

Nghiên cứu đề xuất biện pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc xi măng đất

Research and proposal measures to treat weak ground using soil cement column

TS. Nguyễn Trọng Chức^{1,*}, TS. Trần Thị Thu Trang¹, Ks. Vũ Đức Tài²

¹ Viện Kỹ thuật Công trình đặc biệt – Học viện KTQS

² Học viện Hệ Sau đại học – Học viện KTQS

*Email: trongchuc.nguyen@lqdtu.edu.vn

■Nhận bài: 02/05/2024 ■Sửa bài: 12/06/2024 ■Duyệt đăng: 22/06/2024

TÓM TẮT

Giải pháp cọc xi măng đất là một trong những giải pháp hiện nay được ứng dụng phổ biến trên thế giới cũng như ở Việt Nam, là một giải pháp đang có xu thế phát triển, có tính khả thi cao, phù hợp với điều kiện nền đất yếu ở Việt Nam. Hiện nay, các tiêu chuẩn ở nước ta như TCVN 9403:2012 phục vụ cho việc tính toán nền đất yếu bằng cọc xi măng – đất (CXMD) mới chủ yếu tập trung vào vấn đề thi công và vật liệu. Vấn đề nghiên cứu hệ số ổn định nền đắp, độ lún của nền phụ thuộc vào nhiều yếu tố chưa được quan tâm nghiên cứu. Bài báo này, tác giả đi sâu vào phân tích và xác định hệ số ổn định và độ lún của nền đường đất yếu sử dụng cọc xi măng đất. Kết quả chỉ ra rằng, khi sử dụng biện pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc xi măng đất thì hệ số ổn định nhận được là $K_s = 1,558$ và giá trị độ lún cố kết còn lại sau thời gian 2887 ngày đạt 90% độ lún cố kết $\Delta S = 0,33m < 0,4$.

Từ khóa: Cọc xi măng đất; sụt lún; ổn định; nền yếu; gia cố.

ABSTRACT

The soil cement column solution is one of the solutions currently commonly applied in the world as well as in Vietnam and is a solution that is on the rise, highly feasible, and suitable to the conditions. Weak soil in the Vietnam Delta. Currently, standards in our country such as TCVN 9403:2012 serving the calculation of soft soil foundations with cement-soil columns (CXMD) mainly focus on construction and materials issues. Numerous factors that have not received much attention from research are relevant to the study of the foundation's settlement and the embankment's stability coefficient. The author uses soil cement piles to analyze and calculate the stability coefficient and settlement of soft soil roadbeds in this article. The findings demonstrate that, when soft ground is reinforced with soil cement piles, 90% of the degree of consolidation settlement value is reached after 2887 days, and a stability coefficient of $K_s = 1,558$ is obtained. Settlement of consolidation: $\Delta S = 0,33m < 0,4$.

Keywords: Soil cement piles; subsidence; stable; weak background; reinforced.

1. GIỚI THIỆU

Giải pháp cọc xi măng đất là một trong những giải pháp được phổ biến ứng dụng trên toàn cầu cũng như tại Việt Nam ngày nay. Nó được biết đến là một giải pháp có tính khả thi cao, đồng thời thích hợp với điều kiện nền đất yếu ở đồng bằng Việt Nam. Tại nhiều quốc gia trên thế giới và tại Việt Nam, có nhiều tiêu

chuẩn được áp dụng để tính toán cho các loại nền đất yếu [1-3].

Trong những năm gần đây, công nghệ xi măng đất đã được áp dụng khá phổ biến ở Việt Nam. Cách thức áp dụng công nghệ này bao gồm 2 phương pháp trộn khác nhau về đất và chất kết dính. Phương pháp thứ nhất là khi vữa xi măng được trộn với đất thông

qua việc cắt cánh gắn ở đầu cần khoan. Loại thiết bị này, khi đất bị cắt bằng cánh, chất kết dính (dạng bột hoặc dạng vữa) sẽ được bơm ra từ đầu mũi qua ruột cần khoan. Phương pháp này thường được gọi là phương pháp trộn cơ (Mechanic). Còn phương pháp thứ hai, đất sẽ được cắt thông qua các loại tia có áp lực cao. Phương pháp này được biết đến với tên gọi là Jet-Grouting (JG). Tùy thuộc vào công nghệ 1 pha, 2 pha hay 3 pha, việc cắt đất có thể sử dụng tia vữa, hoặc tia vữa kèm theo khí hoặc kèm theo vữa, khí và nước. Trong quá trình rút cần khoan, cọc xi măng đất được tạo ra thông qua việc phun các tia áp lực cao vào đầu mũi khoan để cắt đất và trộn với vữa. Vật liệu xi măng đất này phụ thuộc nhiều vào điều kiện khách quan như loại đất, tốc độ rút cần và áp lực bơm vữa. Dù hai phương pháp tạo CXMD có kỹ thuật khác nhau, nhưng về bản chất, không có sự khác biệt giữa chúng trong việc sản xuất vật liệu xi măng đất. Phương pháp tính toán cho cả hai cũng tương tự nhau. Điều này được thể hiện qua các nghiên cứu đã chỉ ra sự tương đương giữa chúng [4-6].

