

Đánh giá các phương án móng cọc công trình thủy lợi tại Đồng Bằng Sông Cửu Long

Lê Đại Duy¹, Nguyễn Thái An², Lâm Tấn Phát², Cao Tấn Ngọc Thân², Trần Văn Tỷ^{2,*}

¹ Công ty tư vấn xây dựng Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long

² Khoa Kỹ thuật Thủy lợi, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ;

TỪ KHOẢ

Công trình thủy lợi
Móng cọc xiên chéo lớn
Móng cọc xiên hai bên
Móng cọc đứng
Đồng bằng sông Cửu Long

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá các phương án móng cọc công trình thủy tại Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL). Các tài liệu thu thập như địa hình, địa chất, thủy văn và kích thước công trình thuộc bốn tỉnh thuộc ĐBSCL (An Giang, Kiên Giang, Vĩnh Long và Cà Mau) đã được thu thập để tiến hành tính toán và so sánh về mặt kinh tế và kỹ thuật giữa các phương án cọc. Các phương án cọc bao gồm: cọc đứng, cọc xiên hai bên và cọc xiên chéo lớn. Kết quả về tiết diện, số lượng và chiều dài cọc tại các cống cho thấy xu hướng giảm số lượng cọc của phương án cọc xiên chéo lớn nhiều hơn các phương án cọc khác khi chiều dài cọc tăng. Ngoài ra, kết quả so sánh về kinh tế - kỹ thuật cho thấy yếu tố địa chất và tỷ lệ lực ngang/lực đứng (N/P) ảnh hưởng nhiều đến việc lựa chọn phương án cọc tối ưu. Trường hợp nghiên cứu tại bốn cống cho thấy khi N/P nhỏ hơn 0,11 phương án cọc đứng tối ưu về mặt kinh tế; và phương án cọc xiên hai bên tối ưu về mặt kỹ thuật. Tuy nhiên, khi N/P lớn hơn 0,13 thì phương án cọc xiên chéo lớn là tối ưu về mặt kinh tế và kỹ thuật.

KEYWORDS

Hydraulic structures
Large-diagonal-pile foundation
Two-side-inclined pile foundation
Pile foundation
Mekong Delta

ABSTRACT

This study objectives to evaluate the pile foundation options for hydraulic structures in the Mekong Delta. Collected documents such as topography, geology, hydrology and size of hydraulic works in four provinces in the Mekong Delta (An Giang, Kien Giang, Vinh Long and Ca Mau) were collected to conduct calculations and comparisons based on economic and technical aspects among different pile distribution options in foundations. They include "traditional" vertical piles, two-side-inclined piles and large-diagonal piles. The results of the cross-section, amount and length of piles distributed at the sluice-gate foundations show that the decreasing tendency of pile amount of the large-diagonal pile option is more than that of other pile distribution options when increasing the pile length. In addition, based on the results of economic-technical comparison, it shows that the geological properties and the ratio between horizontal and vertical forces (N/P) greatly affect the selection of optimal pile distribution options. The case study at four sluice-gates shows that when the ratio N/P is less than 0,11, the vertical pile option is the economically optimal option; and the two-side-inclined pile option is technically optimal solution. However, when the ratio N/P is greater than 0,13, the option of large-diagonal pile is the optimal solution in terms of both economic and technical aspects.

1. Mở đầu

Đồng bằng sông Cửu Long được hình thành cách đây khoảng 4000-6000 năm trước [1], hầu hết đồng bằng bị ngập nước, sau đó ĐBSCL bắt đầu được bồi đắp dần bởi phù sa từ sông Mê Kông đổ về và các dòng phù sa ven bờ biển phía bắc biển Đông chảy về [2]. Đến cách đây 3000 năm thì ĐBSCL bồi đắp đến Cần Thơ và đến cách đây 1000 năm thì ĐBSCL có hình hài như ngày nay. Với sự hình thành từ trầm tích phù sa của sông và biển thuộc loại trầm tích Holocen (QIV) là loại trầm tích trẻ, nên nhìn chung khắp bề mặt đồng bằng ĐBSCL đều có nền địa chất yếu [3]. Các dạng đất yếu như sau: đất sét dẻo, đất sét dẻo chảy, đất bùn sét hữu cơ, đất bùn á sét, đất bùn á cát và than bùn.

Để giải quyết những khó khăn trên, đã có các dự án điều tiết nguồn nước từ các con sông lớn thông ra biển, các cống lớn ngăn mặn trữ ngọt đang ngày càng được triển khai thi công và đưa vào sử dụng nhiều như: Cống Cái Bé - Cái Lớn, cống Nhà Mát (Kiên Giang), Cống Tha La - Trà Sư (An Giang), cống đập Láng Thè, cống Bôn Bót, cống Tân Dinh (Trà Vinh), Cống Vưng Liêm (Vĩnh Long), cống Bào Châu (Cà Mau)... và còn rất nhiều cống với qui mô nhỏ khác, đã và đang phát huy rất hiệu quả trong nhiệm vụ được đặt ra. Tuy nhiên, các dự án trên vẫn chưa đáp ứng đủ nhu cầu, đòi hỏi cấp bách trong thực tế sản xuất. Trong tương lai, việc triển khai xây dựng mới các công trình thủy lợi, đặc biệt là cống hồ ngăn sông lớn cần được triển khai nhiều và rộng khắp ở ĐBSCL hơn nữa.

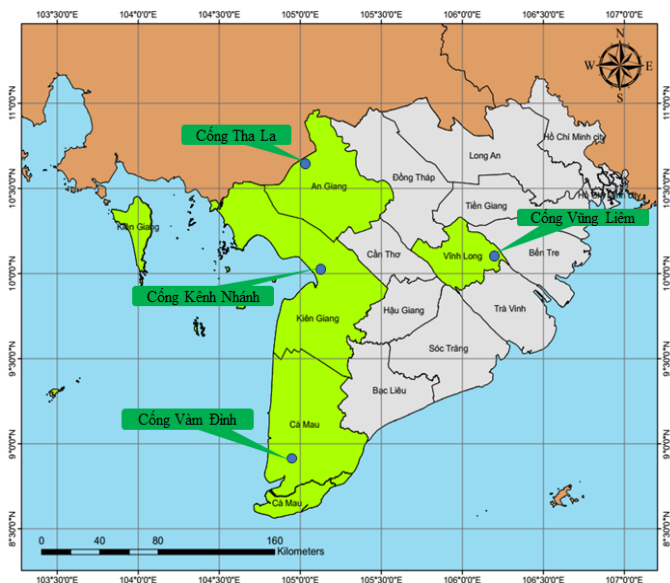
*Liên hệ tác giả: tvty@ctu.edu.vn

Nhận ngày 30/06/2023, sửa xong ngày 31/08/2023, chấp nhận đăng 04/09/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.06.2023.563>

