

# NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG PLAXIS TRONG MÔ PHỎNG ỨNG XỬ CỦA HỆ THỐNG KÈ CHỐNG SẠT LỞ SÔNG HẬU CÓ XÉT ĐẾN KỊCH BẢN DỰ BÁO ẢNH HƯỞNG CỦA BIẾN ĐỔI KHÍ HẬU.

Nguyễn Trung Phương<sup>2</sup>, Đỗ Hưng Thời<sup>1</sup>, Lê Thị Ánh Hồng<sup>1</sup>, Hồ Quang Vinh<sup>1</sup>, Đỗ Ngọc Triều<sup>3</sup>, Lê Hoàng<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật xây dựng, Trường Đại học Kỹ thuật-Công nghệ Cần Thơ.

<sup>2</sup>Học viên cao học, Trường Bách Khoa, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>3</sup>Chuyên viên phòng Tài chính đầu tư, Sở Tài chính thành phố Cần Thơ.

## **Tóm tắt**

*Việc hiểu rõ ứng xử về điều kiện làm việc của hệ kết cấu kè trên nền cọc bê tông cốt thép là rất quan trọng trong công tác thiết kế, thi công, vận hành khai thác sử dụng. Qua đó để đóng góp thêm cơ sở khoa học nhằm phục vụ tốt hơn công tác xây dựng mới, nâng cấp các công trình kè bảo vệ bờ sông hiện nay và phù hợp với địa chất, điều kiện kinh tế của từng vùng, đồng thời thích ứng với tình hình biến đổi khí hậu, nước biển dâng trên toàn cầu là rất cần thiết. Nghiên cứu ứng dụng phần mềm Plaxis 2D version 8.5 và Geostudio Slope/W để mô phỏng tính toán hệ số an toàn của cung trượt và khả năng biến dạng hệ cọc của công trình kè chống sạt lở bờ hữu sông Hậu thuộc khu vực Phường Bình Đức – TP.Long Xuyên – T.An Giang. So sánh kết quả giữa 2 phương pháp tính toán đưa ra dự báo trạng thái làm việc tới hạn của hệ kết cấu kè nhằm đưa vào khai thác sử dụng hiệu quả đồng thời cung cấp tài liệu tham khảo khi thiết kế các công trình tương tự.*

*Từ khóa: Vật liệu tiên tiến, công nghệ, cách mạng công nghiệp 4.0*

## **1. Giới thiệu**

Việt Nam có hệ thống sông ngòi và đường bờ biển rất phong phú và đa dạng với hơn 2.360 con sông và kênh lớn nhỏ, cùng với chiều dài đường bờ biển lên tới 3.300 km. Trung bình, khoảng mỗi 23 km có một cửa sông và hiện có tổng cộng 112 cửa sông chảy ra biển. Điều này tạo điều kiện thuận lợi để phát triển các ngành kinh tế như khai thác thủy sản và hải sản, du lịch và giao thông.

Tuy nhiên, sạt lở bờ biển diễn biến phức tạp và gia tăng là một thách thức đáng kể. Tình trạng sạt lở này đe dọa tính mạng và tài sản của cư dân khu vực bờ biển, gây ảnh hưởng tiêu cực đến kinh tế và môi trường. Do đó, việc đưa ra các giải pháp công trình phù hợp là vô cùng cần thiết. Theo đó, một số giải pháp có thể được áp dụng để giảm thiểu tình trạng sạt lở bờ biển bao gồm việc xây dựng các công trình bảo vệ bờ biển như bức tường, hệ thống cọc, hay các công trình chống sóng. Ngoài ra, việc nghiên cứu và

ứng dụng các công nghệ tiên tiến trong việc quản lý và bảo vệ bờ biển cũng đóng vai trò quan trọng.

Trạng thái hiện nay của các công trình kè gia cố bờ ở Việt Nam có đa dạng về chủng loại và kết cấu, chia thành ba loại chính gồm: công trình kiên cố, công trình bán kiên cố và công trình có quy mô đơn giản. Việc xây dựng hàng nghìn công trình này trong suốt nhiều thập kỷ đã giúp đáp ứng một phần yêu cầu thực tế về bảo vệ bờ sông và chống lũ. Tuy nhiên, cùng với những thành công đã đạt được, cũng có một số công trình gặp phải vấn đề hư hỏng, mất chức năng bảo vệ bờ, và thậm chí gây tác động tiêu cực đến các khu vực thượng và hạ lưu công trình. Hư hỏng ở các công trình kè gia cố bờ có thể được phân loại thành các dạng như bị hư hỏng đỉnh kè; Bị bong phần lát mái kè gia cố bờ; Sạt trượt chân công trình: (Hồ Việt Cường [1]).

Một trong những nguyên nhân khác gây ra tình trạng này là do hạn chế về kinh phí, do nguồn lực hạn chế, việc xác định và đánh giá chiều dài công trình không đủ đến vị trí sông ổn định và không đạt đến mức thỏa đáng. Việc xác định chiều dài công trình đối với hệ thống sông, nơi chịu tác động của dòng chảy hai chiều, là một vấn đề phức tạp và khó tính toán trên lý thuyết. Thêm vào đó là công tác khảo sát hiện trạng, địa tầng kỹ thuật, điều kiện thủy văn phải đảm bảo và đáp ứng độ tin cậy ... Nhằm đảm bảo tính tin cậy, việc sử dụng thí nghiệm mô hình vật lý hoặc các mô hình

toán 2 chiều, 3 chiều là cần thiết. Các nghiên cứu gần đây của các nhà Khoa học đã tập trung vào phân tích và đánh giá sự ổn định của hệ thống kè và đưa ra các giải pháp, ứng dụng công nghệ trong công tác bảo vệ bờ, như L.X. Khâm [2], M. Hajiazizi và F. Heydari [3], C. Li, W. Chen, Y. Song, W. Gong và Q. Zhao [4], N. T. Quang, C. T. Linh và Đ.H. Lễ [5] cùng với T.T. Điền [6]. Tuy nhiên các nghiên cứu này chưa đề cập đến sự tác động của nhân tố Biến đổi khí hậu đang diễn ra nhanh chóng và ngày càng ảnh hưởng phức tạp.

Thực trạng cho thấy tình hình biến đổi khí hậu hiện nay là một yếu tố quan trọng gây tác động đáng kể đến các công trình kè gia cố bờ tại Việt Nam, cũng như trên toàn cầu. Biến đổi khí hậu gồm các hiện tượng như tăng nhiệt độ trung bình, gia tăng mực nước biển, tăng tần suất và cường độ các cơn bão, hạn hán, lũ lụt, và các biến chuyển khí hậu khác, cụ thể như: tăng mực nước biển, tăng cường độ và tần suất bão, tăng nguy cơ sạt lở và sự suy thoái bờ biển.

