

Đánh giá ổn định tuyến kè giảm sóng và tuyến đê khu vực biển Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng

Trương Hoài Vũ¹, Lâm Tấn Phát², Trần Văn Tỷ^{2,*}

¹ Học viên cao học, Trường Bách khoa, Trường Đại học Cần Thơ; Công ty Cổ Phần Tư vấn Xây dựng Khánh Hưng

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

TỪ KHOÁ

Đê biển Vĩnh Châu
Kè ly tâm giảm sóng
Phân tích ổn định
Tỉnh Sóc Trăng

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được tiến hành với mục tiêu là đánh giá ổn định của tuyến kè giảm sóng và tuyến đê được xây dựng tại khu vực biển thị xã Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng. Quá trình đánh giá được mô phỏng theo phương pháp phần tử hữu hạn và dựa trên các kịch bản của công tác quy hoạch khu vực nghiên cứu, với sáu kịch bản tính toán cho kè giảm sóng và năm kịch bản cho tuyến đê biển phía trong kè. Kết quả của nghiên cứu thấy độ ổn định của mô hình kè ly tâm giảm sóng khá cao (Hệ số FS > 2,70). Tuy nhiên sau hai năm vận hành công trình có hiện tượng xói chân kè phía biển, bồi tụ phía trong dẫn đến hệ số an toàn giảm (FS = 1,54). Do đó nghiên cứu đề xuất (kịch bản 6) giảm chiều dài cọc ly tâm từ 9 m về 7 m đồng thời gia cố đá học tự do chân kè phía biển. Giải pháp này là khả thi với kết quả kiểm tra ổn định có hệ số an toàn cao (FS = 2,10). Tuyến đê biển phía trong kè giảm sóng có nguy cơ bị mất ổn định nếu chịu tác động trực tiếp từ sóng biển. Do đó cần xây dựng công trình kè giảm sóng trước khi tiến hành nâng cấp tuyến đê thành đường giao thông theo quy hoạch.

KEYWORDS

Vinh Chau sea dike
Pile-rock breakwater
Stability analysis
Soc Trang province

ABSTRACT

This study aims to assess the stability of the breakwater and sea-dike system constructed in the coastal area of Vinh Chau town, Soc Trang province. The assessment process was conducted by simulating the stability using the finite element method and being based on six scenarios for the breakwater and five scenarios for the sea-dike. The results show that the stability of the breakwater is relatively high (Safety Factor (FS) > 2.70). However, after two years of operation, erosion at the seaward base and sediment accumulation behind the structure caused a reduction in the safety factor (FS = 1.54). As a result, the study proposed (scenario 6) reducing the length of the piles from 9 m to 7 m, while reinforcing the seaward base with loose rock. This solution has been found feasible, with the stability analysis showing a high safety factor (FS = 2.10). The inland sea-dike behind the breakwater faced instability risks if exposed to direct wave impacts. Therefore, it is essential to construct the breakwater before upgrading the sea-dike into a roadway according to the development plan.

1. Mở đầu

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) với đường bờ biển dài 720 km đi qua các tỉnh Kiên Giang, Cà Mau, Bạc Liêu, Sóc Trăng, Trà Vinh, Bến Tre và Tiền Giang được bảo vệ bởi đai rừng ngập mặn [1]. Thời gian gần đây, dưới tác động của biến đổi khí hậu, nước biển dâng, sự suy giảm lượng phù sa ở sông Tiền và sông Hậu cùng với các hoạt động gây tổn hại của con người như khai phá rừng lấy đất sản xuất, vùng đất này đang bị sạt lở bờ sông, xói lở bờ biển ngày càng nghiêm trọng [2]. Khu vực nghiên cứu là thị xã Vĩnh Châu thuộc tỉnh Sóc Trăng, một phần của ĐBSCL, có đường bờ biển dài khoảng 72 km tiếp giáp biển Đông với 30.000 ha bãi bồi và ba cửa sông lớn là Định An, Trần Đề và Mỹ Thanh [3]. Đường bờ biển thị xã Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng (đoạn từ cống số 2 đến cống số 4) bị xói lở nghiêm trọng trong giai đoạn

2006–2020 với bề rộng rừng ngập mặn (RNM) giảm khoảng 70–140 m giai đoạn 2006–2014 và 10–50 m giai đoạn 2014–2020 [4] (Hình 1). Dưới tác động của sóng, gió và dòng chảy dẫn đến thay đổi trong quá trình vận chuyển bùn cát, thay đổi hình thái bờ biển [5]. Các tác động này là nguyên nhân và cơ chế gây ra tình trạng xói lở bờ biển Đông của bán đảo Cà Mau nói chung và khu vực tỉnh Sóc Trăng nói riêng [6]. Sự mất cân bằng về động lực bùn cát hạt mịn ở các quy mô không gian và thời gian khác nhau là nguồn gốc phát sinh ra suy thoái rừng và dẫn tới xói lở bờ biển khu vực RNM [7-8].