Đặc điểm của các công trình thủy lợi nói chung khác với công trình giao thông, dân dụng là công trình ngoài phải chịu tải trọng đứng còn phải chịu tải trọng ngang thường rất lớn, phụ thuộc nhiều vào cột nước trước và sau công trình [4]. Trong khi đó, thông thường các kết cấu móng cọc truyền thống có khả năng chịu tải trọng đứng lớn hơn rất nhiều so với tải trọng ngang [5]. Đặc biệt, đối với điều kiện địa chất yếu của vùng ĐBSCL thì việc thiết kế các công trình đặc biệt (cống hồ ngăn sông lớn) phải có giải pháp tính toán, bố trí móng đặc biệt khác với cách bố trí móng truyền thống.

Trên cơ sở lý thuyết nền móng công trình kết hợp với Tiêu chuẩn Xây dựng Việt Nam và áp dụng phương pháp phần tử hữu hạn Plaxis 3D. Trong nghiên cứu này sẽ áp dụng phương pháp cọc xiên (chịu tải trọng đứng, tải trọng ngang) mà cụ thể là hệ cọc xiên chéo để xử lý nền cho các công trình cống ngăn sông lớn. Kết quả tính toán từ các công trình cống đại diện cho thấy rằng với cùng một chiều dài, tiết diện, số lượng cọc, xử lý trong cùng điều kiện địa chất. Cách bố trí hệ móng cọc dưới nền ảnh hưởng nhiều đến hệ số an toàn của công trình.



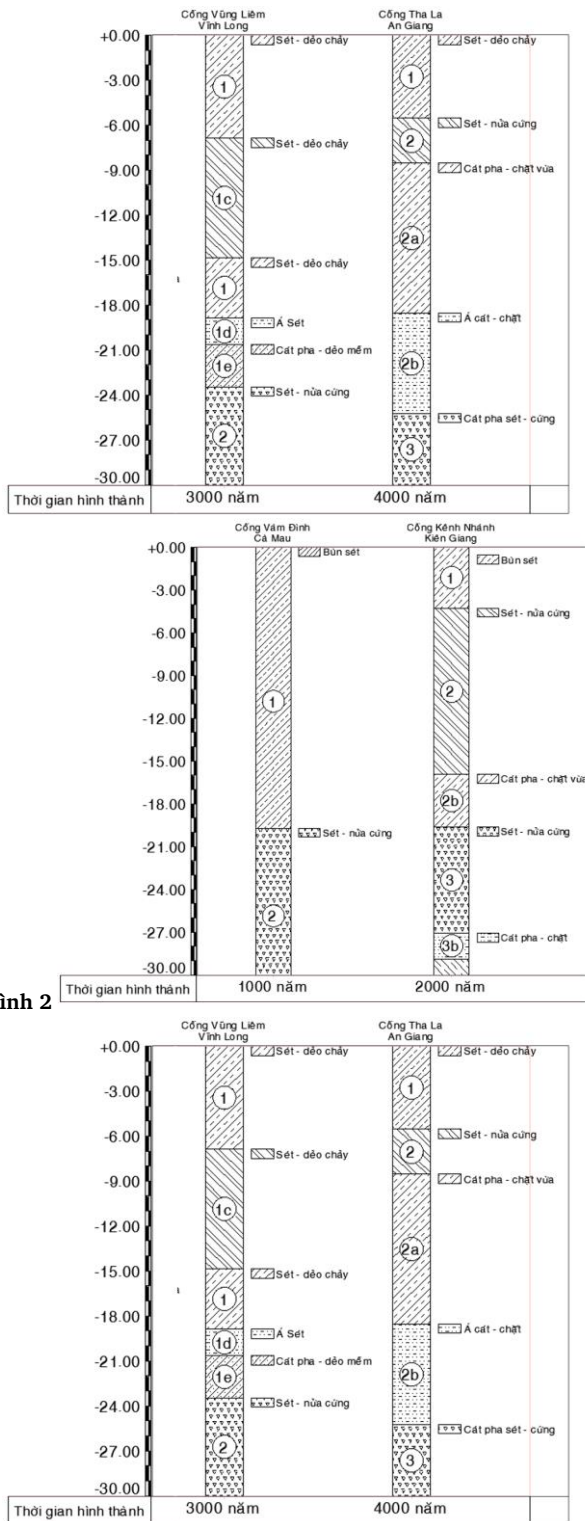
Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thu thập tài liệu

2.1.1. Địa hình địa chất

Số liệu địa chất sử dụng trong nghiên cứu căn cứ vào kết quả khảo sát hiện trường và kết quả thí nghiệm trong phòng, địa tầng tại vị trí xây dựng công trình cống Tha La (An Giang), cống Kênh Nhánh (Kiên Giang), cống Vung Liem (Vinh long) và cống Vàm Đình (Cà Mau). Số liệu địa chất được trình bày tại Hình 2 và Bảng 1.



Hình 2. Địa tầng của các cống nghiên cứu.

Bảng 1. Thống kê tải trọng và kích thước đáy móng tại các cống.