Nhằm giải quyết những khó khăn này, cần có sự hỗ trợ mạnh mẽ từ chính phủ và các cơ quan chức năng. Việc đầu tư vào nghiên cứu khoa học và ứng dụng các công nghệ tiên tiến trong việc quản lý và thiết kế công trình kè cũng là cần thiết để tăng cường hiệu quả và bền vững cho công trình hạ tầng thủy lợi tại Việt Nam. Nghiên cứu này ứng dụng phần mềm Plaxis trong phân tích ứng xử của bờ kè ứng xử của hệ thống kè chống sạt lở sông hậu có xét đến kích

bản dự báo ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và kịch bản có sự tác động của sóng trong điều kiện mực nước thấp nhất.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu về các giải pháp xử lý nền đất yếu bằng cọc bê tông cốt thép và vải địa kỹ thuật là một lĩnh vực quan trọng trong ngành xây dựng và địa kỹ thuật. Các phương pháp tính toán và mô phỏng số đã được sử dụng để đánh giá hiệu quả và tính bền vững của các công trình kè chống sạt lở bờ sông trong nhiều nghiên cứu. Trong đó, phương pháp phần tử hữu hạn là một công cụ mạnh mẽ đã được sử dụng để mô phỏng các bài toán liên quan đến kè chống sạt lở bờ sông. Trong nghiên cứu này, việc sử dụng phần mềm Plaxis 2D và GeoStudio cho việc mô phỏng tính chất của đất nền, lịch sử công trình kè (các giai đoạn thi công, hoàn thiện, sử dụng), cho phép đánh giá ảnh hưởng của hoạt tải xe và mực nước biển thay đổi lên khả năng chịu tải, tính ổn định và chuyển vị của kết cấu cầu kè.

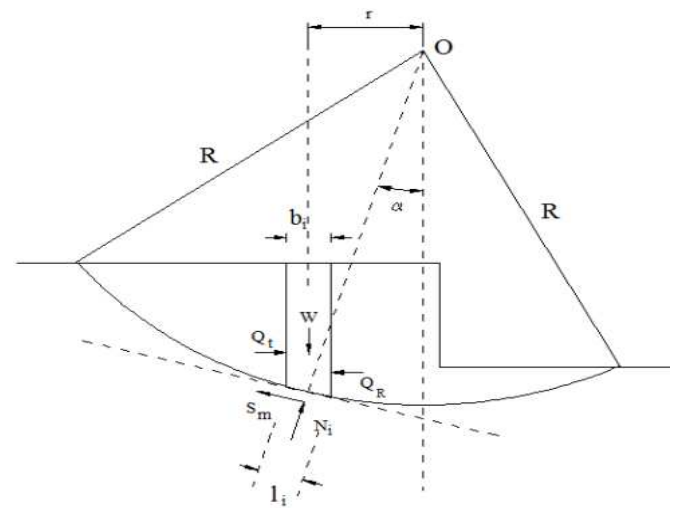
### 2.1 Lý thuyết tính toán bằng phương pháp cân bằng giới hạn

Hệ số ổn định của công trình được tính toán theo phương trình cân bằng lực, được định nghĩa là tỷ số giữa lực chống trượt và lực gây trượt. Phương pháp tính toán này được đề xuất bởi Alan Wilfred Bishop [7]. Phương pháp tính toán hệ số ổn định theo phương trình cân bằng lực của Alan Wilfred Bishop được sử dụng trong địa kỹ thuật và xây dựng để đánh giá tính ổn định và đề xuất các biện pháp cải thiện đối với

các công trình mái dốc như đê, kè, đường dốc, hồ ga, và các cấu trúc dốc khác. Sơ đồ tính ổn định trượt bằng phương pháp A. W. Bishop được thể hiện trong hình 1, hệ số ổn định mái dốc  $K_{at}$  được xác định như sau:

$$K_{at} = \frac{\sum c l_i \cos \alpha + W \tan \varphi}{\sum W \sin \alpha}$$

Trong đó:  $c$  là lực dính của đất trong phạm vi chiều dài cung trượt li ( $\text{Kg/cm}^2$ );  $l_i$  là chiều dài phân mảnh (cm);  $\alpha$  là góc nghiêng của mặt trượt phân bố với mặt nằm ngang (độ);  $W$  là trọng lượng của mỗi phân mảnh (Kg)



**Hình 1.** Sơ đồ tính ổn định trượt bằng phương pháp A.W.Bishop

Hệ số ổn định của công trình còn được tính theo sơ đồ tính toán theo hệ số ổn định của công trình bằng phương pháp mặt trượt cung tròn (Circular Slip Surface Method) ở hình 2. Phương pháp mặt trượt cung tròn được sử dụng để đánh giá tính ổn định của các cấu trúc đất trong địa kỹ thuật. Công thức tính toán hệ số ổn định theo phương pháp này giúp định lượng sức mạnh chống

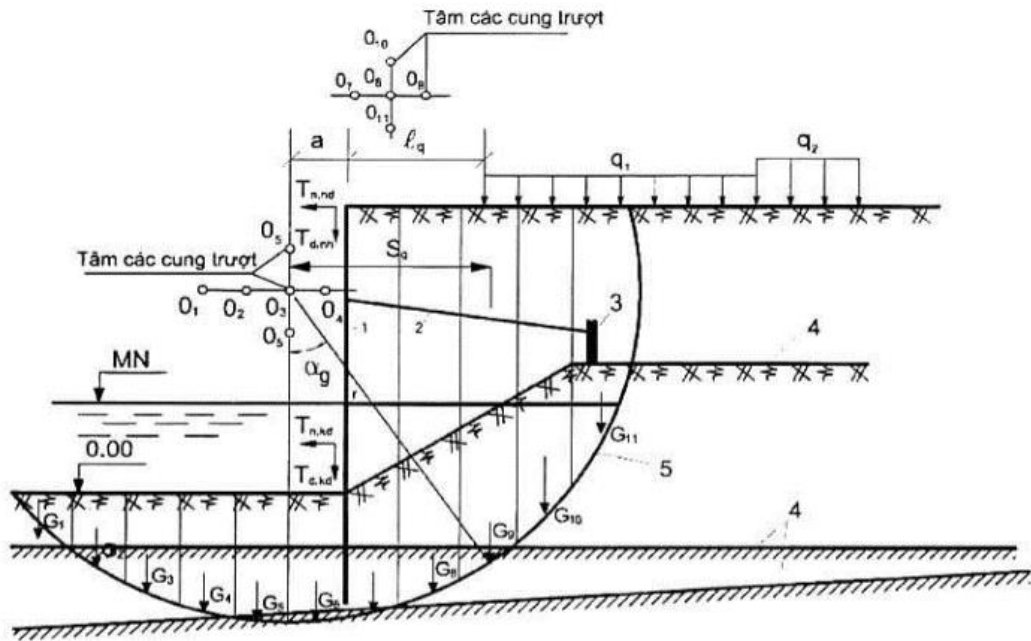
trượt của mặt trượt cung tròn so với lực tác động lên công trình. Việc tính toán hệ số ổn định giúp đánh giá tính bền vững của công trình và đề xuất biện pháp cải thiện và gia cố khi cần thiết. Theo Tiêu chuẩn Việt Nam 12250:2018 về Yêu cầu thiết kế công trình bến cảng thủy nội địa [8], hệ số ổn định của công trình bằng phương pháp mặt trượt

cung tròn được tính toán theo công thức sau:

$$\frac{M_g}{M_t} \geq [K]$$

$$M_t = R \left( \sum_i^n G_i \sin \alpha_i + \sum_i^n \Delta M_i \right)$$

$$M_g = R \left( \sum_i^n G_i \cos \alpha_i \tan \alpha_i + \sum_i^n c_{ni} l_{ni} + \sum_i^n Q_i \right)$$