Việc tính toán nền đất yếu bằng phương pháp cọc xi măng – đất (CXMD) theo các tiêu chuẩn như TCVN 9403:2012 ở nước ta đã được chú trọng và áp dụng rộng rãi trong công tác thi công và sử dụng vật liệu. Tuy nhiên, chưa có sự đề cập đến đặc điểm ứng xử cục bộ của nền, như ứng suất và biến dạng, mà phụ thuộc vào nhiều yếu tố chưa được quan tâm và tìm hiểu kỹ lưỡng [7].

Ứng suất tức thời, biến dạng của nền phụ thuộc vào đường kính cọc, vị trí cọc, chiều dài cọc làm biến đổi độ lún chiều sâu xử lý. Trong quá trình thực nghiệm cho thấy, xử lý nền đường đắp trên đất yếu, các thông số nêu trên tác động rất lớn đến độ ổn định (ổn định lún và ổn định trượt) của nền đường đắp cũng như tác động đến hiệu quả kinh tế của phương án xử lý trên [8-11].

Tuyến đường TTBG Tỉnh An Giang (giai đoạn 2017-2020) với gói thầu 14 đoạn KM7-Km9 phát sinh các vấn đề như sau: Đoạn tuyến từ Km7+274.50 – Km7+497.31, chiều dài 222.81m xảy ra hiện tượng sụt lún nền đường và bị đẩy trôi ra phía bên phải tuyến. Một số đoạn chưa sụt lún thì xuất hiện nhiều khe nứt

đọc theo mái taluy bên phải tuyến. Qua kiểm tra thực tế, đoạn tuyến này đi qua nền đất yếu và có kênh rộng khoảng 5m đi bên phải tuyến, cách chân taluy từ 6-8m. Đoạn tuyến này chưa có giải pháp kỹ thuật xử lý nền đất yếu. Đoạn tuyến từ Km7+700.00– Km7+750.00, chiều dài 50m xuất hiện nhiều khe nứt dọc theo mái taluy bên trái tuyến. Qua kiểm tra thực tế, đoạn tuyến này đi qua nền đất yếu và bên trái tuyến có 1 cái đìa cách chân taluy trái 2-3m. Đoạn tuyến này chưa có giải pháp kỹ thuật xử lý nền đất yếu.

Bài báo này, tác giả đi sâu vào phân tích và xác định hệ số ổn định và độ lún của nền đường đất yếu sử dụng cọc xi măng đất.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Cơ sở lý thuyết

Tính toán sức chịu tải và biến dạng của nền đất yếu được gia cố bằng hệ CĐXM có thể được thực hiện theo các quan điểm khác nhau. Trong những năm gần đây, ở Việt Nam cũng như thế giới đã phát triển một số phương pháp tính toán cọc xi măng – đất như sau: tiêu chuẩn gia cố cọc xi măng – đất Châu Âu, tiêu chuẩn Thượng Hải -Trung Quốc, theo quan điểm cọc xi măng - đất làm việc như cọc, theo quan điểm như nền tương đương, theo quan điểm hỗn hợp của Viện kỹ thuật Châu Á. Tuy nhiên, trong hầu hết các hồ sơ thiết kế hiện nay ở trong nước đều tính toán theo quan điểm nền đất hỗn hợp, kết quả tính toán tương đối sát với thực tế và đã được kiểm chứng qua nhiều công trình thực tế và được đề cập trong TCVN 9403-2012 (TCVN 9403:2012).

2.2. Phương pháp kiểm tra ổn định

2.2.1. Phương pháp kiểm toán ổn định lún

Tổng độ lún (S) của nền được gia cố xác định bởi phương trình (1).

$$S = S_1 + S_2 \quad (1)$$

S_1 là độ lún khối gia cố CXMD:

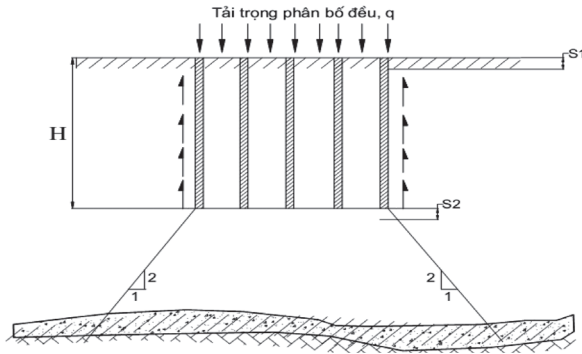
Độ lún của bản thân khối gia cố được trình bày trong công thức (2):

$$S_1 = \frac{qH}{E_{tb}} = \frac{qH}{aE_c + (1-a)E_s} \quad (2)$$

trong đó: q - tải trọng công trình tác dụng khối gia cố; H - chiều sâu khối gia cố; A - tỷ

số diện tích, $a = (nA_c / BL)$; n - tổng số trụ; A_c - diện tích tiết diện trụ; B, L - các kích thước khối gia cố; E_c - mô đun đàn hồi của vật liệu trụ $E_c = (50-100)C_c$; C_c - sức kháng cắt của vật liệu trụ; E_s - Mô đun biến dạng của đất nền giữa các trụ, $E_s = 250C_u$; C_u - sức kháng cắt không thoát nước của đất nền.

Trong đó: Các thông số E_c, C_c, E_s, C_u là những thông số được thí nghiệm ở hiện trường để cho kết quả chính xác hơn.



Hình 1. Mô hình tính lún của nền gia cố dưới tác dụng của tải trọng chưa vượt quá sức chịu tải cho phép của vật liệu trụ

Độ lún theo thời gian của khối gia cố được trình bày bởi phương trình (3):

$$S_f(t) = S_f \cdot U$$

$$U = 1 - \exp \left[\frac{-2 \cdot C_h \cdot t}{R_e^2 \cdot f(n)} \right] \quad (3)$$

$$f(n) = \frac{n^2}{n^2 - 1} \cdot \left[\ln(n) - 0.75 + \frac{1}{n^2} \cdot \left(1 - \frac{1}{n^2} \right) \right]$$

$$+ \left[\frac{n^2 - 1}{n^2} \cdot \frac{1}{d^2} \cdot \frac{k_{dat}}{k_{coc}} \cdot L_c^2 \right] \quad (4)$$

trong đó: R_e - bán kính ảnh hưởng của cọc; D - khoảng cách tâm các CXMĐ; D_c - đường kính vùng ảnh hưởng của các cọc. L_c - chiều dài thoát nước bằng nửa chiều dày lớp xử lý nền nếu có lớp cát thoát nước phía dưới; k_{dat} - hệ số thấm đất nền; k_{coc} - hệ số thấm CXMĐ

Độ lún S_2 của đất chưa gia cố, dưới mũi trụ được tính theo nguyên lý cộng lún từng lớp (TCVN 9362-2012).

Chiều sâu lún cổ kết $S_2(t)$ của nền công trình sau thời gian t được trình bày bởi phương trình (5):

$$S_t = U_v \cdot S_c \quad (5)$$

Trong đó: U_v - độ lún cổ kết của nền đất

sau thời gian t và được xác định bởi phương trình (6):

$$U_v = \frac{2 \cdot \alpha \cdot U_{v0} + U_{v1} \cdot (1 - \alpha)}{1 + \alpha} \quad (6)$$

$$\text{Với } U_{v0} = 1 - \frac{8}{\pi^2} \cdot e^{-\frac{\pi^2 \cdot T_v}{4}}; U_{v1} = 1 - \frac{32}{\pi^3} \cdot e^{-\frac{\pi^2 \cdot T_v}{4}}; \alpha = \frac{\sigma'_z}{\sigma''_z}$$

Trong đó: σ'_z, σ''_z - ứng suất tại mặt thoát nước và mặt không thoát nước; T_v - yếu tố thời gian được xác định bởi phương trình (7), (8):

$$T_v = \frac{C_v^{tb}}{H} \cdot t \quad (7)$$

$$C_v^{tb} = \frac{H_a^2}{\left(\sum \frac{h_i}{\sqrt{C_{vi}}} \right)^2} \quad (8)$$

trong đó: C_v^{tb} - hệ số cổ kết trung bình theo phương thẳng đứng của các lớp đất; h_i , C_{vi} là chiều dày, hệ số cổ kết của lớp đất thứ i phân độ lún cổ kết còn lại sau thời gian t .

$$\Delta S = (1 - U_v) \cdot S_c \quad (9)$$

Yêu cầu về độ lún cho phép theo tiêu chuẩn ngành 22TCN-211-2006:

Dành cho đường cấp IV đồng bằng các đoạn nền đắp thông thường: $\Delta S \leq 40\text{cm}$.