TT	Chỉ tiêu	Kí hiệu	Lớp đất				
			1	2	2a	2b	3
1	Độ ẩm tự nhiên	W (%)	86,0	18,5	19,1	16,3	18,4

2	Dung trọng ướt	γ_w (T/m ³)	1,51	2,06	2,04	2,08	2,08
3	Dung trọng khô	γ_d (T/m ³)	0,81	1,74	1,71	1,79	1,76
4	Tỷ trọng	Δ	2,55	2,65	2,65	2,66	2,69
5	Hệ số rỗng	e	2,141	0,525	0,553	0,487	0,527
6	Lực dính kết	C (kG/cm ²)	0,10	0,34	0,17	0,08	0,6
7	Góc nội ma sát	φ (độ)	6,38	18,22	22,68	29,7	18,65
8	Module biến dạng	E (kG/cm ²)	5,0	74,7	123,3	244,2	47,9
9	Hệ số thấm	K (cm/s)	8,2 x10 ⁻⁵	1,3 x10 ⁻⁵	6,1 x10 ⁻⁴	3,8 x10 ⁻³	6,8 x10 ⁻⁶

2.1.2. Tải trọng

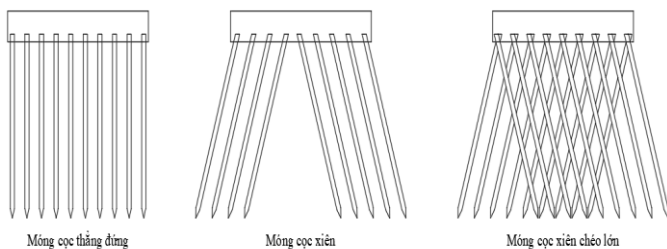
Kích thước móng và tải trọng tác dụng lên đáy móng tại các công nghiên cứu được trình bày trong bảng dưới đây (Bảng 2).

Bảng 2. Thống kê tải trọng và kích thước đáy móng tại các công.

Thông số	Tên công			
	Tha La	Kênh Nhánh	Vùng Liêm	Vàm Đình
Tải trọng ngang (KN)	1.205	4.123	1.320	2.809
Tải trọng đứng (KN)	10.820	36.529	21.196	21.879
Góc α (độ)	6,36	6,44	3,56	7,32
Chiều rộng móng B (m)	7,0	9,2	4,6	6,5
Chiều dài móng L (m)	10,0	26,0	20,0	18,0
Diện tích móng A (m ²)	70,0	239,2	92,0	117,0

2.2. Tính toán các thông số cọc

Nghiên cứu này chỉ lựa chọn các phương án cọc bao gồm cọc đứng truyền thống, cọc xiên 2 bên và cọc xiên chéo lớn (Hình 3).



Hình 3. Một số phương án cọc.

2.2.1. Phương án cọc đứng

a) Sức chịu tải của cọc theo phương đứng

Theo vật liệu:

$$P_{vl} = \varphi \times (R_s \times A_s + R_b \times A_b)$$

Trong đó: A_s, A_b lần lượt là diện tích ngang cốt thép và cọc (m²); R_s, R_b lần lượt là cường độ tính toán của cốt thép và bê tông cọc (m²); φ là hệ số uốn dọc của cọc.

Theo chỉ tiêu cơ lý đất nền:

$$Q_p = m_R \times q_p \times A_p + u \times \sum_{i=1}^n (m_f \times f_{si} \times l_i)$$

Trong đó: m_R, m_f lần lượt là hệ số điều kiện làm việc của đất ở mặt bên cọc và mũi cọc; q_p là cường độ kháng mũi của đất nền tại mũi cọc; A_p là diện tích ngang cọc (m²); u là chu vi tiết diện ngang cọc (m); f_{si} là áp lực ma sát trung bình xung quanh thân cọc của lớp đất thứ i ; l_i là chiều dài ma sát của cọc nằm trong lớp thứ i .

Theo chỉ tiêu cường độ đất nền:

$$Q_a = \frac{Q_s}{FS_s} + \frac{Q_p}{FS_p}$$

Trong đó: Q_s là sức chống cắt cực hạn giữa đất và vật liệu làm cọc ở mặt bên của cọc; Q_p là sức chống đỡ cực hạn của đất dưới mũi cọc; FS_s là hệ số an toàn cho thân cọc, thường được chọn (1,5-2); FS_p là hệ số an toàn cho mũi cọc, thường được chọn (2-3).

b) Sức chịu tải của cọc theo phương ngang

Phương pháp Meyerhof:

Sức chịu tải ngang cực hạn Q_u

- Trong đất rời:

$$Q_u = 0,12 \times \gamma' \times B \times L^2 \times K_{br} \leq 0,4 \times p_L \times B \times L$$

- Trong đất dính:

$$Q_u = 0,4 \times S_u \times B \times L \times K_{cr} \leq 0,4 \times p_L \times B \times L$$

Trong đó: γ' là trọng lượng riêng của đất; S_u là sức kháng cắt không thoát nước; B là cạnh hoặc đường kính cọc; L là chiều dài cọc; K_{br} là hệ số sức chịu tải ngang trong đất dính; K_{cr} là hệ số sức chịu tải ngang trong đất rời; p_L là áp lực tối hạn thu được từ thí nghiệm nén ngang PMT (Pressuremeter Test).

Phương pháp Brom:

Sức chịu tải ngang cho phép Q_m của cọc đơn

$$Q_m = \frac{Q_u}{FS} = \frac{Q_u}{2,5}$$

Trong đó: Q_u : là sức chịu tải ngang cực hạn của cọc; FS : hệ số điều kiện làm việc của cọc trong đất.

b) Số lượng, tiết diện và chiều dài cọc

Số lượng cọc đứng được tính theo:

- Tải trọng đứng:

$$n = \beta \times \frac{\sum P}{Q_u}$$

- Tải trọng ngang:

$$n = \beta \times \frac{\sum H}{Q_m}$$

Trong đó: β : hệ số xét đến ảnh hưởng lực ngang và momen $\beta = (1+1,5)$; $\sum P$: tổng lực đứng tác dụng lên công trình (T); $\sum H$: tổng lực đứng tác dụng lên công trình (T); Q_u : sức chịu tải đứng của cọc (T); Q_m : sức chịu tải ngang của cọc (T).

2.2.2. Phương án cọc xiên hai bên

Số lượng cọc xiên được chọn theo công thức:

$$n_{tl} = n_{hl} = \beta \times \frac{\sqrt{(\sum P)^2 + (\sum H)^2}}{Q_u}$$

Và góc xiên được tính theo công thức:

$$\tan(\alpha) = \frac{\sum H}{\sum P}$$

Trong đó: β là hệ số xét đến ảnh hưởng lực ngang và momen $\beta = (1 \div 1,5)$; α là góc xiên của cọc; $\sum P$ là tổng lực đứng tác dụng lên công trình (T); $\sum H$ là tổng lực đứng tác dụng lên công trình (T); Q_u là sức chịu tải dọc trục của cọc (T).