**Hình 2.** Sơ đồ tính ổn định trượt bằng phương pháp mặt trượt cung tròn

Trong đó:  $M_g$  là tổng các momen giữ cho công trình khỏi trượt (Kg.m);  $M_t$  là tổng các momen lực gây trượt công trình (Kg.m);  $r$  là bán kính (m);  $G_i$  là trọng lượng của phần tử  $i$  có tính cả các phần đứng của tải trọng bên trên bề mặt phần tử (Kg);  $\alpha_i$  là góc giữa đường thẳng đứng và bán kính  $r$  vẽ đến điểm giữa của phần tử thứ  $i$  (độ);  $\sum \Delta M_i$  là tổng các momen do các thành phần thẳng đứng và nằm ngang của các tải

trọng tạm thời tác động kéo dài (Kg.m);  $c_{n,i}$  là lực đứng đơn vị (Kg/cm<sup>2</sup>);  $l_i$  là chiều dài cung ở nền của phần tử  $i$  (m);  $Q_i$  là lực kháng trượt của cấu kiện công trình (thanh neo, cọc, cọc cừ...), vuông góc với bán kính  $r$  được xét đến khi cung trượt cắt qua cấu kiện (Kg);

Trong các phần mềm Plaxis, Geostudio nói chung, hệ số ổn định được biểu thị dưới dạng "Factors of Safety" hay viết tắt là FOS. Đây là một tham số quan trọng trong

phân tích địa kỹ thuật và xử lý nền đất yếu. Hệ số ổn định (FOS) được tính toán để đánh giá mức độ an toàn của công trình và đảm bảo rằng công trình có đủ sức mạnh chịu đựng trước các tải trọng và lực tác động từ môi trường xung quanh. Hệ số ổn định được xác định bằng cách so sánh lực cản trượt của đất với lực tác động lên công trình. Khi  $FOS > 1$ , đồng nghĩa với việc lực cản trượt của đất đủ mạnh để chống lại lực tác động và công trình là an toàn. Ngược lại, nếu  $FOS < 1$ , có nguy cơ lực tác động lớn hơn lực cản trượt và công trình có thể bị sạt lở hoặc hư hỏng.

Cả hai phần mềm Plaxis và Geostudio cung cấp các công cụ tính toán và mô phỏng số để đánh giá hệ số ổn định của công trình dựa trên thông số địa kỹ thuật, tải trọng và các yếu tố khác. Đánh giá hệ số ổn định bằng các phần mềm này mang tính hữu ích và quan trọng trong quá trình thiết kế và xây dựng các công trình địa kỹ thuật như kè, đê, nhà cao tầng hay các cấu trúc chống sạt lở.

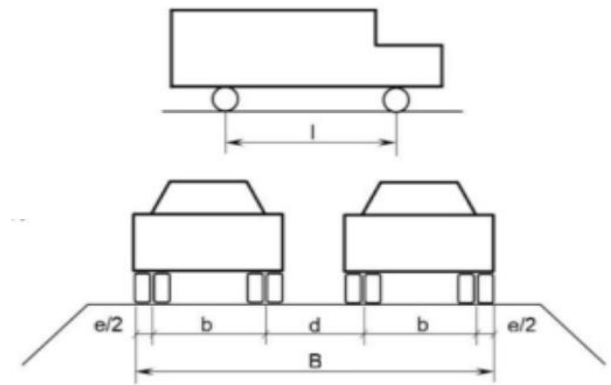
## 2.2 Lý thuyết tính toán tải trọng xe tác dụng lên nền đất đắp theo 22TCN 262-2000 [9]

Các tải trọng tính toán khi kiểm tra ổn định và dự báo độ lún của nền đất đắp trên đất yếu gồm tải trọng đắp nền và đắp gia tải trước, tải trọng xe cộ, tải trọng động đất (nếu có). Tiêu chuẩn 22TCN 262-2000 đề cập đến quy trình khảo sát và thiết kế nền đường ô tô đắp trên đất yếu. Theo đó, tải trọng xe cộ được xem là tải trọng của số xe nặng tối đa cùng một lúc có thể đỗ kín khắp

bề rộng nền đường, phân bố trên 1m đoạn đường. Tải trọng này được quy đổi tương đương thành một lớp đất đắp có chiều cao là  $h_x$ , được xác định theo hình 3 và công thức sau:

$$h_x = \frac{nB}{\gamma Bl}$$

Trong đó:  $n$  là số xe tối đa có thể xếp trên bề rộng đường;  $B$  là bề rộng phân bố ngang (m);  $\gamma$  là dung trọng đất đắp nền đường ( $\text{kN/m}^3$ );  $l$  là phạm vi phân bố xe theo phương dọc (m)



**Hình 3.** Sơ đồ xếp xe để xác định tải trọng xe cộ tác dụng lên nền đất yếu

## 2.3 Lý thuyết tải trọng và tác động của sóng lên công trình có mặt ngoài nghiêng theo TCVN 8421-2010 [10]

Tiêu chuẩn TCVN 8421-2010 tập trung vào công trình thủy lợi và quy định về tải trọng và lực tác động do sóng và tàu thuyền tác động lên các công trình thủy lợi. Đối với các sóng đến trực diện và chiều sâu trước công trình  $d \geq 2h_{1\%}$  chiều cao sóng leo trên mái với tần suất leo  $1\% \ 1\% h_{run1\%,m}$  được tính toán theo công thức

$$H_{run1\%} = k_r k_p k_{sp} k_{run1\%}$$

Trong đó:  $k_r$  và  $k_p$  lần lượt là hệ số nhám và hệ số hút nước của mái dốc,  $k_{sp}$  và  $k_{run}$  lần lượt là các hệ số

Khi chiều sâu trước công trình  $d \leq 2h_{1\%}$ , hệ số  $k_{run}$  được xác định từ các trị số độ

thoải của sóng và được xác định với chiều sâu  $d = 2h_{1\%}$ . Chiều cao sóng leo trên mái với tần suất leo  $i, \%$ ; cần được xác định bằng phương pháp nhân giá trị  $h_{run1\%,m}$  được tính theo công thức (5) với hệ số  $k_i$  với bảng 1

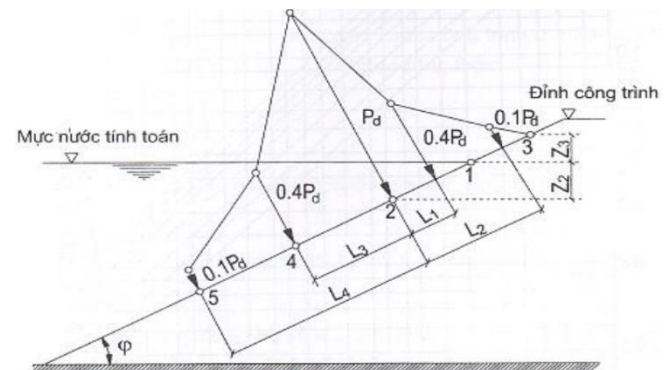
**Bảng 1. Độ nhám tương đối, hệ số  $k_r$  và hệ số  $k_p$**

