

NGHIÊN CỨU ĐỘ LÚN ỔN ĐỊNH CỦA NỀN GIA CỐ CỌC XI MĂNG ĐẤT

A STUDY OF STABLE SETTLEMENT IN SOIL CEMENT PILE REINFORCED FOUNDATION

LÊ BÁ VINH^{1,*}, PHAN HỮU HOÀNG²

¹ Trường Đại học Bách khoa TP.HCM ; ² Trường Đại học SPKT Vĩnh Long

Email*: hoangph@vlute.edu.vn

Nhận bài (Received): 04/3/2022; Phản biện (Reviewed): 29/3/2022; Chấp nhận (Accepted): 17/6/2022

TÓM TẮT:

Trong tính toán cọc xi măng đất thì một trong các yếu tố cần được quan tâm nhất đó chính là độ lún ổn định của nền đất sau khi được gia cố bằng cọc xi măng đất theo các phương pháp tính toán khác nhau

Từ khóa: Cọc xi măng đất, độ lún ổn định trong nền gia cố cọc xi măng

ABSTRACT:

In the calculation of soil cement piles, one of the most important factors is the stable settlement of the ground after being reinforced with soil cement piles according to different calculation methods.

Keywords: Soil cement pile, the stable settlement in soil cement pile reinforced foundation

1. Giới thiệu

Trong tính toán độ lún ổn định trong nền được gia cố bằng cọc xi măng đất, thì yếu tố được quan tâm nhất chính là độ lún ổn định của nền đất sẽ giảm như thế nào sau khi nền đất được gia cố bằng cọc xi măng đất theo các phương pháp tính toán khác nhau thì độ lún ổn định cũng sẽ khác nhau. Từ các kết quả tính toán đó sẽ cho ra phương pháp tính toán độ lún ổn định cho từng nền đất khác nhau.

2. Nội dung nghiên cứu

2.1 Đặc điểm công trình

Chiều rộng nền đường: 50m, Chiều dày kết cấu áo đường 1,07m, Lớp tạo nhám: 3cm, bê tông nhựa hạt mịn: 5cm, bê tông

nhựa hạt trung: 7cm, cấp phối đá dăm loại 1 : 30cm, cấp phối đá dăm loại 2: 30cm, đất nền đầm chặt $k = 0,95 \div 0,98$, chiều cao nền đất đắp: $h = 5m$, dung trọng trung bình của kết cấu áo đường: $\gamma_{ad} = 19,5 \text{ kN/m}^3$, cát đắp: $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 30^\circ$, $c=0$, hoạt tải tương đương: $q_{ht} = 10 \text{ kN/m}^2$, tải trọng do kết cấu áo đường: $q_{ad} = \gamma_{ad} \cdot h = 19,5 \cdot 1,07 = 20,87 (\text{kN/m}^2)$, tải trọng do cát đắp: $q_d = 18,4 = 72 (\text{kN/m}^2)$. Tổng tải tác dụng: $q = q_{ht} + q_{ad} + q_d = 10 + 20,87 + 72 = 102,87 (\text{kN/m}^2)$

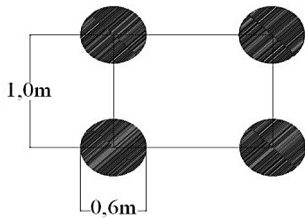
2.2 Nền đất yếu được gia cố bằng cọc xi măng đất

Đoạn đường được xử lý từ KM3+400 đến KM4+200 được sử dụng cột đất xi măng đường kính $D = 0,6m$ chiều dài $L_{col} = 20m$ với hàm lượng xi măng 68 kg/mdài

đề gia cố nền đất yếu, loại xi măng Fico PCB 40.