2.2.2. Phương pháp kiểm toán ổn định trượt

Kiểm toán ổn định trượt theo phương pháp của Bishop. Trong quá trình kiểm toán ổn định trượt có xem xét đến việc nâng cường độ của từng lớp đất nền sau mỗi bước đắp nền đường. Công tác kiểm toán ổn định phải thực hiện thông qua các giai đoạn sau:

Khi không có các giải pháp xử lý, kiểm toán ổn định trượt của nền đường đắp được thực hiện;

Kiểm toán ổn định trượt của nền đường đắp trong trường hợp có giải pháp xử lý (có thể phối hợp nhiều giải pháp xử lý) sau mỗi giai đoạn đắp nền, sau khi gia tải;

Kiểm toán ổn định trong trường hợp đã có giải pháp xử lý và đưa công trình vào khai thác;

Hoạt tải dùng trong tính toán ổn định trượt với chính tuyến là $1,4\text{T/m}^2$.

Độ ổn định cho nền đường đắp trên đất

yếu được quy định trong “Quy trình Khảo sát Thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu 22TCN 262-2000”, nội dung cụ thể như sau:

Hệ số an toàn khi thi công nền đắp: $F_{s_1} \geq 1.20$ (theo phương pháp Bishop);

Hệ số an toàn khi khai thác: $F_{s_2} \geq 1,40$ (theo phương pháp Bishop).

Công tác kiểm toán ổn định trượt được lặp lại nhiều lần và thực hiện theo các bước, cũng như phải thỏa mãn điều kiện đã nêu trên.

Hệ số ổn định trượt (F_s) được tính theo công thức Bishop:

$$F_s = \frac{\sum [C_u b + w \cos \alpha \cdot \tan \phi_u]}{\sum w \sin \alpha} \quad (10)$$

trong đó: C_u - Lực dính không thoát nước của đất; ϕ_u - Góc nội ma sát không thoát nước của đất; b - Chiều rộng mảnh phân tố; w - Trọng lượng các mảnh phân tố; α - Góc nghiêng của các mặt đáy các phân tố.

2.2.3. Ứng suất do tải trọng nền đường gây ra

Ứng suất thẳng đứng do tải trọng nền đường gây ra được tính theo công thức (1) của Osterberg [12-14]:

$$\Delta P = I_q \cdot q \quad (11)$$

trong đó: ΔP - Ứng suất thẳng đứng tại độ sâu z (T/m^2); I_q - Hệ số ảnh hưởng; $q = \gamma \cdot h$; Tải trọng nền đường (T/m^2); γ - Dung trọng vật liệu đắp nền đường (T); h - Chiều cao đắp nền đường (m).

2.2.4. Tính toán cường độ kháng cắt

Cải tạo nền đất yếu theo phương pháp nền đất gia cố xi măng trong xây dựng công trình giao thông được tiến hành theo phương pháp nền tương đương. Cường độ kháng cắt và mô đun uốn của nền tương đương được xác định theo các công thức (TCVN 9403:2012) theo công thức sau [7]:

$$C_{utb} = a_s \cdot C_c + (1 - a_p) \cdot C_u, \quad (12)$$

$$E = a_p \times E_p + (1 - a_p) \times E_s \quad (13)$$

trong đó: E_s - mô đun biến dạng của đất nền giữa các trụ; E_p - mô đun biến dạng đàn hồi của trụ đất xi măng; C_c - cường độ kháng cắt của đất xung quanh trụ; C_u - cường độ

kháng cắt của trụ đất xi măng; a_p - trị số tỷ diện tích gia cố (tỷ lệ giữa phần diện tích được xử lý trụ và tổng diện tích ban đầu khi chưa có xử lý cọc đất gia cố xi măng).

1. Chỉ tiêu cơ lý cọc xi măng đất thiết kế:

2. Dung trọng riêng: $\gamma = 2,0 T/m^3$; Cường độ chịu nén thiết kế CMD: $q_{uck} = 700 kN/m^2$; Sức kháng cắt không thoát nước của CMD: $C_u = 350 kN/m^2$.

3. ĐẶC ĐIỂM ĐẤT NỀN VÀ CÁC THÔNG SỐ TÍNH TOÁN

3.1. Đặc điểm địa chất và tính chất cơ lý nền đất

Căn cứ theo các tài liệu thu thập trong quá trình khoan khảo sát ngoài hiện trường, thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn (SPT) và kết quả phân tích thí nghiệm các chỉ tiêu cơ lý của các mẫu đất trong phòng thí nghiệm, trong phạm vi chiều sâu các lỗ khoan khảo sát thì nền đất trong khu vực được phân chia thành 6 lớp phân bố theo thứ tự từ trên xuống dưới như sau [15]:

- Lớp K: Cát san lấp.
- Lớp 2: Bùn sét lẫn hữu cơ màu xám xanh, xám đen, trạng thái chảy.
- Lớp 3: Cát pha màu xám xanh, xám đen, trạng thái rời rạc.
- Lớp 4: Cát pha màu xám xanh, xám đen, trạng thái rời rạc.
- Lớp 5: Cát pha màu xám xanh, xám đen, trạng thái chặt vừa.