Kết cấu gia cố mái	Độ nhám tương đối $r/h_{1\%}$	Hệ số $k_r$	Hệ số $k_p$
Bản bê tông (bê tông cốt thép)	-	1	0,90
Cuội sỏi, đá hoặc các gia cố bằng các khối betong (bê tông cốt thép)	< 0,002	1	0,90
	0,005 đến 0,01	0,95	0,85
	0,02	0,90	0,80
	0,05	0,80	0,70
	0,10	0,75	0,60
	> 0,20	0,70	0,50

Biểu đồ áp lực sóng lên mái dốc có  $1,5 \leq \text{ctg}\varphi \leq 5$  được gia cố bằng các bản liên khối hoặc bản lắp ghép phải được lấy theo hình (4), đồng thời áp lực tính toán lớn nhất của sóng  $p_d$ , kPa được xác định theo hình 4 và công thức

$$p_d = k_s k_f k_{rel} \rho g h$$

Trong đó:  $k_s$  và  $k_f$  lần lượt là các hệ số;  $p_{rel}$  là áp lực sóng tương đối lớn nhất lên mái dốc ( $\text{Kg/m}^2$ );  $\rho$  là dung trọng của nước ( $\text{Kg/m}^3$ );  $g$  là gia tốc trọng trường ( $\text{m/s}^2$ );  $h$  là chiều cao sóng (m).



**Hình 4. Biểu đồ áp lực sóng tính toán lớn nhất lên mái dốc được gia cố bằng tám bản**

### 3 ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN HỆ TƯỜNG KÈ CHỐNG SẠT LỞ BỜ SÔNG HẬU

#### 3.1 Giới thiệu công trình

Kè chống sạt lở bờ hữu sông Hậu, thuộc phường Bình Đức, thành phố Long Xuyên, tỉnh An Giang với tổng chiều dài 1.141m. trên khu vực tuyến kè đi qua có tổng cộng

17 hố khoan khảo sát địa chất, số liệu thủy văn được thu thập và điều tra từ năm 2000 đến năm 202, số liệu tài nguyên nước được thu thập từ bản tin thông báo, dự báo tài nguyên nước dưới đất của tỉnh An Giang theo Nghị định 167/2018/NĐ-CP về quy định về việc hạn chế khai thác nước dưới đất 02/2023. Khu vực của dự án thuộc phường Bình Đức có tọa độ địa lý 10°24'51" vĩ Bắc và 105°23'54" kinh Đông, phía tây giáp quốc lộ 91, phía đông giáp sông Hậu

### 3.2 Đặc điểm địa chất, thủy văn

Đặc điểm địa chất tổng hợp trung bình được thể hiện trong bảng 2, gồm có: Lớp 1:

Sét bụi, màu xám nâu, xám đen, trạng thái dẻo cứng. Bề dày thay đổi từ 2,0÷4,5 m. Khả năng chịu tải khá; Lớp 2: Sét xám nâu, xám đen, trạng thái dẻo mềm. Bề dày mỏng, thay đổi từ 2÷4 m. Khả năng chịu tải khá; Lớp 3: Bùn sét, màu xám nâu, xám đen, trạng thái dẻo chảy- chảy. Bề dày lớn, xuất hiện khắp khu vực. Khả năng chịu lực rất kém; Lớp 4: Sét lẫn cát mịn, màu xám nâu, xám đen, trạng thái dẻo mềm. Bề dày 5,5 m (chỉ có tại HK5'). Khả năng chịu lực kém; Lớp 5: Cát pha, màu xám nâu, xám đen, trạng thái dẻo. Bề dày từ 1,5÷6,5 m (chỉ có tại HK10', HK11'). Khả năng chịu lực khá.

**Bảng 2. Chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất vị trí nghiên cứu**

TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp đất 1	Lớp đất 2	Lớp đất 3	Lớp đất 4	Lớp đất 5
1	Độ ẩm tự nhiên	W	%	28,2	31,2	59,4	33,6	32,8
2	Dung trọng tự nhiên	$\gamma_w$	g/cm <sup>3</sup>	1,962	1,959	1,597	1,904	1,826
3	Dung trọng khô	$\gamma_d$	g/cm <sup>3</sup>	1,533	1,494	1,003	1,425	1,377
4	Tỷ trọng	G <sub>s</sub>		2,732	2,736	2,596	2,715	2,681
5	Hệ số rỗng	e <sub>0</sub>		0,787	0,833	1,594	0,906	0,950
6	Độ rỗng	n	d%	43,91	45,38	61,39	47,51	48,64
7	Độ bão hòa	G	%	96,1	98,2	96,3	98,4	90,4
8	Giới hạn dẻo	W <sub>p</sub>	%	18,3	19,0	34,0	22,6	30,4
9	Giới hạn chảy	W <sub>L</sub>	%	41,0	43,1	57,6	40,6	34,4
10	Chỉ số dẻo	I <sub>p</sub>	%	22,7	24,1	23,7	17,9	3,8
11	Độ sệt	B		0,44	0,50	1,08	0,61	0,63
12	Lực kết dính	C	Kg/cm <sup>2</sup>	0,199	0,174	0,086	0,151	0,089
13	Góc ma sát trong	$\varphi$		13°43'	11°28'	04°02'	07°59'	14°45'
14	Hệ số thấm (10 <sup>-6</sup> )	K	cm/s	52,2	26,7	72,6	-	4990

Điều kiện thủy văn được ghi nhận tại Bảng 3 theo số liệu được cung cấp từ Biểu thống kê số liệu mực nước cao nhất năm,

mực nước thấp nhất năm trạm thủy văn Long Xuyên -An Giang [11].

**Bảng 3. Số liệu thủy văn công trình ghi nhận về mực nước***(đơn vị m)*

Đặc trung	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Max	263	245	254	220	241	245	234	246	234	248	233
Ngày	27/IX	20/IX	8/X	28/IX	29/IX	19/X	8/X	26/X	16/X	16/X	9/X
Min	-76	-75	-86	-83	-88	-97	-77	-83	-78	-79	-66
Ngày	28/IV	14/V	22/V	13/IV	13/V	18/V	7/V	24/V	2/IV	20/IV	9/IV
Đặc trung	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Max	281	243	264	242	216	238	246	-	-	257	244
Ngày	27/X	17/X	7/X	10/X	28/X	17/X	14/X	-	-	19/X	6/XI
Min	-76	-78	-66	-73	-92	-84	-	-	-	-76	-72
Ngày	6/V	14/V	20/IV	13/VI	24/V	12/VI	-	-	-	13/VI	11/VI

Điều kiện dự báo về thủy văn theo số liệu từ Bộ tài nguyên môi trường [12] do tác động của biến đổi khí hậu được thể hiện qua

Bảng 4. Đây là nguồn tham khảo cho các kịch bản về tác động biến đổi khí hậu dâng và hạ mức nước đến công trình.