Phần lớn các con sóng ở khu vực biển Nam Bộ có năng lượng trung bình và yếu với chiều cao dưới 1,25 m chiếm đến 75,63%, chiều cao sóng ý nghĩa là 1,54 m với chu kỳ trung bình là 5,5 giây [9-11]. Công trình giảm sóng, tạo bồi hỗ trợ trồng rừng ở vùng ven biển ĐBSCL bao gồm công trình tạm thời hàng rào cọc tre, cọc tràm và công trình

*Liên hệ tác giả: tvty@ctu.edu.vn

Nhận ngày 26/08/2024, sửa xong ngày 10/09/2024, chấp nhận đăng ngày 11/09/2024

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.05.2024.772>

kiện cổ lâu dài: đê trụ rồng, đê rồng Busadco, đê cọc ly tâm đá đỏ,... [9-14]. Từ năm 2021 đến nay, khu vực bờ biển Vĩnh Châu, Sóc Trăng đã xây dựng các tuyến kè ly tâm giảm sóng, tạo bồi, khôi phục RNM. Tuyến kè từ ranh giới Bạc Liêu đến cống số 2, tuyến kè cống số 2 đến cống số 4 và tuyến kè K39-K45 phần nào đã phát huy hiệu quả [15]. Mục tiêu của nghiên cứu này là nhằm đánh giá ổn định tuyến kè giảm sóng và tuyến đê khu vực biển Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng trong các điều kiện vận hành khai thác chịu ảnh hưởng của sóng biển và xét đến quy hoạch liên quan tuyến đê biển.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu (KVNC).

2. Phương pháp nghiên cứu

Nhằm thực hiện được mục đích đánh giá hiệu ổn định tuyến kè ly tâm và tuyến đê biển khu vực nghiên cứu, nhóm tác giả đã tiến hành thu thập và thống kê các số liệu, kết hợp khảo sát thực địa; từ đó phân tích đánh giá ổn định tuyến kè và tuyến đê vị trí có kè và không có kè tại thời điểm hiện tại và các kịch bản quy hoạch tuyến đê trong tương lai. Tổng hợp, đối sánh các vị trí tính toán hiện tại và theo kịch bản quy hoạch. Khuyến nghị mô hình ổn định của tuyến kè, tuyến đê theo các kịch bản quy hoạch. Các bước thực hiện nghiên cứu theo sơ đồ Hình 2.



Hình 2. Sơ đồ các bước nghiên cứu.

a. Thu thập số liệu

Các số liệu được thu thập từ các cơ quan quản lý Nhà nước ở tỉnh Sóc Trăng như: Sở Tài nguyên và Môi trường, Sở Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, Sở Giao thông Vận tải, Ban Quản lý dự án 2, Ban Quản lý đầu tư và xây dựng thủy lợi 10; và các đơn vị nghiên cứu, tư vấn như: Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam, Công ty CPTVXD Khánh Hưng, Công ty TNHH Ba Xuyên, Công ty CPTVKĐXD Miền Tây để đánh giá tổng quan khu vực nghiên cứu. Bên cạnh các ảnh vệ tinh Google Earth của khu vực được tải để phân tích diễn biến đường bờ. Số liệu thứ cấp và nguồn thu thập được thể hiện qua Bảng 1.

Bảng 1. Số liệu thứ cấp và nguồn số liệu.