Các thông số của cọc đất trộn xi măng như sau: Cường độ tính toán: $q_{ucol} = 400(\text{kN}/\text{m}^2)$, cường độ chống cắt của cọc đất trộn xi măng: $C_{ucol} = q_{ucol}/2 = 200\text{kN}/\text{m}^2$, modun biến dạng của cọc đất trộn xi măng: $E_{col} = 100q_u = 40000(\text{kN}/\text{m}^2)$, góc nội ma sát của cọc đất trộn xi măng: $\varphi_{col} = 40^\circ$, dung trọng tự nhiên của cọc đất trộn xi măng: $\gamma_{col} = 18 \text{ kN}/\text{m}^3$, hệ số v của cọc đất trộn xi măng: $v_{col} = 0,2 \text{ kN}/\text{m}^3$.

+ Bố trí cọc xi măng đất như hình sau:



Hình 2.1 Sơ đồ bố trí cọc xi măng đất.

+ Bố trí lưới ô vuông: $x=1\text{m}$; $y=1\text{m}$. X: là khoảng cách giữa các cọc đất xi măng theo phương dọc. Y: là khoảng cách giữa các cọc đất xi măng theo phương ngang. Ta có: Tỷ diện tích thay thế của cọc đất trộn xi măng:

$$a_p = \frac{\pi \cdot d^2}{4 \cdot X \cdot Y} = \frac{\pi \cdot 0,6^2}{4 \cdot 1 \cdot 1} = 0,283$$

Mô đun biến dạng tương đương của khối gia cố được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} E_{td} &= E_{col} \cdot a_p + (1 - a_p) \cdot E_{soil} \\ &= 40000 \cdot 0,283 + (1 - 0,283) \cdot 2000 \\ &= 12754 \text{ kN}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Lực dính tương đương của khối gia cố được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} C_{td} &= C_{col} \cdot a_p + (1 - a_p) \cdot C_{soil} \\ &= 200 \cdot 0,283 + (1 - 0,283) \cdot 8 \\ &= 62,34 \text{ kN}/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Góc ma sát tương đương của khối gia

cố được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} \varphi_{td} &= \varphi_{col} \cdot a_p + (1 - a_p) \cdot \varphi_{soil} \\ &= 40 \cdot 0,283 + (1 - 0,283) \cdot 2,63 \\ &= 13,21 \end{aligned}$$

Trọng lượng riêng tương đương của khối gia cố được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} \gamma_{td} &= \gamma_{col} \cdot a_p + (1 - a_p) \cdot \gamma_{soil} \\ &= 18 \cdot 0,283 + (1 - 0,283) \cdot 15,9 \\ &= 16,49 \text{ kN}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

Hệ số v tương đương của khối gia cố được xác định theo công thức sau:

$$\begin{aligned} v_{td} &= v_{col} \cdot a_p + (1 - a_p) \cdot v_{soil} \\ &= 0,2 \cdot 0,283 + (1 - 0,283) \cdot 0,35 \\ &= 0,31 \text{ kN}/\text{m}^3 \end{aligned}$$

2.3 Theo tiêu chuẩn Việt Nam (TCVN 9403-2012)

Độ lún của công trình bao gồm độ lún của khối gia cố S1 và độ lún của phần dưới khối gia cố S2: Vậy ta có độ lún của khối gia cố cọc đất trộn xi măng là:

$$S1 = \frac{\Delta h x q}{a_p x E_{col} + (1 - a_p) x E_{soil}},$$

đối với lớp 1:

$$S = \frac{1.102,87}{12754} = 0,8 \text{ cm}$$

đối với lớp 2:

$$S = \frac{19.102,87}{12754} = 15,32 \text{ cm}.$$

Vậy độ lún của khối gia cố là:

$$S1 = 16,12 \text{ cm}$$

Độ lún của đất bên dưới khối gia cố là:

$$S_2 = \beta \frac{\Delta p \cdot h_i}{E_{soil}}$$

Trong đó: $\sigma_z = 102,87 \text{ kN}/\text{m}^2$,

$$\beta = 0,8.$$

Bảng 2.1 Bảng kết quả tính lún theo phương pháp lớp tương đương.