**Bảng 4. Dự báo nước biển dâng toàn khu vực biển Đông***(đơn vị m)*

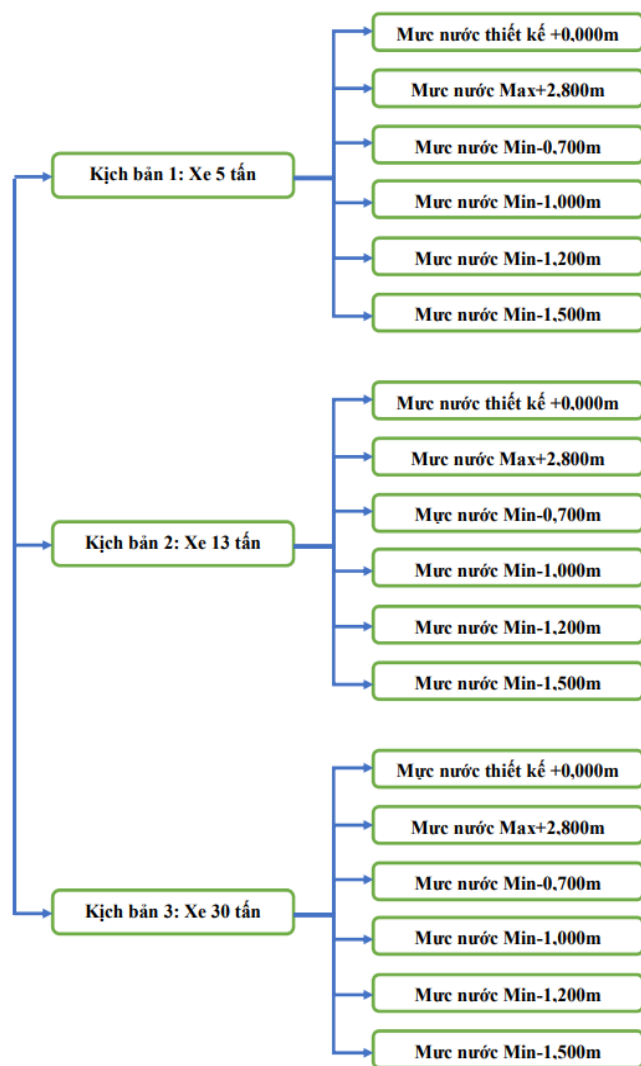
Dự báo	Các mốc thời gian của thế kỷ 21							
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
<b>RCP1</b>	14 (8÷19)	20 (11÷26)	25 (14÷33)	30 (17÷41)	34 (20÷48)	38 (23÷55)	42 (25÷62)	46 (28÷70)
<b>RCP2</b>	12 (8÷18)	18 (11÷25)	23 (14÷33)	29 (18÷42)	35 (22÷51)	42 (26÷61)	48 (30÷71)	55 (34÷81)
<b>RCP3</b>	14 (10÷19)	20 (14÷27)	28 (20÷37)	34 (23÷47)	43 (28÷59)	52 (35÷72)	64 (42÷88)	77 (51÷106)

Các kịch bản được đề xuất thể hiện như hình 5. Trong đó, các mô hình được mô phỏng với lịch sử như sau:

- Giai đoạn 1 : Phân tích ứng xuất hữu hiệu của đất nền trong điều kiện tự nhiên
- Giai đoạn 2 : Thi công hệ cọc BTCT, dầm mũ, dầm neo, dầm mái dốc
- Giai đoạn 3 : Lót vải địa kỹ thuật, đắp cát nền

- Giai đoạn 4 : Thả bao tải cát, rọ đá
- Giai đoạn 5 : Khai báo tải trọng xe, tải sóng tàu thuyền
- Giai đoạn 6 : Hệ số an toàn ứng với MNTK+0,000m
- Giai đoạn 7 : Phân tích ứng xử với mực nước Max+2,800m





**Hình 5. Tổng hợp các kịch bản**

- Giai đoạn 8 : Hệ số an toàn với mực nước Max+2,800m
- Giai đoạn 9 : Phân tích ứng xử với mực nước Min-0,700m
- Giai đoạn 10 : Hệ số an toàn với mực nước Min-0,700m
- Giai đoạn 11 : Phân tích ứng xử với mực nước Min-1,000m
- Giai đoạn 12 : Hệ số an toàn với mực nước Min-1,000m
- Giai đoạn 13 : Phân tích ứng xử với mực nước Min-1,200m

- Giai đoạn 14 : Hệ số an toàn với mực nước Min-1,200m

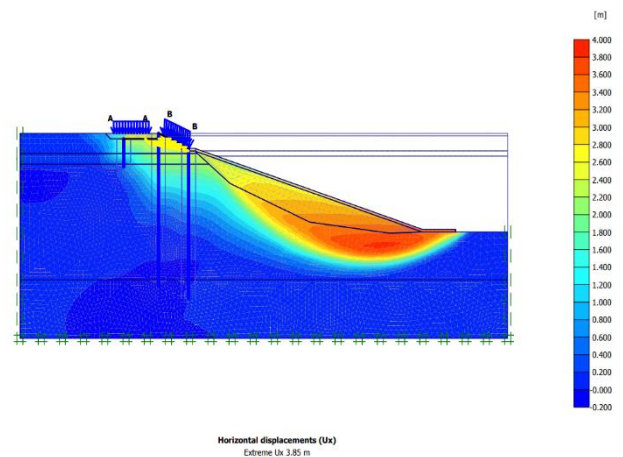
- Giai đoạn 15 : Phân tích ứng xử với mực nước Min-1,500m

- Giai đoạn 16 : Hệ số an toàn với mực nước Min-1,500m

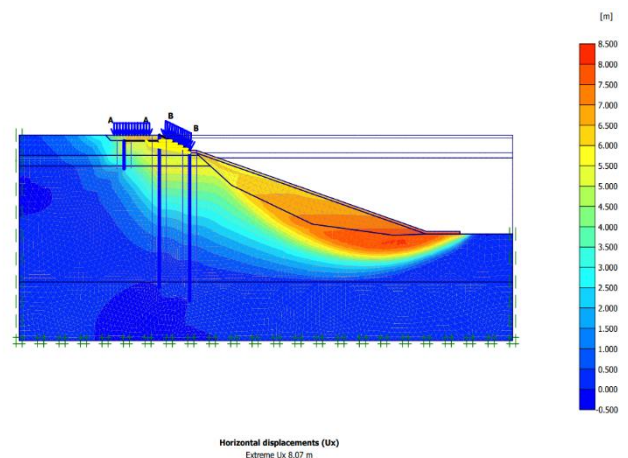
### 3.3 Kết quả tính toán

#### a. Kết quả phân tích bằng Plaxis

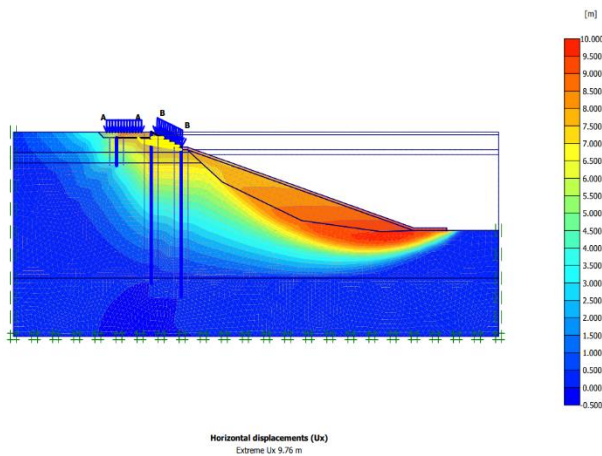
Phân tích cung trượt trong Plaxis là quá trình mô phỏng và đánh giá các hiện tượng cơ học đất liên quan đến cung trượt của môi trường đất xung quanh công trình. Kết quả tính toán bằng phần mềm Plaxis 2D được trình bày ở Hình 6 tới 10.