Trên cơ sở phân chia địa tầng các lớp như trên cụ thể các khu vực như sau:

- Lớp K: Cát san lấp. Lớp này phân bố liên tục trên khu vực khảo sát. Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và chiều dày lớp biến đổi như sau:

Bảng 1: Phân bố theo chiều sâu của lớp K

Tên hố	Độ sâu gặp mặt lớp (m)	Độ sâu gặp đáy lớp (m)	Bề dày của lớp (m)
LK1	0,0	2,5	2,5

- Lớp 2: Bùn sét lẫn hữu cơ màu xám xanh, xám đen, trạng thái chảy. Lớp này phân bố không liên tục trên khu vực khảo sát. Chiều sâu gặp mặt lớp, đáy lớp và chiều dày lớp biến đổi như sau:

Bảng 2: Phân bố theo chiều sâu của lớp 2

Tên hố	Độ sâu gấp mặt lớp (m)	Độ sâu gấp đáy lớp (m)	Bề dày của lớp (m)
LK1	2,5	23,6	21,2

Trong lớp tiến hành lấy các mẫu đất qua phân tích kết quả thí nghiệm trong phòng được các chỉ tiêu cơ lý của lớp đất này như sau:

Bảng 3: Chỉ tiêu cơ lý lớp đất 2

TT	Chỉ tiêu	Ký hiệu	Đơn vị	Giá trị
1	Thành phần hạt	P	%	
	5 - 2			
	2 - 1			
	1 - 0,5			0,5
	0,5 - 0,25			1,3
	0,25 - 0,1			1,6
	0,1 - 0,05			19,3
	0,05 – 0,01			19,9
	0,01 - 0,005			13,4
	< 0,005			44
2	Khối lượng riêng	Δ	g/cm ³	2,39
3	Độ ẩm tự nhiên	W	%	45,85
4	Khối lượng thể tích tự nhiên	γ_{TN}	g/cm ³	1,63
5	Khối lượng thể tích khô	γ_c	g/cm ³	1,12
6	Giới hạn chảy	W_c	%	41,46
7	Giới hạn dẻo	W_d	%	22,8
8	Chỉ số dẻo	I_d	%	18,7
9	Độ sệt	B	-	1,23
10	Độ bão hoà	G	%	96
11	Độ rỗng	n	%	53,2
12	Hệ số rỗng	e0	-	1,138
13	Góc ma sát trong	φ	độ	1°29
14	Lực dính kết	c	KG/cm ²	0,145
15	Hệ số nén lún	a_{1-2}	cm ² /KG	0,088
16	Thí nghiệm xuyên tiêu chuẩn	SPT	búa	1
17	Mô đun TBD không nở hông	$E_{1,2}$	KG/cm ²	24,3
18	Sức kháng cắt (TN 3 trực)	Cu	KG/cm ²	0,145
19	Góc ma sát trong (TN 3 trực)	φ	độ	1°33'

3.2. Đặc điểm của công trình thiết kế

Thiết kế theo tiêu chuẩn TCVN/QS 147 2:2009 - Đường TTBG - Yêu cầu thiết kế của BQP ban hành và áp dụng theo tiêu

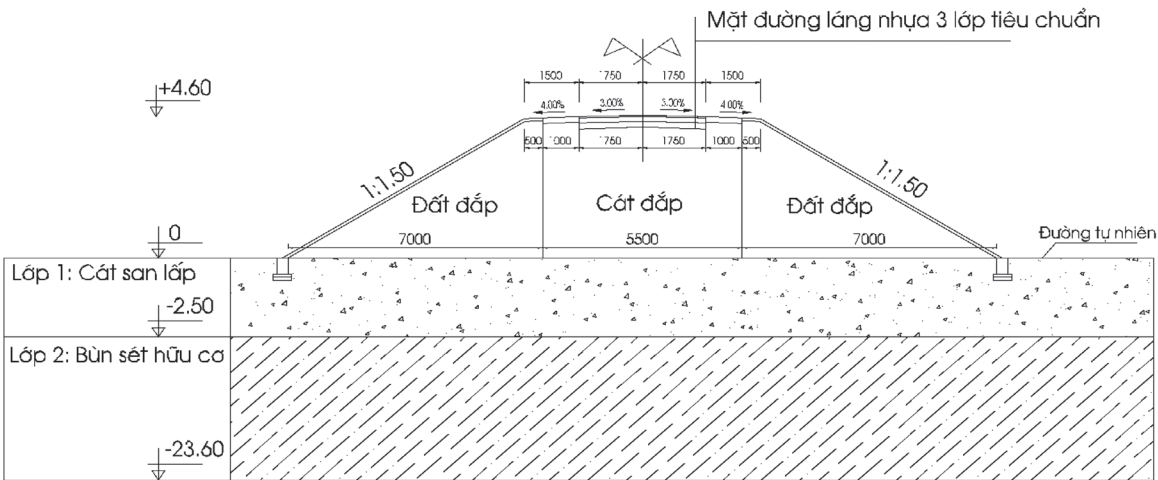
chuẩn kỹ thuật TCVN 4054 - 2005 (áp dụng đối với đường cấp VI đồng bằng). Các chỉ tiêu kỹ thuật chính được sử dụng để thiết kế như sau:

Bảng 4: Chi tiêu kỹ thuật thiết kế

TT	Chỉ tiêu kỹ thuật	Trị số quy định	Ghi chú
1	Vận tốc thiết kế	15 Km/h	
2	Bề rộng nền đường	6,5 m	Chưa kể phần mở rộng mặt đường
3	Bề rộng mặt đường	3,5 m	Chưa kể phần mở rộng mặt đường
4	Bề rộng lề đường	2 x 1,5 m	Gia cố lề 2x1 m
5	Độ dốc dọc lớn nhất	12%	
6	Chiều dài lớn nhất của đoạn dốc dọc tối đa	400m	
7	Bán kính đường cong nằm tối thiểu	$R_{\min} = 15\text{ m}$	
8	Bán kính đường cong đứng lồi nhỏ nhất	$R_{\min} = 100\text{m}$	
9	Bán kính đường cong lõm nhỏ nhất	$R_{\min} = 100\text{m}$	
10	Tầm nhìn 1 chiều nhỏ nhất	20m	
11	Tầm nhìn 2 chiều nhỏ nhất	40m	
12	Tải trọng thiết kế công trình	H13-X60	
13	Tải trọng trực tính toán kết cấu mặt đường	10T	
14	Loại kết cấu mặt đường	Láng nhựa	

3.3. Các thông số tính toán

Căn cứ điều kiện địa chất công trình, qui mô mặt cắt ngang và chiều cao nền đắp để lựa chọn các mặt cắt tính toán đại diện cho từng đoạn nền đường.



Hình 2. Mặt cắt nền đường

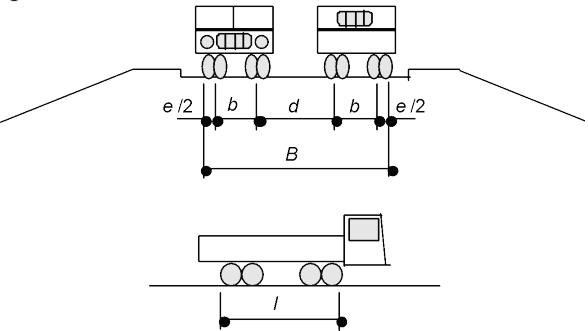
- Hoạt tải. Theo Quy trình 22 TCN 262-2000 hoạt tải được tính theo sơ đồ hình 3.

$$q = \frac{n.G}{B.l}, \quad B = n.b + (n-1)d + e \quad (14)$$

trong đó: n - số xe tối đa có thể xếp được trên phạm vi bề rộng nền đường; G - trọng lượng một xe, T; B - bề rộng phân bố ngang của các xe, m; l - phạm vi phân bố tải trọng xe theo hướng dọc, m.

Với xe có G=13T; l = 4,2m; b = 1,8m; d = 1,3m; e = 0,6m. Phần nền đường thiết kế từ

1-2 làn xe H13 thì B=5,5m. Ta xác định được $q = 1,13\text{T/m}^2$.



Hình 3. Sơ đồ xếp tải

3.4. Vật liệu đắp nền đường

Nền đường đắp bằng đất bọc cát đầm chặt K95. Do đó, căn cứ theo kết quả thí nghiệm mô vật liệu, vật liệu cát đắp có các thông số với khối lượng thể tích khô lớn nhất là $\gamma_{c_Max}=1,658\text{ g/cm}^3$ tương ứng với độ ẩm tối ưu là 16,7%, khi đó giá trị khối lượng thể tích tự nhiên có giá trị $\gamma\sim1,85\text{ g/cm}^3$. Trong giai đoạn triển khai bước thiết kế bản vẽ thi công, căn cứ theo kết quả thí nghiệm mô vật liệu và lựa chọn mô cho từng gói thầu thì cần đánh giá và cập nhật lại nhằm phù hợp với

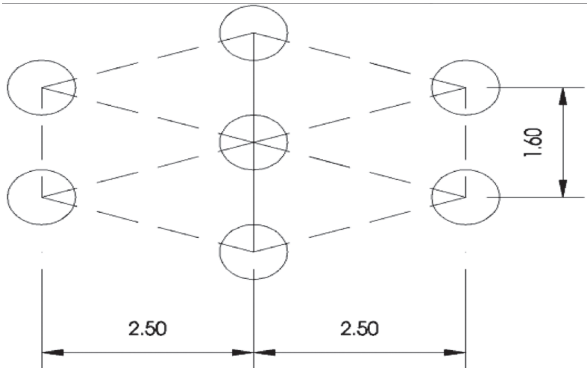
điều kiện thực tế khi thi công. Các thông số tính toán của vật liệu đất đắp bao gồm $\gamma=1,85\text{ t/m}^3$, $\phi=20^\circ$, $C=20$; Cát đắp: $\gamma=1,85\text{ t/m}^3$, $\phi=30^\circ$, $C=0$.