Lớp Đất	Z/B	h _i (m)	Z _i (m)	k _z	E (kN/m ²)	$\Delta p = k_z \cdot \sigma_z$	$S = \beta \cdot \frac{\Delta p \cdot h_i}{E} (m)$
3	0,44	2	22	0,89	12000	91,67	0,0130
	0,48	2	24	0,86		88,58	0,0120
	0,52	2	26	0,85		87,55	0,0117
	0,56	2	28	0,83		85,49	0,0114
	0,6	2	30	0,8		82,4	0,011
4	0,64	2	32	0,78	10000	80,34	0,013
	0,68	2	34	0,75		77,25	0,0125
	0,72	2	36	0,71		73,13	0,012
5	0,76	2	38	0,67	22000	69,01	9,2.10 ⁻³
	0,8	2	40	0,65		66,95	9.10 ⁻³
	0,84	2	42	0,63		64,89	8,8.10 ⁻³
	0,88	2	44	0,59		60,77	8,2.10 ⁻³
	0,92	2	46	0,57		58,71	7,9.10 ⁻³
	0,96	2	48	0,56		57,68	7,8.10 ³
Độ lún tổng cộng S ₂							0,164(m)

Vậy độ lún tổng cộng:

$$S = 16,12 + 16,4 = 32,52 \text{ cm.}$$

2.4 Theo tiêu chuẩn Trung Quốc

Độ lún tổng cộng của một công trình đặt trên nền gia cố bằng cọc đất trộn xi măng bao gồm hai thành phần độ lún S_1 của khối gia cố và độ lún S_2 của phần đất không gia cố dưới cột CDM. Độ lún tổng cộng $S = S_1 + S_2$.

Độ lún S_1 của khối gia cố được xác định theo công thức như sau:

$$S_1 = \frac{(P_0 + P_{0z}) \cdot L}{2 \cdot E_{td}}$$

P_0 : áp lực trung bình tại đỉnh cọc,

$$P_0 = 102,87 \text{ KN/m}^2$$

P_{0z} : Áp lực trung bình tại mũi cọc, có xét ảnh hưởng của ứng suất phụ thêm do trọng lượng bản thân của cọc đất trộn xi măng và đất xung quanh:

$$\gamma_{tb} = 8 \times 0,283 + 5,9(1 - 0,283) = 6,49 \text{ KN/m}^3,$$

$$\Rightarrow P_{0z} = P_0 + \gamma_{tb} H = 102,87 + 6,49 \times 20$$

$$= 232,6 \text{ KN/m}^2,$$

L: Chiều dài cọc, $L = 20 \text{ m}$,

E_{td} : Mô đun biến dạng của thân cọc và đất xung quanh, $E_{td} = 12754 \text{ KN/m}^2$

$\Rightarrow$ Độ lún S_1 tính toán như sau

$$S_1 = \frac{(P_0 + P_{0z}) \cdot L}{2 \cdot E_{td}} = \frac{(102,87 + 232,6) \cdot 20}{2 \times 12754} = 20,46 (\text{cm})$$

$\Rightarrow$ Độ lún tổng cộng theo quy trình Trung Quốc là: $S = S_1 + S_2 = 20,46 + 16,4 = 36,86 (\text{cm})$