2.2.3. Phương án cọc xiên chéo lớn

Số lượng cọc xiên chéo lớn được tính toán theo hệ phương trình sau đây

$$[K] \times H_1 = \sum_{i=1}^{n_{x1}} [P_i \times \sin(\alpha) + H_c] + \sum_{j=1}^{n_{x2}} H'_c$$

$$[K] \times H_2 = \sum_{j=1}^{n_{x2}} [P_j \times \sin(\alpha) + H_c] + \sum_{i=1}^{n_{x1}} H'_c$$

$$n = n_{x1} + n_{x2} \geq n_d = \frac{N}{P_e \times \cos(\alpha)} = \frac{H}{P_e \times \sin(\alpha)}$$

Trong đó: H_1, H_2 là tổng lực ngang của tổ hợp ngăn mặn và tổ hợp giữ ngọt; N là tải trọng đứng yêu cầu; n_{x1} là số lượng cọc chịu lực ngang xiên về phía thượng lưu; n_{x2} là số lượng cọc chịu lực ngang xiên về phía hạ lưu; n_d là số lượng cọc chịu tải trọng đứng trong móng; P_e là sức chịu tải tính toán của cọc; $[H_c]$ là sức kháng ngang của cọc; α là góc xiên của cọc; $[K]$: hệ số an toàn theo tải trọng và sức kháng được xác định theo QCVN 04-05:2012/BNNPTNT (Phụ lục B).

2.3. So sánh các phương án cọc

2.3.1. So sánh về kinh tế

Để so sánh về kinh tế, trong nghiên cứu này sử dụng việc tính toán khối lượng bê tông để so sánh về mặt kinh tế cho các phương án cọc đã đề xuất.

2.3.2. So sánh về kỹ thuật

a) Ổn định trượt

Sau khi khai báo các đặc trưng về hình học; địa chất; mực nước sông và tải trọng tác giả tính được hệ số ổn định FS theo phương pháp suy giảm sức kháng cắt, đây là phương pháp được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu như của [6-8] với:

$$FS = \sum M_{sf} = \frac{\tan \varphi}{\tan \varphi_r} = \frac{c}{c_r}$$

Trong đó:

c là lực dính ở trạng thái bình thường; φ là góc nội ma sát ở trạng thái bình thường; c_r là lực dính suy giảm vừa đủ lớn để duy trì trạng

thái cân bằng; φ_r là góc nội ma sát suy giảm vừa đủ lớn để duy trì trạng thái cân bằng.

Trong phương pháp suy giảm sức kháng cắt: Nếu $FS > 1$ thì công trình ở trạng thái ổn định; $FS = 1$ công trình đến giới hạn mất ổn định; $FS < 1$ công trình ở trạng thái mất ổn định.

Theo Quy chuẩn Quốc gia (QCG) 04-05:2012 của Bộ NN&PTNT, (2012) về các quy định chủ yếu về thiết kế công trình thủy lợi, trong đó có Mục 7 quy định về hệ số an toàn của công trình cấp III, IV. Các mái bờ sông, rạch ở KVNC có chiều cao mái dốc trung bình trong khoảng dưới 15 m tương ứng phân cấp III và IV theo Bảng 1 phân cấp công trình thủy lợi (Phụ lục 2). Hệ số an toàn về độ ổn định (K) theo Quy chuẩn quy định là: $K \geq 1,15$: Công trình ổn định; $K < 1,15$: Công trình mất ổn định.

b) Ổn định lún

Theo phương vị của một phần tử u nhận được từ các giá pháp phần tử hữu hạn, một vật thể liên tục có thể được rời rạc thành các phần tử nhỏ hơn. Mỗi phần tử bao gồm một số nút, mỗi nút có số bậc tự do xác định, thông qua số bậc tự do của nút, xác định được điều kiện biên và có thể giải bài toán. Theo lý thuyết về biến dạng, số bậc tự do tương ứng với các thành phần chuyển vị. Trường chuyển vị riêng biệt trong vectơ v sử dụng hàm nội suy thể hiện trong ma trận N, khi đó độ lún S là:

$$S = \underline{u} = \underline{Nv}$$

Trong phần này mô tả các hàm nội suy của phần tử hữu hạn sử dụng trong Plaxis 3D Foundation. Mỗi phần tử bao gồm một số các nút. Mỗi nút có một bậc tự do xác định tương ứng với các giá trị biên chưa biết của bài toán. Trong lý thuyết chuyển vị, số bậc tự do tương ứng với các thành phần chuyển vị. Tại hệ tọa độ địa phương ξ của 1 điểm (thường là ứng suất điểm hoặc tích phân điểm) đã biết, có thể viết ra được các thành phần chuyển vị u:

$$u(\xi) = \sum_{i=1}^n N_i(\xi) v_i$$

Trong đó:

v_i : là trị số tại nút;

$N_i(\xi)$: là giá trị hàm hình dáng của nút i tại vị trí ξ ;

$u(\xi)$: là giá trị kết quả tại vị trí ξ ;

n: là số nút của mỗi phần tử.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Tiết diện, số lượng và chiều dài cọc

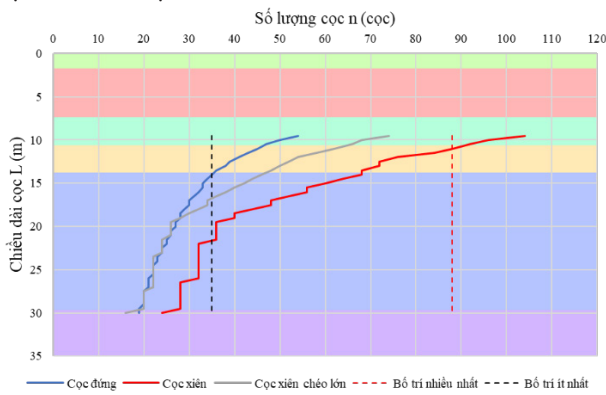
Kết quả tính toán số lượng và chiều dài cọc theo từng loại tiết diện được thể hiện trong phụ lục I cho thấy khi tiết diện ngang của cọc tỷ lệ nghịch với số lượng cọc khi cùng một chiều dài và tương tự, chiều dài cọc tỷ lệ nghịch đối với số lượng cọc khi cùng tiết diện.