STT	Tên số liệu	Nguồn thu thập	Năm
1	Bản đồ địa hình khu vực	Sở Tài nguyên và Môi trường	2023
2	Bản đồ khu vực xói lở	Chi cục Thủy lợi Sóc Trăng	2023
3	Bản đồ quy hoạch	Sở Giao thông vận tải	2023
4	Địa hình, địa chất, thủy văn, chế độ dòng chảy	Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam; Công ty CPTVXD Khánh Hưng; Công ty TNHH Ba Xuyên; Công ty CPTVKĐXD Miền Tây	2019-2023
5	Ảnh vệ tinh Google Earth	Google Earth	2006-2023

Bên cạnh đó, nghiên cứu này đã thu thập các số liệu qua việc đo đạc, khảo sát thực địa tại KVNC, các bước thực hiện như sau:

- Tiến hành khảo sát địa hình, vẽ bình đồ tuyến kè, tuyến đê;
- Tiến hành đo đạc, vẽ trắc ngang tuyến kè, tuyến đê.

Số liệu địa chất: Địa chất công trình có thể chia làm các lớp đất chính như sau:

- + Lớp A: Lớp trầm tích mới (phù sa bồi lấp, lẫn vỏ sò);
- + Lớp 1: Bùn sét, màu xám nâu - xám đen, trạng thái nhão;
- + Lớp 2: Sét, màu nâu vàng, trạng thái dẻo mềm;

Lớp đất 1, lớp đất 2 trong vị trí khảo sát là lớp đất yếu, có tính nén lún cao, khả năng chịu lực kém và biến dạng lớn.

Số liệu địa hình

Địa hình khu vực nghiên cứu tương đối bằng phẳng. Khu vực trong đê có cao độ (MSL) dao động từ +0,5 m đến +1,5 m. Cao độ tuyến đê biển +4,0 m. Cao độ bãi biển vị trí xây dựng tuyến kè dao động từ -0,5 m đến +0,0 m. Độ dốc hướng ra biển, khu vực chân đê có cao độ từ +1,2 m đến +2,0 m.

Chế độ thủy văn

Toàn vùng dự án chịu ảnh hưởng mạnh mẽ của chế độ bán nhật triều không đều của biển Đông, với những diễn biến thủy văn khá phức tạp và những đặc điểm cơ bản sau:

Trong một ngày đêm, mực nước lên xuống hai lần, hình thành hai đỉnh và hai chân triều không đều nhau về cao độ. Đỉnh triều chênh lệch nhau 0,2-0,4 m, chân triều chênh lệch lớn hơn 1,0-2,5 m. Biên độ triều khá biến động: lúc triều cường, biên độ biến thiên từ 2,5-4,5 m;

lúc triều kém, biên độ triều biến thiên từ 1,5-2,5 m. Biên độ lớn khoảng 4 m (vào tháng 12), sau đó giảm xuống 2,5 m (tháng 3, 4) rồi đạt 3,5 m (tháng 6, 7) và xuống thấp còn 3m (tháng 9, 10).

Trong tháng có hai chu kỳ triều, mỗi chu kỳ khoảng 15 ngày. Trong một chu kỳ có 3-5 ngày triều lên - xuống mạnh, gọi là triều cường (đỉnh cao, chân thấp); tiếp đó là 3-5 ngày triều lên - xuống yếu, gọi là kỳ triều kém.

Thủy triều trong KVNC chủ yếu là bán nhật triều không đều. Biên độ thủy triều ở cửa sông Hậu vào khoảng 3 m (triều cường) và 1,8 m (triều kém). Biên độ triều giảm dần theo khoảng cách lên thượng lưu.