2.5. Tính toán độ lún ổn định của nền đất theo phương pháp phần tử hữu hạn.

a. Thông số đầu vào

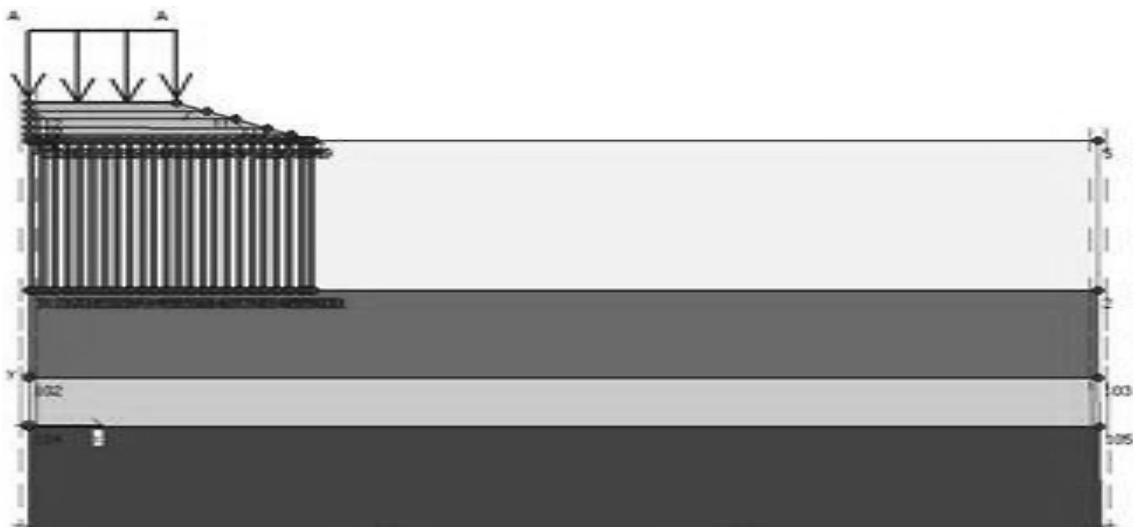
Sử dụng phần mềm Plaxis 2D-V8.5 để

mô phỏng và tính toán độ lún của nền sau khi gia cố bằng cột xi măng - đất. Đoạn này có đặc điểm như sau:

Chiều rộng nền đường đắp: $B_n = 50$ (m), chiều cao nền đắp trung bình là: 5m, độ dốc mái taluy nền đắp: $m_{\text{đắp}} = 2$, dung trọng vật liệu đắp: , hoạt tải HL93: $q_{ht} = 10$ (kN/m²), tải trọng do kết cấu áo đường: $q_{\text{áo đường}} = \gamma_{\text{áo đường}} \cdot h_{\text{áo đường}} = 19,5 \times 1,07 = 20,87$ (kN/m²), cọc xi măng đất có : chiều dài $L = 20$ m, đường kính 0,6 (m), hàm lượng 68kg/md, cự li cọc: đối với nền đường thì $a=1$ (m).

Dùng mô hình đàn hồi dẻo Mohr-Coulomb cho cột CDM. Phương pháp phần tử hữu hạn được tác giả sử dụng tính độ lún có kết là phần mềm Plaxis 2D- V8.5 chuyên tính nền móng cho các công trình xây dựng. Đối với bài toán tính lún theo Plaxis tác giả sẽ kiểm chứng với kết quả giải tích để so sánh sự sai số của hai phương pháp nhằm khẳng định độ tin cậy của phương pháp giải tích. Phần mô phỏng tác giả mô hình hóa cọc đất trộn xi măng thành phần tử đất biến dạng phẳng theo nguyên tắc cân bằng tỷ diện tích thay thế.

Bề rộng qui đổi: $B = a_p \cdot Y = 0,283 \times 1 = 0,283$ m



Hình 2.2 Mô hình tính toán theo phương pháp phần tử hữu hạn

b. Thiết lập mô hình bằng Plaxis 2D-V8.5:

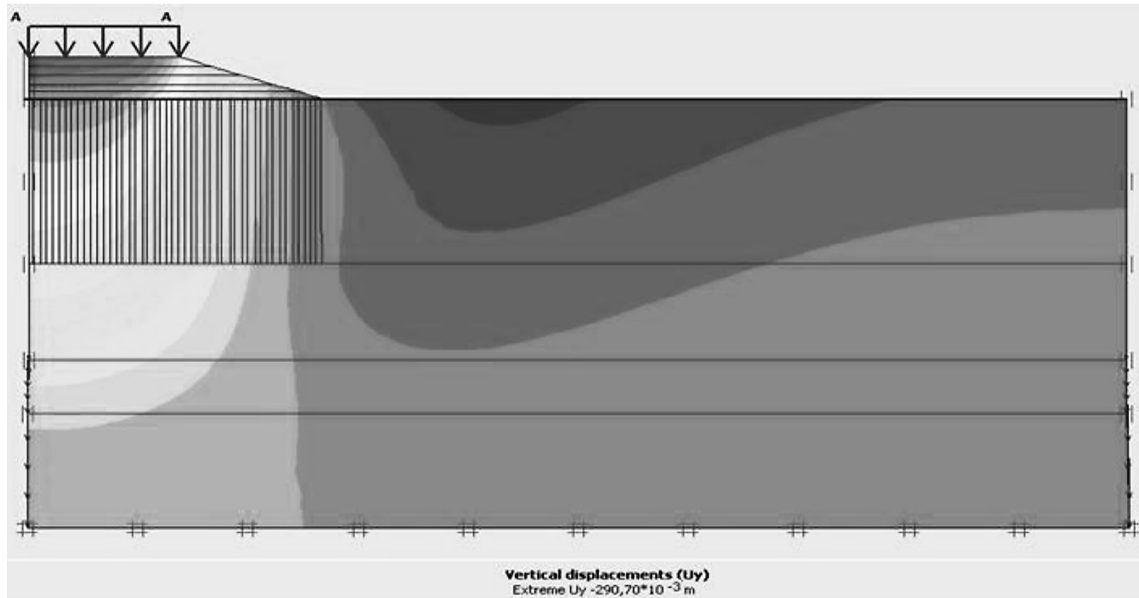
Bước 1: Thiết lập tổng thể bài toán, Bước 2: Hình dạng mô hình, Bước 3: Khai báo vật liệu, Bước 4: Khai báo tải trọng, Bước 5: Chia lưới phần tử, Bước 6: Xác lập mực nước ngầm, tính toán áp lực nước lỗ rỗng, trọng lượng bản thân, Bước 7: Thiết lập các giai đoạn tính toán, Bước 8: Chọn điểm, Bước 9: Tiến hành tính toán, Bước 10: Xem và xuất kết quả.

c. Các giai đoạn thi công nền đường

Giai đoạn 1: Vét bùn lớp đất hữu cơ dày tối thiểu 0,5m, Đắp lớp đệm cát đen tạo mặt bằng thi công cho các máy móc, thiết bị thi công vào công trường, chiều dày đệm cát trung bình 0,5m, **Giai đoạn 2:** Thi công cọc xi măng – đất, Thời gian chờ ninh kết trụ đất: 1 tháng, **Giai đoạn 3:** Đắp nền đường bằng cát đen từng lớp đầm chặt, mái taluy đắp 1/2, Thời gian đắp nền đường dự kiến khoảng 2 tháng, **Giai đoạn 4:** Thi công và hoàn thiện các lớp kết cấu mặt đường. Thời gian khoảng 1 tháng.

d. Kết quả phân tích độ lún nền đường bằng Plaxis 2D-V8.5

Sau khi tiến hành phân tích bài toán bằng Plaxis 2D-V8.5 ta thu được kết quả như sau:

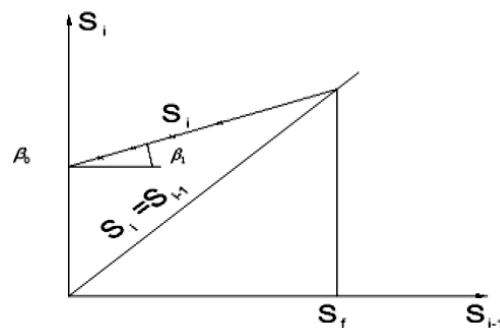


Hình 2.3 Kết quả tính toán theo phương pháp phần tử hữu hạn

Nhận xét: Theo kết quả tính toán thì độ lún của nền đất gia cố khoảng 29,1 cm

2.6 Độ lún ổn định của công trình theo phương pháp Asaoka

Theo phương pháp của Asaoka, độ lún của nền tại các thời điểm khác nhau có quan hệ như sau: $S_i = \beta_0 + \tan \beta_1 S_{i-1}$