Dựa theo biểu đồ tính toán số lượng cọc và chiều dài cọc với tiết diện cọc là 30 x 30 cm (Hình 4 đến Hình 7), cho thấy với tỷ lệ tải trọng ngang trên tải trọng đứng khoảng 0,06 đến 0,11 đều có số lượng cọc

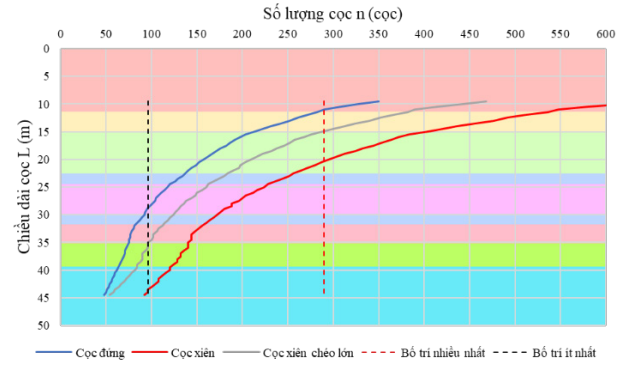
đứng là ít nhất so với phương án cọc xiên 2 bên và cọc xiên chéo lớn tại các cống Tha La, Kênh Nhánh và Vũng Liêm. Tuy nhiên, với tỷ lệ tải trọng ngang trên tải trọng đứng khoảng 0,13 tại cống Vàm Đĩnh, cho thấy số lượng cọc xiên chéo lớn và số lượng cọc đứng gần bằng nhau. Ngoài ra, dựa vào biểu đồ cho thấy, khi chiều dài cọc càng tăng sẽ làm giảm số cọc xiên chéo lớn nhiều hơn so với phương án cọc đứng và cọc xiên 2 bên.

3.2. Lựa chọn phương án cọc

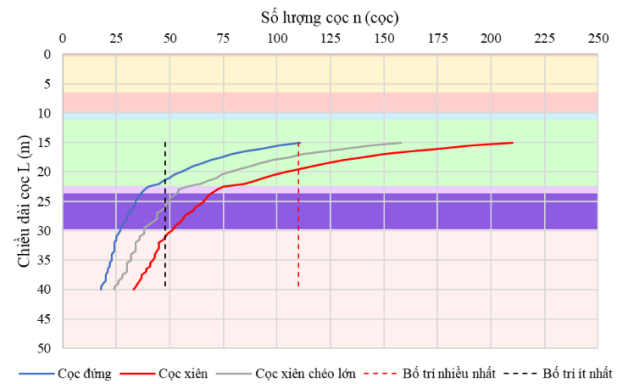
Việc lựa chọn phương án cọc trong nghiên cứu này nhằm đánh giá mức độ đất yếu tại các cống. Tuy nhiên, việc lựa chọn phương án cọc phải phụ thuộc rất nhiều vào khoảng cách cọc là $3d \div 6d$ (Bảng 3) và độ mảnh λ của cọc ($\lambda \leq 120$).



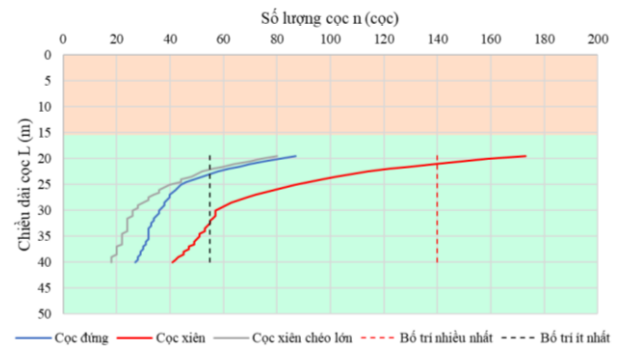
Hình 4. Số lượng và chiều dài cọc 30x30 cm tại cống Tha La.



Hình 5. Số lượng và chiều dài cọc 30x30 cm tại cống Kênh Nhánh.



Hình 6. Số lượng và chiều dài cọc 30x30 cm tại cống Vũng Liêm.



Hình 7. Số lượng và chiều dài cọc 30x30 cm tại cống Vàm Đĩnh.

Bảng 3. Thống kê số lượng cọc có thể bố trí trong đáy móng của 4 cống.

Cống	Chiều rộng B (m)	Chiều dài L (m)	Số lượng cọc bố trí trên đáy móng							
			Cọc 30x30cm		Cọc 35x35cm		Cọc 40x40cm		Cọc 45x45cm	
			Nhiều nhất	Ít nhất	Nhiều nhất	Ít nhất	Nhiều nhất	Ít nhất	Nhiều nhất	Ít nhất
Tha La	7,0	10,0	88	35	63	24	48	20	35	20
Kênh Nhánh	9,2	26,0	290	96	225	84	176	60	133	55
Vũng Liêm	4,6	20,0	110	48	76	33	68	27	45	27

Cống	Chiều rộng B (m)	Chiều dài L (m)	Số lượng cọc bố trí trên đáy móng							
			Cọc 30x30cm		Cọc 35x35cm		Cọc 40x40cm		Cọc 45x45cm	
			Nhiều nhất	Ít nhất	Nhiều nhất	Ít nhất	Nhiều nhất	Ít nhất	Nhiều nhất	Ít nhất
Vàm Đĩnh	6,5	18,0	140	55	102	40	75	36	65	32

Căn cứ vào biểu đồ tương quan giữa chiều dài cọc và số lượng cọc của 3 loại cọc tại 4 cống với 3 loại tiết diện khác nhau, tác giả lựa chọn các mức chiều dài cọc cùng với số lượng cọc tương ứng để đưa vào tính toán hệ số an toàn bằng Plaxis và dùng để đánh giá hiệu quả

về kinh tế kỹ thuật được trình bày trong các Bảng 4 đến

Bảng 6.

Theo Bảng 4, tại trụ T1 cống Tha La, có 3 trường hợp cọc tiết diện 30x30 (cm) với từng chiều dài là 10 m; 12 m; 15 m tương ứng với mũi cọc nằm trong các lớp đất là lớp 2; lớp 2a và lớp 2b. Tương tự, tại trụ T1 cống Kênh Nhánh, có 3 trường hợp cọc tiết diện 30x30 cm với từng chiều dài là 22 m; 23,5 m và 26 m tương ứng với mũi cọc nằm trong các lớp đất là lớp 3; lớp 3b và lớp 3a. Tại trụ T1 cống Vũng Liêm, trường hợp lựa chọn nằm ở chiều dài cọc là 20 m và 23,5 m tương ứng với mũi cọc cắm vào lớp 2 và lớp 2a; tại trụ T1 cống Vàm Đĩnh, trường hợp lựa chọn với chiều dài là 21 m và mũi cọc cắm vào lớp 2.