3.5. Tính toán.

Dựa vào điều kiện địa chất công trình dọc tuyến, bề dày, phạm vi phân bố các lớp đất yếu, kết hợp với chiều cao nền đắp để lựa chọn các mặt cắt tính toán. Mặt cắt được chọn có tính đại diện cho vị trí bất lợi nhất. Mặt cắt điển hình trong bảng 5.

Bảng 5. Bảng mặt cắt chọn để tính toán

STT	Tên mặt cắt	Lý trình	Lỗ khoan - TN cắt cánh	Bề dày đất yếu tính từ trên mặt (M)	Ghi chú
1	Cọc 8	Gói 14	LK1+TN UU	23,6	



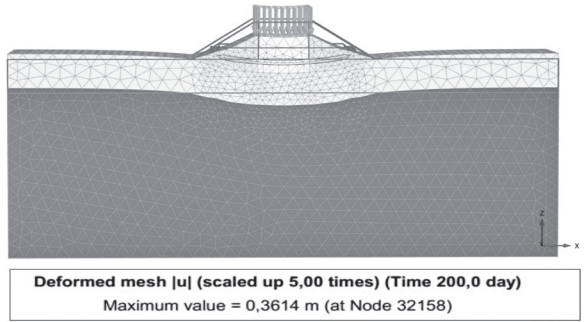
Hình 4. Sơ đồ bố trí cọc

Căn cứ trên số liệu địa tầng, bề dày các lớp đất yếu, kết hợp với chiều cao đắp đã chọn ra mặt cắt đại diện và thực hiện công tác kiểm toán ổn định trượt trên các mặt cắt đại diện. Từ kết quả kiểm toán ổn định trượt, giải pháp thiết kết được đưa gia để gia cố các đoạn Gói 14 như sau: đào đất đến cao độ thiết kế; gia cố cọc xi măng đất đường kính $D=80\text{cm}$, chiều dài theo tính toán; Gia cố 1 lớp vải địa kỹ thuật dệt gia cường (sức chịu kéo $\geq 200\text{ kN/m}$). Kết quả kiểm toán Gói 14 trình bày trong bảng dưới (kèm theo chi tiết bảng tính từ plaxis).

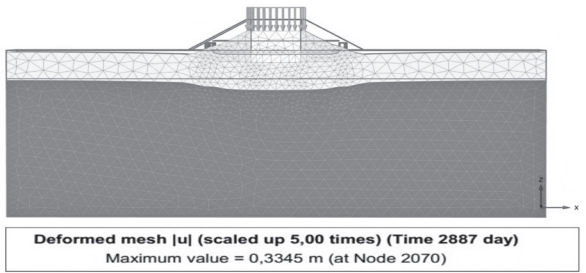
Bảng 6. Kết quả tính

Mặt cắt	Chiều cao đắp (m)	Hố khoan-TN cắt cánh	Hệ số ổn định tính toán chưa gia cố	Biện pháp gia cố	Hệ số ổn định khi gia cố	Nhận xét
Cọc 8	4,6	LK1 + TN nén 3 trục UU	0,74	7 hàng cọc XMĐ dài 8m và 1 lớp vải ĐKT 200kN/m	1,558	Đạt

Kết quả tính phương án gia cố nền bằng cọc xi măng đất và vải địa kỹ thuật được thể hiện trong hình 5, 6, 7:



Hình 5. Độ lún nền đường sau khi thi công



Hình 6. Độ lún nền đường đến khi đạt 90% độ lún cố kết

Multipliers					
Soil weight			ΣM_{Weight}	1,000	
Strength reduction factor	M_{sf}	$2,183E-3$	ΣM_{sf}	1,558	
Time	Increment	0,000	End time	2887	

Hình 7. Hệ số ổn định sau thi công

Dựa vào phương pháp số dựa trên phương pháp tính Bishop cho thấy: khi không sử dụng cọc xi măng đất thì hệ số ổn định nền đất $K_s = 0,74$ nhỏ hơn giá trị 1,2 khi thi công nền đất và 1,4 khi khai thác. Ngược lại, khi sử dụng biện pháp gia cố nền đất yếu bằng cọc xi măng đất thì hệ số ổn định nhận được là $K_s = 1,558$ và giá trị độ lún cố kết còn lại sau thời gian 2887 ngày đạt 90% độ lún cố kết $\Delta S = 0,33m < 0,4$. Kết luận giải pháp sử dụng cọc xi măng đất kết hợp vãi địa kỹ thuật đảm bảo an toàn trong thi công và khai thác.