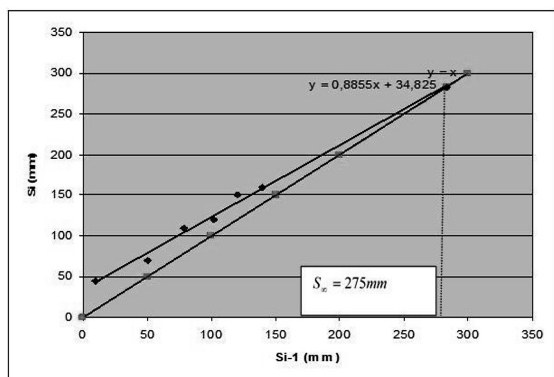


Độ lún của nền tại các thời điểm khác nhau theo phương pháp của Asaoka

Trong đó: S_i, S_{i-1} : độ lún của nền tại thời điểm t_i và t_{i-1} , β_0, β_1 : Tham số, với nền đồng nhất coi như là hằng số, tại thời điểm $t = \infty$: $S_{i-1} = S_i = S_{i+1} = S_\infty$. Ta xác định độ lún ổn định của công trình theo lý thuyết của Asaoka

2.2 Bảng kết quả quan trắc lún

Số ngày	0	43	50	57	64	71	78	85	92	98	105	112	119
Độ lún tại tìm đường (mm)	0	18	35	51	65	79	93	102	111	118	121	124	126



Hình 2.4 Độ lún ổn định của nền theo phương pháp Asaoka

Nhận xét: Kết quả quan trắc lún tại hiện trường theo phương pháp Asaoka thì độ lún của nền công trình khoảng 27,5 cm

Tổng hợp kết quả tính lún của công trình theo các phương pháp khác nhau:

Bảng 2.3 Kết quả tính toán lún ổn định theo các phương pháp khác nhau

PP tính toán	Việt Nam	Trung Quốc	Plaxis 2D	Asaoka
Độ lún (cm)	32,52	36,86	29,1	27,5

3. Kết luận

- Trong 2 phương pháp tính toán độ lún ổn định của nền gia cố bằng cọc xi măng đất của Việt Nam và Trung Quốc thì tính toán theo phương pháp Trung Quốc cho kết quả lớn hơn do có xét đến ảnh hưởng của ứng suất phụ do trọng lượng bản thân cọc xi măng đất

- Kết quả tính lún theo phương pháp Asaoka cho kết quả nhỏ hơn so với kết quả tính toán theo phương pháp giải tích và phương pháp phần tử hữu hạn, nguyên nhân dẫn đến sự sai khác đó có thể giải thích như sau: Các thông số địa chất công trình phục vụ cho thiết kế thường có xu hướng thiên về an toàn. Độ lún ổn định tính toán theo các phương pháp lý thuyết thường được tính toán trong trường hợp tải trọng công trình lớn nhất do đó độ lún của công trình được tính toán trong trường hợp bất lợi nhất. Khi quan trắc độ lún ổn định công trình chỉ được gia tải trong một khoảng thời gian nhất định nên độ lún thường cho giá trị nhỏ hơn các phương pháp giải tích khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Châu Ngọc Ân (2010), *Nền Móng*. Nxb Đại học Quốc Gia Tp.HCM.
- [2]. Châu Ngọc Ân (2012), *Cơ học đất*. Nxb Đại học Quốc Gia Tp.HCM.
- [3]. Trần Quang Hộ (2015), *Công trình trên đất yếu*. Nxb Đại học Quốc Gia Tp.HCM.
- [4]. Nguyễn Minh Tâm (2018), *Ổn định của trụ đất trộn xi măng bên dưới nền đường*. Bài giảng Bộ môn Địa cơ – Nền móng, Khoa Kỹ thuật Xây dựng, Trường ĐHBK Tp.HCM