Bảng 4. Thống kê các trường hợp tính toán ở tiết diện cọc 30x30 cm.

Cống	Chiều dài L (m)	Số lượng cọc		
		Cọc đứng	Cọc xiên 2 bên	Cọc xiên chéo lớn
Tha La	10	50	-	66
	12	40	76	54
	15	-	60	42
Kênh Nhánh	22	140	264	190
	23,5	129	244	176
	26	111	210	150
Vũng Liêm	20	55	104	80
	23,5	-	70	56
Vàm Đĩnh	21	70	140	64

Bảng 5. Thống kê các trường hợp tính toán ở tiết diện cọc 35x35 cm.

Cống	Chiều dài L (m)	Số lượng cọc		
		Cọc đứng	Cọc xiên 2 bên	Cọc xiên chéo lớn
Tha La	11	40	-	54
	13	32	60	42
	15	28	50	36
Kênh Nhánh	20	134	-	180
	23,5	111	210	150
	26	95	180	130
Vũng Liêm	20	47	-	68
	22,5	34	64	48
	25	-	56	42
Vàm Đĩnh	20	69	-	64
	23,5	44	88	40

Theo

Bảng 5, tại trụ T1 cống Tha La, có 3 trường hợp cọc tiết diện 35x35 cm với từng chiều dài là 11 m; 13 m; 15 m tương ứng với mũi cọc nằm trong các lớp đất là lớp 2; lớp 2a và lớp 2b. Tương tự, tại trụ

T1 cống Kênh Nhánh, có 3 trường hợp cọc tiết diện 30x30 cm với từng chiều dài là 22 m; 23,5 m và 26 m tương ứng với mũi cọc nằm trong các lớp đất là lớp 3; lớp 3b và lớp 3a. Tại trụ T1 cống Vũng Liêm, trường hợp lựa chọn nằm ở chiều dài cọc là 20 m; 22,5 m và 25 m với mũi cọc cắm vào lớp 2; lớp 2a và lớp 3. Tại trụ T1 cống Vàm Đĩnh, trường hợp lựa chọn với chiều dài là 20 m và 23,5 m và mũi cọc cắm vào lớp 2.

Bảng 6. Thống kê các trường hợp tính toán ở tiết diện cọc 40x40 cm.

Cống	Chiều dài L (m)	Số lượng cọc		
		Cọc đứng	Cọc xiên 2 bên	Cọc xiên chéo lớn
Tha La	12	32	-	42
	15	24	44	32
	18	-	32	24
Kênh Nhánh	13	125	-	168
	18	87	164	118
	23	67	126	90
Vũng Liêm	20	41	-	56
	24	27	52	40
	28	-	42	32
Vàm Đĩnh	20	59	-	56
	23,5	38	72	36

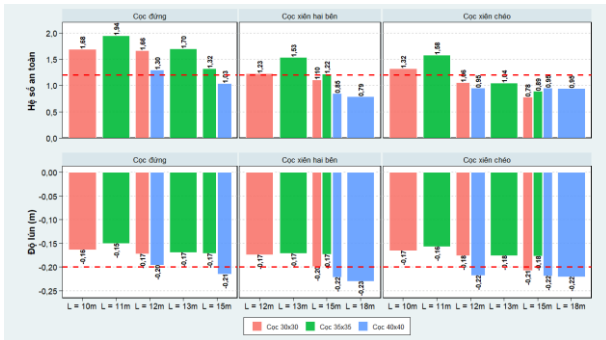
Theo

Bảng 6, tại trụ T1 cống Tha La, có 3 trường hợp cọc tiết diện 40x40 cm với từng chiều dài là 12 m; 15 m; 18 m tương ứng với mũi cọc nằm trong các lớp đất là lớp 2; lớp 2a và lớp 2b. Tương tự, tại trụ T1 cống Kênh Nhánh, có 3 trường hợp cọc tiết diện 30x30 cm với từng chiều dài là 13 m; 18 m và 23 m tương ứng với mũi cọc nằm trong các lớp đất là lớp 3; lớp 3b và lớp 3a. Tại trụ T1 cống Vũng Liêm, trường hợp lựa chọn nằm ở chiều dài cọc là 20 m; 24 m và 28 m với mũi cọc cắm vào lớp 2; lớp 2a và lớp 3. Tại trụ T1 cống Vàm Đĩnh, trường hợp lựa chọn với chiều dài là 20 m và 23,5 m và mũi cọc cắm vào lớp 2.

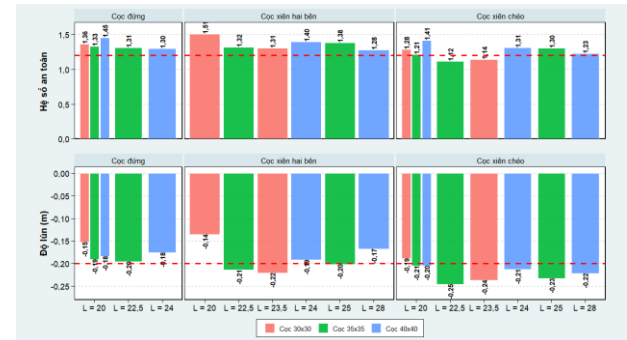
3.3. So sánh hiệu quả kỹ thuật – kinh tế

3.3.1. Về mặt kỹ thuật

Dựa vào kết quả tính toán ổn định trượt và lún tại cống Tha La (Hình 8) cho thấy hệ số ổn định trượt M_{sf} tại các trường hợp cọc đứng lớn hơn so với các trường hợp cọc xiên 2 bên và cọc xiên chéo. Ngược lại, độ lún $|S|$ tại các trường hợp cọc đứng nhỏ hơn so với các trường hợp cọc xiên 2 bên và cọc xiên chéo. Ngoài ra, hệ số ổn định lớn nhất khoảng $M_{sf} = 1,94$ và độ lún nhỏ nhất khoảng $|S| = 0,15$ m tại trường hợp cọc đứng tiết diện 35x35 cm với chiều dài $L = 11$ m và số lượng cọc là 40 cọc tương ứng với hiện trạng thiết kế, từ đó có thể thấy rằng việc lựa chọn thiết kế tại cống Tha La có xu hướng thiên về mặt kỹ thuật.



