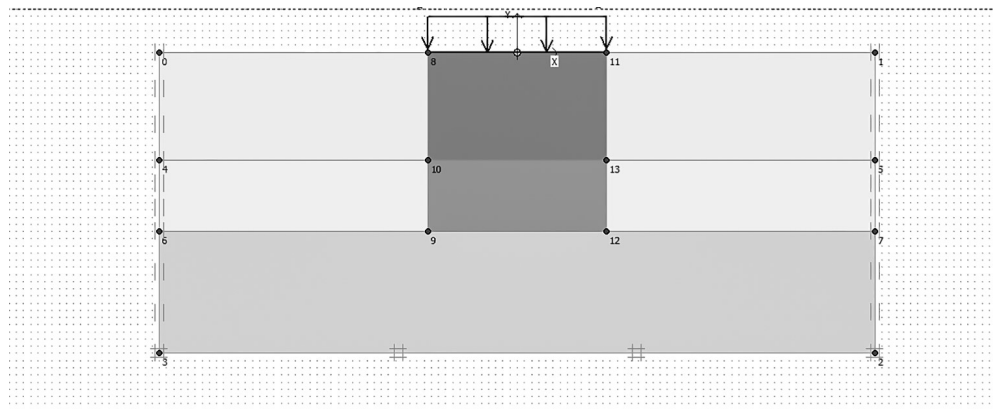
Dựa vào các số liệu đã tính toán ở trên ta tiến hành mô hình hóa nền đất yếu xử lý bằng trụ đất xi măng bằng phần mềm Plaxis. Nền đất được mô phỏng gồm 3 lớp: lớp đất CH dày 15 m; lớp đất CL1 dày 10 m và lớp đất CL2 dày 18 m.

Chiều sâu trụ đất xi măng xử lý là 25 m, tức xử lý đến hết độ sâu của lớp CL1.

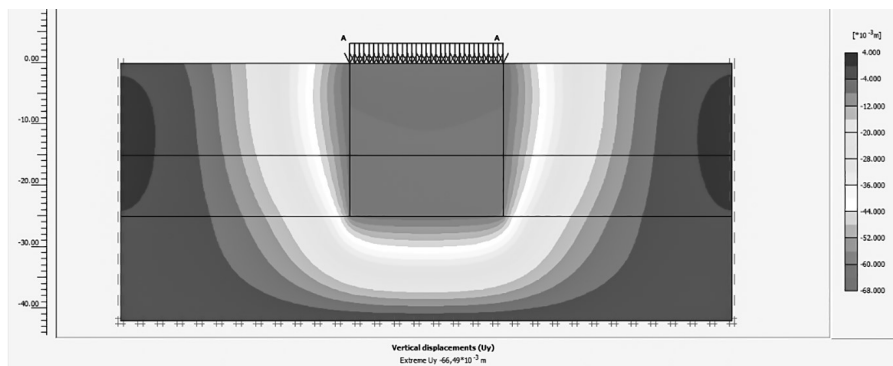


**Hình 6.** Mô hình xử lý nền dưới công trình bằng nền tương đương.

Trong mô hình Plaxis nền xử lý bằng trụ đất xi măng sẽ được thay bằng một nền mới tương đương, có giá trị các thông số sức chống cắt và biến dạng được tính toán xác định dựa trên phương pháp nền tương đương.



**Hình 7.** Mô hình gia tải.



**Hình 8.** Kết quả tính toán.

Như vậy sau khi xử lý, độ lún của nền là 6.6 cm. Đạt giá trị cho phép

## 6. KẾT LUẬN KIẾN NGHỊ

### 6.1 Kết luận

- Giá trị cường độ chịu nén đơn  $q_u$  của mẫu đất trộn xi măng có sự gia tăng lên theo sự gia tăng của hàm lượng xi măng. Tuy nhiên tốc độ gia tăng lại giảm đi khi hàm lượng xi măng tăng lên trên 13%. Giá trị cường độ chịu nén đơn  $q_u$  của mẫu tăng lên 12 lần với mẫu M7-28 từ 21.8 kN/m<sup>2</sup> lên 265.4 kN/m<sup>2</sup> và tăng lên gấp 38 lần với mẫu M16-28 đạt 835.2 kN/m<sup>2</sup>.

- Thông số Modun biến dạng  $E_{50}$  của mẫu đất xi măng cũng có sự thay đổi rất rõ rệt so với mẫu đất tự nhiên. Giá trị thay đổi thấp nhất đối với mẫu M7-28 đạt 37050 kN/m<sup>2</sup> tăng 73 lần. Giá trị thay đổi cao nhất đối với mẫu M16-28 đạt 112865 kN/m<sup>2</sup> tăng 222 lần so với mẫu nguyên dạng. Tốc độ gia tăng của giá trị Modun biến dạng  $E_{50}$  cũng hầu như không thay đổi nhiều khi hàm lượng xi măng vượt qua 13%.

### 6.2 Kiến nghị

- Hàm lượng xi măng phù hợp trong giải pháp trụ đất xi măng khi xử lý nền đất yếu vùng ĐBSCL là vào khoảng 14%. Tương đương khoảng 209kg xi măng trên 1m<sup>3</sup> đất.

- Độ sâu của trụ đất xi măng vào khoảng từ 20m đến 25m tùy thuộc vào giá trị tải trọng và điều kiện địa chất cụ thể.

- Kiến nghị tính toán giải pháp xử lý trụ đất xi măng theo quan điểm nền tương đương.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Quang Hộ, Công trình trên đất yếu, NXB ĐH Quốc gia Tp.HCM, 2009.
- [2] Võ Phán, Phan Lưu Minh Phụng, Cơ học đất, NXB xây dựng Hà Nội, 2010.
- [3] Nguyễn Việt Trung, Vũ Minh Tuấn, Trụ đất xi măng phương pháp gia cố nền đất yếu, Nhà xuất bản Xây dựng, 2014.
- [4] Võ Phán and Ngô Phi Minh, Nghiên cứu trụ đất trộn xi măng kết hợp phụ gia để xử lý đất sét chứa vôi vùng Hồ Nai - tỉnh Đồng Nai, Địa kỹ thuật số 3, Ed., 2008.
- [5] 22TCN 262-2000, “Quy trình khảo sát nền đường ô tô đắp trên đất yếu”.
- [6] TCXDVN 385:2006 “Phương pháp gia cố nền đất yếu bằng trụ đất xi măng”, 2006.
- [7] Võ Văn Đầu, Nghiên cứu sự thay đổi sức chống cắt của đất trộn vôi kết hợp với xi măng khu vực Cần Thơ, Luận văn Thạc sĩ, 2012.
- [8] Hoàng Việt Hùng, Bài giảng Gia cố và Xử lý nền móng, Hà Nội, Ed., 2016.
- [9] Báo cáo địa chất công trình Trung tâm giáo dục Quốc phòng - An ninh, Trung tâm kiểm định & Tư vấn xây dựng LAS - XD 124 Trường ĐH Cần Thơ, tháng 1 năm 2008.
- [10] Bengt B. Broms: Design of lime, lime/cement and cement columns, Proc. of the International Conf. on dry mix methods for deep soil stabilization, Stockholm, Sweden, Oct. 1999.