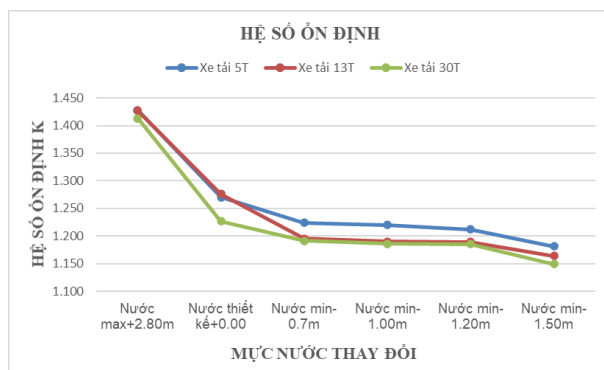
**Hình 6. Cung trượt ở mực nước +2,80m**



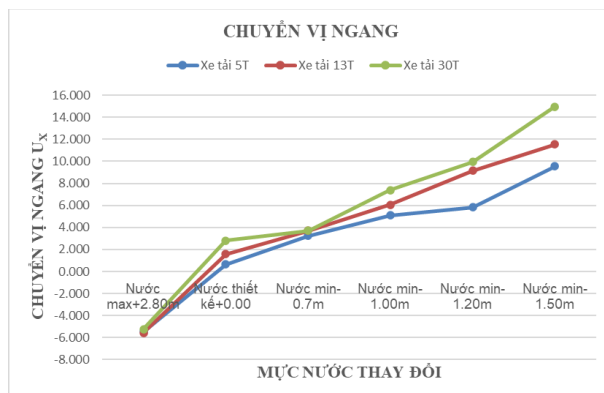
**Hình 7. Cung trượt ở mực nước ±0,00m**



**Hình 8. Cung trượt ở mực nước 1,50m**



**Hình 9. Kết quả hệ số ổn định (Plaxis)**



**Hình 10. Kết quả chuyển vị ngang (Plaxis)**

Từ kết quả tính toán hệ số ổn định mái bờ trong điều kiện mái bờ chịu tải trọng bình thường có hệ số  $K_{at}=1.276$ . Do đó, xu thế mái bờ dễ bị mất ổn định nếu có tác động thêm từ yếu tố nội tại hoặc yếu tố bên ngoài.

- Khi MNS dâng lên, áp lực thủy tĩnh của MNS làm việc như một tường chắn chống đỡ cho mái bờ sông không bị mất ổn định, hệ số an toàn tăng lên, ít gây ra sạt trượt. Ngược lại khi mực nước sông hạ thấp (đặc biệt trong các kỳ triều kém), áp lực thủy tĩnh giảm xuống, lực chống đỡ cho mái bờ chính vì thế cũng giảm theo, làm cho mái bờ tiến gần đến trạng thái tới hạn mất ổn định, hệ số an toàn giảm, chuyển vị ngang tăng lên, gây ra hiện tượng sạt trượt.

- Xét theo cấp tải trọng xe từ trái qua phải với kịch bản xe  $5T \div 30T$ , ứng với từng trường hợp mực nước. Thì hệ số ổn định giảm từ  $1,05\% \div 3,39\%$ , chuyển vị ngang đỉnh cọc tăng từ  $12,32\% \div 76,44\%$

- Xét theo mực nước giảm từ trên xuống dưới với trường hợp mực nước  $Max+2,800m \div$  mực nước  $Min-1,500m$ , ứng với từng kịch bản xe. Thì hệ số an toàn giảm từ  $17,30\% \div 18,68\%$ , chuyển vị ngang đỉnh cọc tăng từ  $81,21\% \div 93,07\%$ .

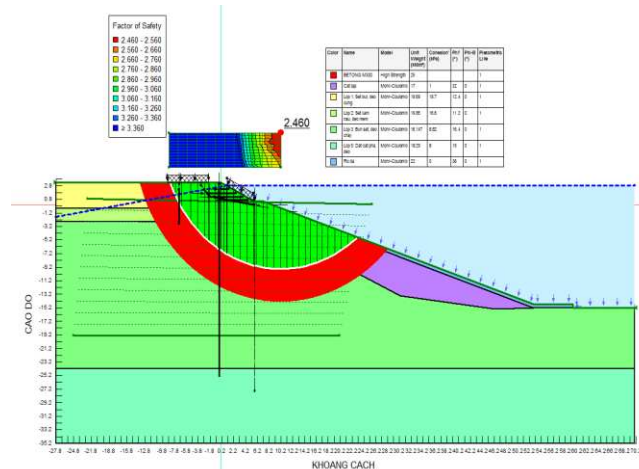
- Từ kết quả tính toán ổn định mái bờ có thể xem xét đến sự thay đổi của mực nước sông, trong trường hợp tải trọng bình thường xe 5 tấn có thể đánh giá như sau: (1) Hệ số ổn định mái bờ tỷ lệ thuận với cao độ mực nước trên sông; (2) Hệ số ổn định  $K_{atmin}=1,220 > [K_{cp}]$  tại thời điểm nước sông đạt cao trình  $V_{MNS} = -1,000m$ , chuyển vị đỉnh  $U_x=5,107 \text{ cm} > [U_{cp}]$ . Mái bờ chưa xảy ra sạt trượt, tuy nhiên nếu gặp các tác động bất lợi như có thêm gia tải bên trên, MNN tăng thêm trong mùa mưa lũ, trong khi MNS hạ thấp sẽ làm mái bờ mất ổn định, gây ra sạt lở.

- Nghiên cứu thực hiện mô phỏng với

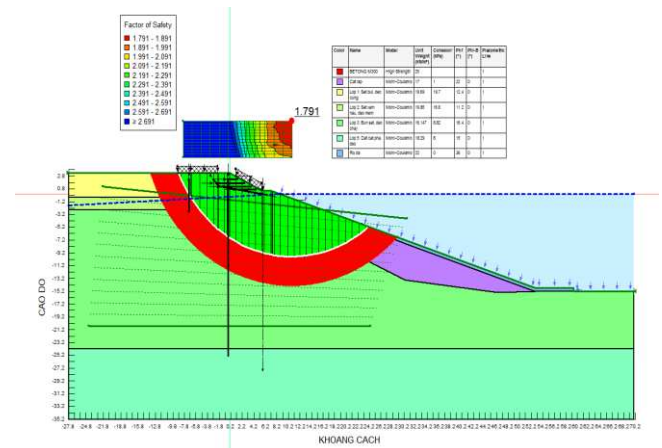
trường hợp tăng tải trọng xe lên 13T, 30T thì hệ số ổn định giảm lần lượt ( $K_{at13T}=1,190$ ;  $K_{at30T}=1,186$ ) <  $[K_{cp}]$  tại thời điểm nước sông đạt cao trình  $\nabla_{MNS} = -1,000m$ , chuyển vị ngang đỉnh cọc ( $U_{x13T} = 6,058 \text{ cm}$ ,  $U_{x30T} = 7,399 \text{ cm}$ ) >  $[U_{cp}]$  vượt trị số giới hạn chuyển vị ngang cho phép. Khi MNS hạ thấp thêm ( $0,2 \div 0,5m$ ) chuyển vị ngang đỉnh cọc tăng lên khá lớn ( $5,833 \div 14,952 \text{ cm}$ ) dẫn đến phá hoại gây nguy hiểm cho kết cấu kè.