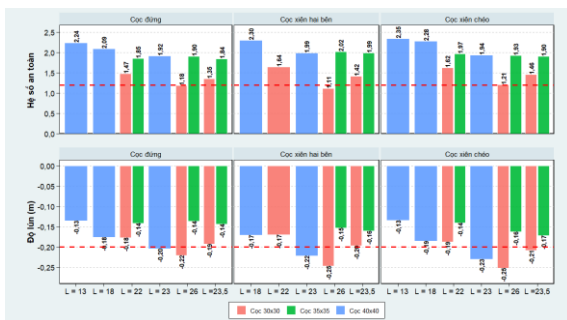
Hình 8. Hệ số ổn định trượt M_{sf} và độ lún tại cống Tha La.



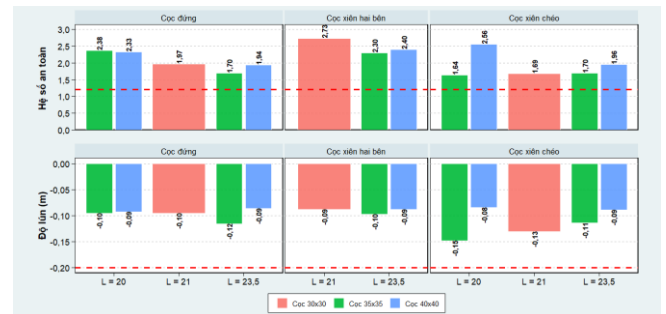
Hình 10. Hệ số ổn định trượt M_{sf} và độ lún tại cống Vũng Liêm.

Dựa vào kết quả tính toán ổn định trượt và lún tại cống Kênh Nhánh (Hình 9) cho thấy hệ số ổn định trượt M_{sf} của các phương án cọc xiên 2 bên và phương án cọc xiên chéo lớn là lớn hơn so với phương án cọc đứng khi cùng tiết diện và chiều dài. Tuy nhiên, độ lún $|S|$ của các phương án cọc xiên 2 bên và phương án cọc xiên chéo lớn lại lớn hơn so với các phương án cọc đứng. Ngoài ra, hệ số ổn định lớn nhất khoảng $M_{sf} = 2,35$ và độ lún nhỏ nhất khoảng $|S| = 0,13$ m cho trường hợp cọc xiên chéo lớn tiết diện 40x40 cm với chiều dài là $L = 13$ m và số lượng cọc là 168 cọc.

Dựa vào kết quả tính toán ổn định trượt và lún tại cống Vàm Đình (Hình 11) cho thấy hệ số ổn định trượt M_{sf} tại các trường hợp cọc xiên 2 bên lớn hơn so với các trường hợp cọc đứng và cọc xiên chéo lớn khi cùng tiết diện và độ dài. Ngược lại, độ lún $|S|$ tại các trường hợp cọc xiên 2 bên nhỏ hơn so với các trường hợp cọc đứng và cọc xiên chéo. Ngoài ra, hệ số ổn định lớn nhất khoảng $M_{sf} = 2,73$ và độ lún nhỏ nhất khoảng $|S| = 0,09$ m tại trường hợp cọc đứng tiết diện 30x30 cm với chiều dài $L = 21$ m và số lượng cọc là 140 cọc.



Hình 9. Hệ số ổn định trượt M_{sf} và độ lún (m) tại cống Kênh Nhánh.



Hình 11. Hệ số ổn định trượt M_{sf} và độ lún S tại cống Vàm Đình.

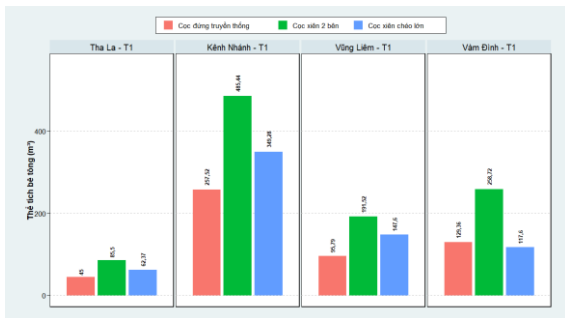
Dựa vào kết quả tính toán ổn định trượt và lún tại cống Vũng Liêm (Hình 10) cho thấy hệ số ổn định trượt M_{sf} tại các trường hợp cọc xiên 2 bên lớn hơn so với các trường hợp cọc đứng và cọc xiên chéo, trong đó phương án cọc xiên chéo lớn là có hệ số ổn định trượt M_{sf} nhỏ nhất khi cùng tiết diện và chiều dài. Ngược lại, độ lún $|S|$ tại các trường hợp xiên chéo lớn so với các trường hợp cọc xiên 2 bên và đứng. Ngoài ra, hệ số ổn định lớn nhất khoảng $M_{sf} = 1,51$ và độ lún nhỏ nhất khoảng $|S| = 0,14$ (m) tại trường hợp cọc đứng tiết diện 30x30 cm với chiều dài $L = 20$ m và số lượng cọc là 104 cọc.

Mặt khác, theo kết quả biểu đồ hệ số ổn định trượt M_{sf} và độ lún S (m) tại 4 cống (Hình 8 đến Hình 11) cho thấy khi hệ số an toàn càng lớn thì độ lún $|S|$ càng nhỏ. Từ đó, có thể xác định mối quan hệ tỷ lệ nghịch giữa hệ số ổn định trượt M_{sf} và độ lún $|S|$.

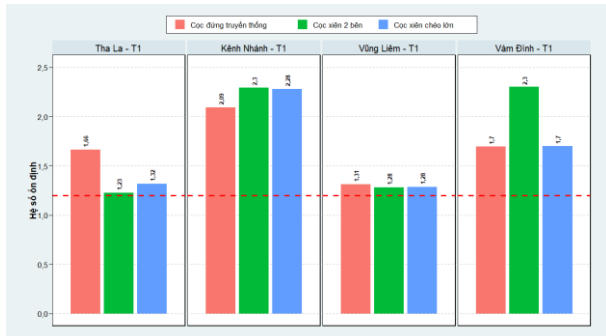
3.3.2. Về mặt kinh tế

Kết quả tính toán thể tích bê tông cho thấy ở phương án cọc xiên 2 bên đều có thể tích bê tông lớn nhất và lớn hơn nhiều so với phương án cọc xiên chéo vào cọc đứng truyền thống.