4. KẾT LUẬN

Dựa vào kết quả thu được, ta có thể đưa ra các nhận xét sau:

Nền đất trên đất yếu là một trong những công trình xây dựng hay gặp trong các công trình xây dựng của nước ta hiện nay, đặc biệt là các tuyến đường quốc lộ. Cho đến nay ở nước ta, việc xây dựng nền đất trên đất yếu còn là một vấn đề tồn tại và là một bài toán khó đối với ngành xây dựng, đặt ra nhiều vấn đề cần được xem xét và giải quyết về tính ổn định và độ sụt cho phép của công trình.

Với phương án không sử dụng cọc xi măng đất thì hệ số ổn định nền đất $K_s = 0,74$ nhỏ hơn giá trị 1,2 khi thi công nền đất và 1,4 khi khai thác. Ngược lại, với phương án sử dụng gia cố nền đất yếu bằng cọc xi măng đất thì hệ số ổn định là $K_s = 1,558$ và giá trị độ lún cố kết còn lại sau thời gian 2887 ngày đạt 90% độ lún cố kết $\Delta S = 0,33m < 0,4$. Kết quả cho thấy, khi áp dụng cọc xi măng đất với dự án đường TTBG Tỉnh An Giang cho hiệu quả bảo vệ và ổn định mặt đường tốt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Thị Ngọc Yến, Trần Trung Việt. “Ảnh hưởng của các thông số hình học cọc xi măng - đất đến ổn định nền đường đắp trên đất yếu”. Khoa học kỹ thuật thủy lợi và môi trường, 2020, 68(3), 10-18.

[2]. Nguyễn Quốc Dũng. “Phương pháp thiết kế cọc xi măng đất để gia cố nền đất yếu qua vùng đất yếu”. Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. 2005, 4(1), 8-50.

[3]. 22TCN 262-2000. Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu. Nhà xuất bản Giao Thông vận tải, 2000.

[4]. Phùng Vĩnh An. “Bàn về phương pháp tính toán gia cố nền bằng cọc xi măng đất”. Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi, 2012, 11, 17-20.

[5]. TCXDVN 385:2006. Gia cố đất yếu bằng trụ đất xi măng. Hà nội, 2006.

[6]. U.S. Okyay, D. Dias. “Use of lime and cement treated soils as pile supported load transfer platform”. Engineering Geology. 2010, Vol.114 (1-2), pp.34-44.

[7]. TCVN 9403:2012. Gia cố nền đất yếu - Phương pháp trụ đất xi măng. Tiêu chuẩn quốc gia, 2012, 42tr.

[8]. Nguyễn Việt Hùng. Nghiên cứu xác định các thông số chính khi sử dụng hệ cọc xi măng – đất trong xây dựng nền đường đắp trên đất yếu ở Việt Nam. Luận án tiến sĩ, 2014.

[9]. Sun Y., Cheng J., Li Y. et al. “Model test of the combined subgrade treatment by hydraulic sand fills and soil-cement mixing piles”. Bull Eng Geol Environ. 2020, Vol. 9. Pp. 2907–2918.

[10]. Nikolay Seregin. “An integrated way to improve the properties of soil-cement pile foundations”. E3S Web of Conferences, 2020, 157, 06006

[11]. Ahmad Safuan A. Rashid, Jonathan A Black, Ahmad Beng Hong Kueh, Norhazilan Md Noor. “Behaviour of weak soils reinforced with soil cement columns formed by the deep mixing method: Rigid and flexible footings”. Measurement. 2015, Vol. 68. Pp. 262-279.

[12]. Nguyễn Viết Đạt. “Nghiên cứu xử lý nền đất yếu đường cầu bằng cọc xi măng đất”. Luận văn thạc sĩ. ĐH Thủy lợi Hà nội, 2023, 68tr.

[13]. Nguyễn Thị Phương Linh. “Nền đường trên đất yếu được gia cố bằng trụ xi măng đất”. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 2024, Số 67, tr. 147-154.

[14]. Lê Bá Vinh, Trần Văn Sơn, Tô Lê Hương. “Phân tích giải pháp cọc vữa xi măng - cát tiết diện nhỏ để xử lý nền đất yếu khu vực Cần Thơ”. Tạp Chí Vật liệu Và Xây dựng - Bộ Xây dựng, 2023, 13(06).Tr. 56-62.

[15]. Báo cáo dự án TTBG tỉnh An Giang. 2022.