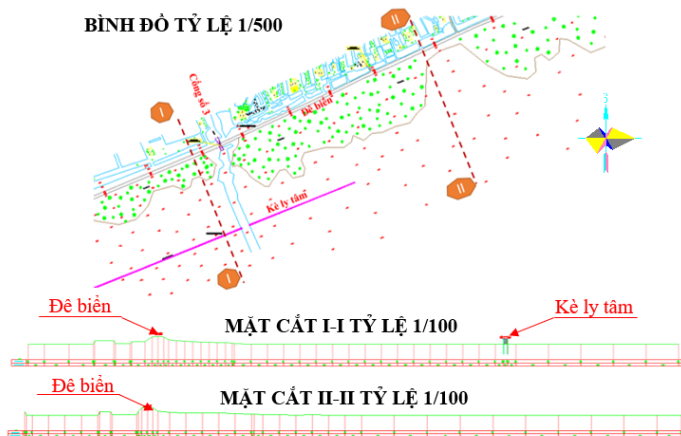
Chế độ dòng chảy

Chế độ thủy, hải văn ven biển phụ thuộc vào nguồn nước của sông Mê Công và chế độ thủy triều của biển. Trong mùa hè dòng chảy các tầng nhìn chung có xu thế đi từ Nam lên Bắc. Ngoài khơi, dòng chảy ổn định hơn với tốc độ trung bình 0,4-0,5 m/s. Mùa khô dòng chảy thường có hướng từ Bắc xuống Nam và chịu ảnh hưởng của các đợt gió mùa Đông Bắc. Khu vực ngoài khơi, dòng chảy có hướng tương đối ổn định. Ở gần bờ, do ảnh hưởng của các cửa sông và kênh rạch đổ ra biển, cùng với dòng chảy của sông Hậu đã gây tác động đến hướng của dòng chảy.

Trong gió mùa Tây Nam, dòng chảy chịu ảnh hưởng chủ yếu của thủy triều, vận tốc dòng chảy phổ biến từ 10-30 cm/s, hướng chủ đạo theo hướng Bắc-Nam. Vào gió mùa Tây Nam, vận tốc dòng chảy được tăng cường do ảnh hưởng của sóng và gió, giá trị phổ biến từ 20-50 cm/s. Do ảnh hưởng của sóng, hướng dòng chảy bị phân tán hơn, tạo ra dòng xiên góc với bờ theo chiều Đông Nam - Tây Bắc.

b. Khảo sát hiện trạng

Tuyến kè ly tâm và tuyến đê biển khu vực cống số 3 (Hình 3) gồm hai vị trí dự kiến: vị trí tuyến đê nằm trong tuyến kè ly tâm (mặt cắt I-I) và vị trí tuyến đê nằm ngoài tuyến kè ly tâm (mặt cắt II-II).



Hình 3. Bình đồ, cắt ngang nghiên cứu.

Hiện trạng tuyến kè ly tâm

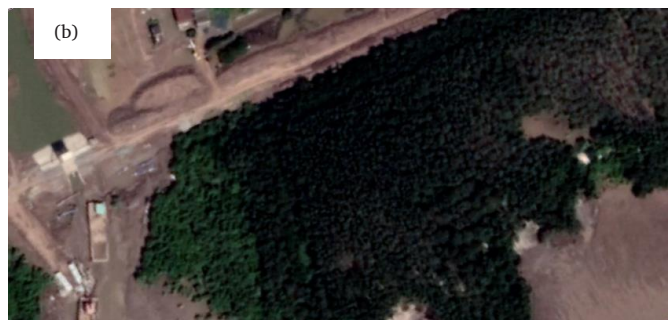
Tuyến kè ly tâm hiện trạng được thi công theo [16] (Hình 4a). Công

trình được thiết kế với cao trình đỉnh thiết kế là +2,5 m, chiều rộng đỉnh kè là 3,0 m, chiều rộng lọt lòng là 2,2 m. Kết cấu chính gồm hai hàng cọc bê tông cốt thép ly tâm đường kính cọc 30 cm dài 9,0 m. Theo phương dọc: tim cọc cách nhau 50 cm; Theo phương ngang: tim cọc cách nhau 2,5 m. Trên đỉnh hai hàng cọc bố trí hệ thống dầm dọc theo hàng cọc kích thước (0,5×0,4) m và dầm ngang kích thước (0,4×0,3) m liên kết hai hàng cọc với nhau, mỗi dầm cách nhau 2,0 m. Phía trong, giữa hai hàng cọc được xếp đá hộc KT (0,4×0,3) m sát theo hàng cọc ngoài và phía trong xếp chèn đá (0,3×0,2) m, tỷ lệ 2 loại đá 50/50, bên dưới đá hộc có đệm phen cử tràm kích thước mắt lưới (0,2×0,2) m.

Tại thời điểm xây dựng xong năm 2022, cao trình mặt đất trước và sau kè dao động trong khoảng -0,5 m. Thời điểm khảo sát năm 2024 cao trình mặt đất phía trong kè được bồi lắng cao trình khoảng +1,5 m và phía ngoài kè xói dọc chân với bề rộng khoảng 5 m, độ sâu xói -0,5 m.