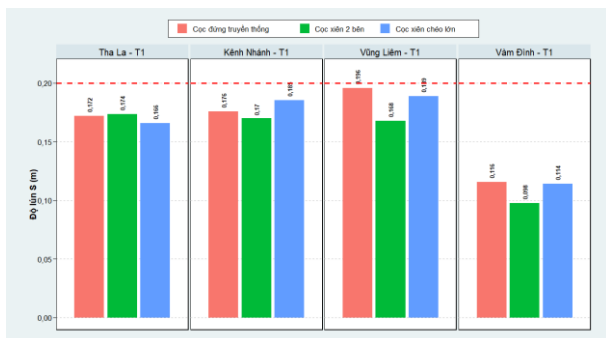
Sự lựa chọn phương án cọc tối ưu về mặt kinh tế trong nghiên cứu này là phương án cọc vừa ổn định về trượt ($M_{sf} \geq 1,2$) và lún ($|S| \leq 0,2$ m); và phương án cọc phải có thể tích bê tông nhỏ nhất. Từ nhận định này và kết hợp với kết quả tính toán thể tích bê tông, tác giả đã đưa ra các trường hợp tối ưu đối với 3 loại phương án cọc (phương án cọc đứng truyền thống, phương án cọc xiên 2 bên và phương án cọc xiên chéo lớn) và được trình bày trong Hình 12 đến Hình 14.



Hình 12. Thể tích bê tông cho các phương án cọc tối ưu tại 4 cống.



Hình 13. Hệ số ổn định M_{sf} cho các phương án cọc tối ưu tại 4 cống.



Hình 14. Độ lún cho các phương án cọc tối ưu tại 4 cống.

Ngoài ra, kết quả tính toán thể tích bê tông kết hợp với kết quả kiểm tra ổn định trượt và lún của các trường hợp cho thấy thể tích bê tông trong các phương án cọc tối ưu tại cống Tha La, cống Kênh Nhánh và cống Vũng Liêm có phương án cọc đứng truyền thống là có thể tích bê tông nhỏ nhất, tiết kiệm nhất; ngoại trừ cống Vàm Đĩnh thì phương án cọc xiên chéo lớn là có thể tích bê tông nhỏ nhất và tiết kiệm nhất.

4. Kết luận

Theo kết quả so sánh về kinh tế và kỹ thuật giữa các phương án cọc ở các cống cho thấy khi tỷ lệ lực ngang trên lực đứng nhỏ hơn 0,11 thì tại cống Tha La, cống Kênh Nhánh và cống Vũng Liêm có phương án cọc đứng truyền thống sẽ tối ưu hơn về mặt kinh tế và kỹ thuật so với các phương án khác. Cụ thể:

Phương án cọc tối ưu tại cống Tha La là cọc đứng có tiết diện 30x30 cm; chiều dài $L = 12$ m và số lượng cọc $n = 40$ cọc với cao trình mũi cọc cắm vào lớp đất 2a là lớp đất tốt. Hệ số ổn định trượt $M_{sf} =$

1,66 và độ lún $|S| = 0,17$ m đều thỏa điều kiện ổn định và có thể tích bê tông nhỏ nhất với $V = 45,00$ m³.

Phương án cọc tối ưu tại cống Kênh Nhánh là cọc đứng có tiết diện 40x40 cm; chiều dài $L = 18$ cm và số lượng cọc $n = 87$ cọc với cao trình mũi cọc cắm vào lớp đất 3 là lớp đất tốt. Hệ số ổn định trượt $M_{sf} = 2,09$ và độ lún $|S| = 0,18$ m đều thỏa điều kiện ổn định và có thể tích bê tông nhỏ nhất với $V = 257,52$ m³.

Phương án cọc tối ưu tại cống Vũng Liêm là cọc đứng có tiết diện 35x35 cm; chiều dài $L = 22,5$ m và số lượng cọc là $n = 34$ cọc với cao trình mũi cọc cắm vào lớp đất 2a là lớp đất tốt. Hệ số ổn định trượt $M_{sf} = 1,31$ và độ lún $|S| = 0,20$ m đều thỏa điều kiện ổn định và có thể tích bê tông nhỏ nhất với $V = 95,80$ m³.

Khi tỷ lệ lực ngang trên lực đứng lớn hơn 0,13 thì tại cống Vàm Đĩnh có phương án cọc xiên chéo lớn sẽ tối ưu hơn về mặt kinh tế và kỹ thuật so với các phương án khác. Cụ thể: Phương án cọc tối ưu tại cống Vàm Đĩnh là cọc xiên chéo lớn có tiết diện 35x35 cm; chiều dài $L = 23,5$ m và số lượng cọc $n = 40$ cọc với cao trình mũi cọc cắm vào lớp đất 2 là lớp đất tốt. Hệ số ổn định trượt $M_{sf} = 1,70$ và độ lún $|S| = 0,11$ m đều thỏa điều kiện ổn định và có thể tích bê tông nhỏ nhất với $V = 117,60$ m³.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Peters, S., & Henckes, C. (2017). Saving the Mekong Delta. *D + C, development and cooperation*, 44 (5/6), 35-36.
- [2]. Anthony, E. J., Brunier, G., Besset, M., & Goichot, M. (2015). Linking rapid erosion of the Mekong River delta to human activities. *Nature Publishing Group*, 1-12. <https://doi.org/10.1038/srep14745>.
- [3]. Takagi, Hiroshi, Thao, N. D., & Esteban, M. (2014). Tropical Cyclones and Storm Surges in Southern Vietnam. In *Coastal Disasters and Climate Change in Vietnam: Engineering and Planning Perspectives*. Elsevier Inc.
- [4]. Trương Đình Dự (2014). Đập trụ đỡ. NXB Nông nghiệp.
- [5]. Trần Văn Thái và Nguyễn Đình Trường (2017). Tính toán móng cọc xuyên chéo lớn đập trụ đỡ. NXB Khoa học và Kỹ thuật.
- [6]. Cheng, Y. M., Lansivaara, T., & Wei, W. B. (2007). Two-dimensional slope stability analysis by limit equilibrium and strength reduction methods. *Computers and Geotechnics*, 34(3), 137-150.
- [7]. Tu, Y., Liu, X., Zhong, Z., & Li, Y. (2016). New criteria for defining slope failure using the strength reduction method. *Engineering Geology*, 212, 63-71.
- [8]. Yuan, W., Bai, B., Li, X. C., & Wang, H. Bin. (2013). A strength reduction method based on double reduction parameters and its application. *Journal of Central South University*, 20(9), 2555-2562.