### b. Kết quả phân tích bằng Geostudio:

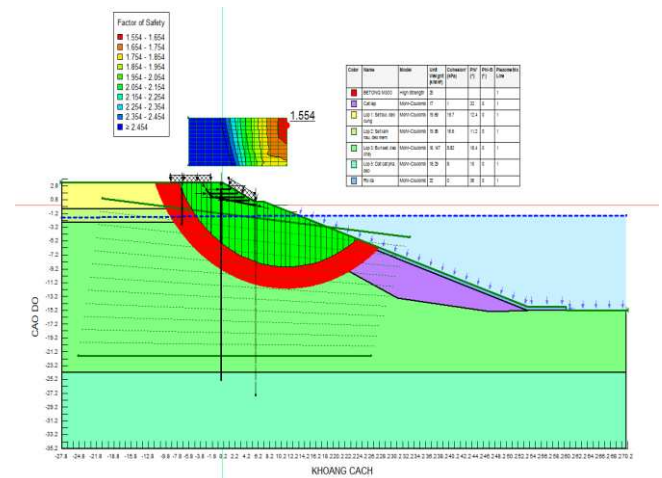
Phần mềm GeoStudio là một bộ công cụ mô phỏng địa kỹ thuật được sử dụng rộng rãi để phân tích các vấn đề cơ học đất và địa kỹ thuật. GeoStudio cung cấp một loạt các phần mềm riêng lẻ, bao gồm SLOPE/W, SIGMA/W, SEEP/W, QUAKE/W, và nhiều phần mềm khác, để xử lý các vấn đề khác nhau liên quan đến địa kỹ thuật. Kết quả tính toán bằng phần mềm GeoStudio được trình bày ở hình 11 đến 14



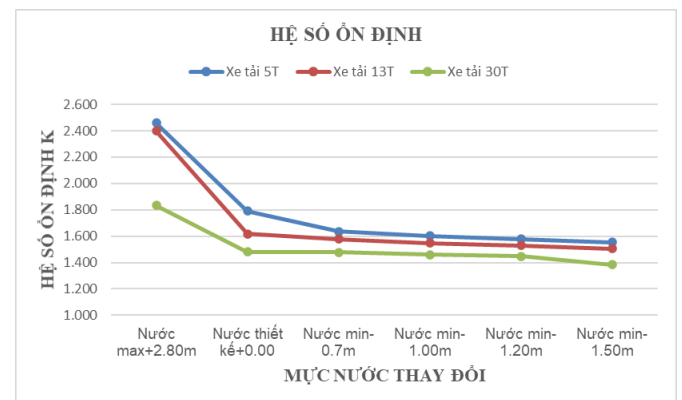
**Hình 11.** Cung trượt ở mực nước thiết kế +2,80m



**Hình 12.** Cung trượt ở mực nước thiết kế  $\pm 0,00m$



**Hình 13.** Cung trượt ở mực nước thiết kế -1,50m



**Hình 14.** Biểu đồ hệ số ổn định các trường hợp tải trọng.

Kết quả phân tích cho thấy: với kích bản 1: Hệ số ổn định lớn nhất  $K_{at,max}=2,460$  ứng

với mực nước Max+2,800m. Hệ số ổn định nhỏ nhất  $K_{at,min} = 1,554 > [K_{cp}]$  ứng với mực nước Min-1,500m. Kịch bản 2: Hệ số ổn định lớn nhất  $K_{at,max}=2,397$  ứng với mực nước Max+2,800m. Hệ số ổn định nhỏ nhất  $K_{at,min} = 1,504 > [K_{cp}]$  ứng với mực nước Min-1,500m. Kịch bản 3: Hệ số ổn định lớn nhất  $K_{at,max}=1,834$  ứng với mực nước Max+2,800m. Hệ số ổn định nhỏ nhất  $K_{at,min} = 1,385 > [K_{cp}]$  ứng với mực nước Min-1,500m.

#### c. So sánh kết quả phân tích độ ổn định từ 02 phần mềm:

Bảng 5 so sánh kết quả phân tích hệ

**Bảng 4. 25 : Bảng so sánh kết quả tính toán hệ số ổn định**

Loại tải xe	Nội dung phân tích	Mực nước Max +2,80m	MNTK +0,000 m	Mực nước Min -0,70m	Mực nước Min -1,00m	Mực nước Min -1,20m	Mực nước Min -1,50m
Xe 5T	Hệ số ổn định theo PM Plaxis	1,428	1,270	1,224	1,220	1,212	1,181
	Hệ số ổn định theo PM Geostudio	2,460	1,791	1,635	1,601	1,579	1,554
	Đánh giá (%)	41,95%	29,03%	25,14%	23,80%	23,24%	24,00%
Xe 13T	Hệ số ổn định theo PM Plaxis	1,427	1,276	1,195	1,190	1,189	1,164
	Hệ số ổn định theo PM Geostudio	2,397	1,617	1,577	1,548	1,530	1,504
	Đánh giá (%)	40,47%	21,09%	24,22%	23,13%	22,29%	22,61%
Xe 30T	Hệ số ổn định theo PM Plaxis	1,413	1,227	1,191	1,186	1,185	1,149
	Hệ số ổn định theo PM Geostudio	1,834	1,482	1,477	1,458	1,448	1,385
	Đánh giá (%)	22,26%	17,21%	19,36%	18,66%	18,16%	17,04%

## 4. Kết luận và kiến nghị

### 4.1 Kết luận:

Nghiên cứu có xét đến yếu tố ảnh hưởng do sóng do tàu, thuyền, sự thay đổi của mực nước căn cứ theo số thủy văn mực nước max, min đo được tại trạm Long Xuyên –

số ổn định từ 2 chương trình phân tích. Trong quá trình phân tích ổn định của công trình, kết quả phân tích đã cho thấy hệ số ổn định tổng thể dựa trên phần mềm Geostudio vượt trội hơn hệ số ổn định dựa trên phần mềm Plaxis với mức chênh lệch là  $(17,04\% \div 29,03\%)$ , trong đó MNS (Mô-men Ngang Sụt) có giá trị  $\nabla_{MNS} = +0,000m$  trở xuống. Khi MNS được áp dụng làm tường chắn chống đỡ cho mái bờ, kết quả phân tích từ Geostudio tăng thêm mức độ ổn định lên cao hơn  $(22,26\% \div 41,95\%)$  so với kết quả từ phân tích từ Plaxis, tạo ra một mức độ ổn định vượt trội cho cấu trúc công trình.