Hiện trạng tuyến đê biển

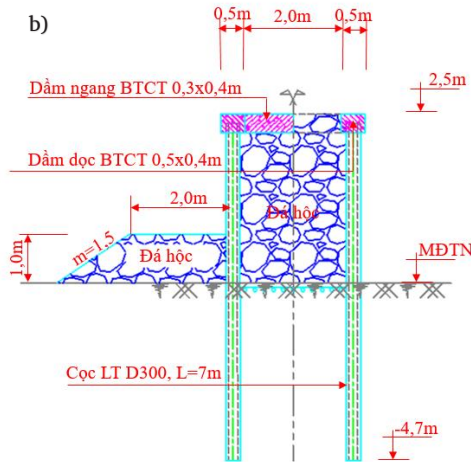
Tuyến đê biển Vĩnh Châu được nâng cấp bắt đầu từ thời điểm năm 2019 và hoàn thành năm 2021. Thời điểm khảo sát năm 2024 tuyến đê đoạn qua khu vực cống số 3 có cao trình đỉnh đê +4,0 m, bề rộng mặt đê 7,0 m, đê lõi cát đắp đất bao, mái taluy phía biển và phía đồng m = 1,5. Chân đê phía biển mái dốc thẳng đứng, chân đê phía đồng là khoang đào khai thác đất đắp đê (Hình 4b).



Hình 4. Tuyến kè và tuyến đê KVNC.

c. Xây dựng mô hình nghiên cứu

Mô hình kè ly tâm giám sóng và tuyến đê biển được xây dựng trên phần mềm Plaxis như Hình 5.



Hình 8. Mặt cắt ngang kè ly tâm giảm sóng.

(b) Kịch bản phân tích ổn định tuyến đề biển

Quy hoạch tỉnh Sóc Trăng thời kỳ 2021 – 2030 theo [19] và báo cáo đề xuất dự án Xây dựng các tuyến đường bộ nhằm cải thiện liên kết vùng Đông Nam của tỉnh Sóc Trăng và kết nối với tỉnh Bạc Liêu và tỉnh Trà Vinh của UBND tỉnh Sóc Trăng thì tuyến đề biển Vĩnh Châu sẽ được nâng cấp thành đường cấp III– đồng bằng, tải trọng thiết kế cầu và công trình HL93; tải trọng thiết kế đường trục xe 10 tấn. Do đó, nghiên cứu này căn cứ [20] và [21] để xác định tải trọng cho các kịch bản tính toán ổn định trong tương lai của tuyến đề biển này. Trong đó, hoạt tải người đi bộ tham gia giao thông là 0,3 T/m²; hoạt tải xe trục 10 tấn được quy đổi tải trọng tương đương là 10 T/m².

Năm kịch bản được xem xét để phân tích sự ổn định của tuyến đề biển này:

Kịch bản 1: Tuyến đề hiện trạng không có sóng, hoạt tải người đi bộ;

Kịch bản 2: Tuyến đề hiện trạng phía ngoài không có kè ly tâm có sóng, hoạt tải người đi bộ;

Kịch bản 3: Tuyến đề hiện trạng phía ngoài có kè ly tâm có sóng, hoạt tải người đi bộ;

Kịch bản 4: Tuyến đề theo quy hoạch phía ngoài không có kè ly tâm có sóng, hoạt tải người đi bộ, xe trục 10 tấn;

Kịch bản 5: Tuyến đề theo quy hoạch phía ngoài không có kè ly tâm có sóng, hoạt tải người đi bộ, xe trục 10 tấn.

d. Tính toán ổn định công trình

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất kiểm tra ổn định các kịch bản bằng phần mềm Plaxis - là phần mềm sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn, phân tích ổn định và biến dạng của kết cấu đất, đá trong lĩnh vực địa kỹ thuật công trình.

Hệ số ổn định được tính theo phương pháp suy giảm cường độ góc ma sát (φ) và lực dính (C). Trong phương pháp này tham số góc ma sát φ và lực dính C của đất được cho giảm liên tục cho đến khi xuất hiện sự phá hoại của kết cấu. Tổng độ bền ΣMsf được sử dụng để xác

định giá trị các tham số độ bền của đất tại một giai đoạn phân tích xác định:

$$\Sigma Msf = \frac{\tan \varphi_{input}}{\tan \varphi_{reduced}} = \frac{C_{input}}{C_{reduced}}$$

Trong đó: *Input* là tham số đầu vào trong phần nhập số liệu; *Reduced* là giá trị giảm dần trong quá trình phân tích.