An Giang từ năm 2001 đến năm 2021. Mặt khác đề tài cũng tập trung phân tích ảnh hưởng của hoạt tải xe tác dụng lên kết cấu Kè.

Từ kết quả mô phỏng để tìm ra trạng thái tới hạn của kết cấu bờ kè, nghiên cứu

nhận thấy có hai yếu tố ảnh hưởng đến hệ số ổn định là tải trọng xe tăng quá mức cho phép, mực nước sông rút sâu do triều kém.

Từ kết quả phân tích bằng phần mềm Plaxis 2D theo hoạt tải xe từ 5 tấn đến 30 tấn tác dụng lên công trình ứng với từng trường hợp trường hợp mực nước thì hệ số ổn định giảm trung bình 2,55% và chuyển vị ngang của đỉnh Kè tăng trung bình 28,30%, xét theo mực nước giảm từ +2,80m đến -1,50m. Xét với mực nước giảm từ +2,80m xuống -1,50m thì hệ số ổn định giảm trung bình 21,28% và chuyển vị ngang của đỉnh Kè tăng 86,70%.

Từ kết quả phân tích bằng phần mềm GeoStudio theo hoạt tải xe từ 5 tấn đến 30 tấn tác dụng lên công trình ứng với từng trường hợp mực nước thì hệ số ổn định trung bình giảm 10,02% Xét với mực nước giảm từ +2,80m xuống -1,50m thì hệ số ổn định giảm trung bình 20,78%.

Kết quả phân tích ứng với các kịch bản biến đổi khí hậu cho thấy khi nước dâng cao, sự cân bằng giữa áp lực đất từ phía trong và áp lực nước làm độ ổn định của công trình được bảo đảm với hệ số an toàn cao. Điều này do bỏ qua chưa xét đến sự tác động xoáy chân kè, và lòng sông do tác động của sóng, ghe tàu.

Ngược lại kịch bản mực nước hạ thấp (khô nước) cho thấy được sự giảm về độ ổn định của công trình, do mất đi sự tác động gây cân bằng của áp lực nước nói chung vào kè.

Trong phạm vi nghiên cứu này cho thấy

việc sử dụng 02 chương trình phân tích cho thấy, có thể dùng chương trình plaxis mô phỏng các kịch bản trong thiết kế để tham khảo với độ an toàn cao hơn so với kết quả tham khảo khi phân tích bằng phần mềm Geostudio.

#### **4.2 Kiến nghị:**

Khi tính ổn định và biến dạng của hệ kè cần nghiên cứu thêm về ảnh hưởng các yếu tố như: sự xói lở đất ở chân tường cọc, xói lở dạng hàm ếch, thay đổi dòng chảy do khai thác cát...

Đề tài cần có kết quả quan trắc chuyển vị ngang đỉnh kết cấu Kè tại những vị trí mặt cắt nghiên cứu thực hiện mô phỏng. Để có kết quả đối sánh cụ thể, nên nghiên cứu này chỉ đưa ra kết luận mang tính dự báo để cho các cơ quan, đơn vị có số liệu tham khảo. Từ đó có phương án, kế hoạch tuyên truyền, cảnh báo, hạn chế các loại tải trọng hoạt động bên trên kè, cũng như đảm bảo an toàn hành lang khai thác công trình thủy lợi khi vận hành khai thác sử dụng công trình đạt hiệu quả cao nhất.

#### **Tài liệu tham khảo**

- [1] H. V. Cường, N. N. Quỳnh, B. H. Hiếu, “Đánh giá hiện trạng về sự ổn định và hiệu quả của các giải pháp công nghệ bảo vệ bờ sông, bờ biển ở Việt Nam,” tạp chí Khoa học và Công nghệ thủy lợi số 34-2016
- [2] L.X. Khâm, “Nghiên cứu ứng dụng màn cừ bê tông cốt thép dự ứng lực để bảo vệ bờ sông trong các đô thị,” Vietnam J. Chem, vol. 56, no. 3, pp. 384–388, 2018.

- [3] M. Hajiazizi and F. Heydari, "Where is the Optimal Pile Location on Earth Slopes," KSCE J. Civ. Eng., vol. 23, no. 3, pp. 1087–1094, 2019.
- [4] C. Li, W. Chen, Y. Song, W. Gong, and Q. Zhao, "Optimal Location of Piles in Stabilizing Slopes Based on a Simplified Double-Row Piles Model," KSCE J. Civ. Eng., vol. 24, no. 2, pp. 377–389, 2020.
- [5] N. T. Quang, C. T. Linh, Đ.H. Lễ "Đề xuất giải pháp chống sạt lở bờ sông Cần Thơ tại TP. Cần Thơ," vol. 7, pp. 60–66, 2021.
- [6] T. T. Điền, "Nghiên cứu phân tích đánh giá hiện tượng sạt lở bờ kênh Hai Quí khu vực xã Thanh Lợi, huyện Bình Tân, tỉnh Vĩnh Long," Econ. Forecast Rev, vol. 823, no. 33, pp. 121-124, 2022.
- [7] A.W. Bishop, The use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes, Geotechnique, Vol. 5, No.1, 1955
- [8] Bộ Khoa học và Công nghệ, TCVN 12250:2018 – Tiêu chuẩn Việt Nam về yêu cầu thiết kế công trình bến cảng thủy nội địa, 2018.
- [9] Bộ Giao thông vận tải, Tiêu chuẩn Việt Nam 22TCVN 262:2000 - Quy trình khảo sát thiết kế nền đường ô tô trên nền đất yếu, 2000.
- [10] Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8421-2010, Công trình thủy lợi - Tải trọng và lực tác dụng lên công trình do sóng và tàu, 2010
- [11] Thống kê số liệu mực nước cao nhất năm, mực nước thấp nhất năm trạm thủy văn Long Xuyên – An Giang, Chi cục Thủy lợi tỉnh An Giang, 2021.
- [10] Bộ Tài Nguyên và Môi Trường, Kịch bản biến đổi khí hậu, NXB Tài Nguyên Môi Trường, 2021.

### Abstract

The comprehensive understanding of the behavioral response under working conditions in reinforced concrete pile embankment structures holds paramount importance for the effective design, construction, operation, and utilization of such engineering endeavors. This investigation contributes to the enhancement of novel construction projects, the upgrading of existing riverbank protection works, and aligning with the geological and economic conditions of distinct regions, while simultaneously adapting to the global challenges of climate change and rising sea levels. The research endeavors encompass the application of Plaxis 2D version 8.5 and Geostudio Slope/W software, instrumental for simulating and computing the safety factor concerning slope stability and the deformation capacity exhibited by the pile systems in the riverbank protection projects along the Hau River, specifically in the region of Binh Duc Ward, Long Xuyen City, An Giang Province. By juxtaposing the outcomes derived from the two calculation methodologies, anticipatory assessments of the embankment structure's working conditions at the limit state can be ascertained. This, in turn, ensures efficient utilization of resources and furnishes valuable reference materials, serving as a guiding framework for designing analogous projects.

*Keywords: Advanced materials, technology, Industry 4.0 revolution*