Khi đó hệ số ổn định là:

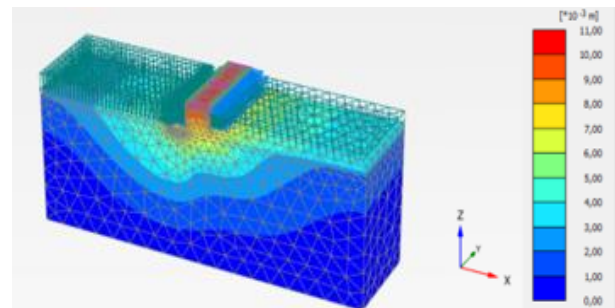
$$FS = \frac{\text{Độ bền ban đầu}}{\text{Độ bền tại thời điểm phá hoại}} = \text{giá trị } \Sigma Msf \text{ tại thời điểm phá hoại}$$

3. Kết quả và thảo luận

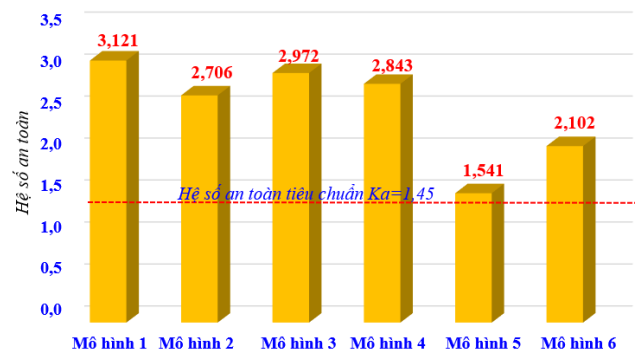
a. Đánh giá ổn định tuyến kè ly tâm

Từ sáu kịch bản được xây dựng cho tuyến kè với mỗi kịch bản có giá trị tải trọng tác dụng khác nhau, kết cấu khác nhau trên cùng nền địa chất thì hệ số ổn định của từng kịch bản cũng khác nhau. Kết quả được minh họa như Hình 9 và tổng hợp hệ số an toàn cho các kịch bản được thể hiện trên

Hình 10.



Hình 9. Minh họa ổn định của kè ly tâm theo Kịch bản 6.



Hình 10. Kết quả phân tích ổn định của kè ly tâm theo các kịch bản.

Từ kết quả đánh giá ổn định theo các kịch bản cho thấy tại thời điểm xây dựng, công trình bắt đầu vận hành không chịu tác động của năng lượng sóng công trình có hệ số an toàn gấp đôi hệ số an toàn cho phép (Kịch bản 1). Khi có sóng phía ngoài biển tác dụng vào kè thì hệ số an toàn giảm nhưng không đáng kể (Kịch bản 2). Trường hợp sóng

phía trong tác dụng lên kè có giảm năng lượng hệ số an toàn cũng khá cao (Kịch bản 3).

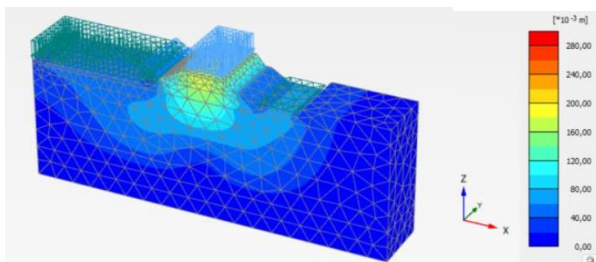
Sau hai năm vận hành, phía trong kè bồi lắng với chiều cao $h = 1$ m, phía ngoài kè bị xói chân; trường hợp sóng ngoài tác dụng lên kè có hệ số an toàn cũng khá cao (Kịch bản 4), trường sóng phía trong tác dụng lên kè có giảm năng lượng hệ số an toàn giảm gần bằng hệ số an toàn cho phép (Kịch bản 5).

Qua năm kịch bản theo số liệu thiết kế và số liệu đo đạc, thì Kịch bản 5: sau hai năm vận hành, phía trong kè bồi lắng với chiều cao $h = 1$ m, phía ngoài kè bị xói chân, sóng tác dụng phía trong kè có giảm năng lượng là trường hợp nguy hiểm nhất. Nghiên cứu dự đoán theo thời gian nếu phía trong kè bồi lắng thêm nữa và phía chân kè hố xói phát triển tiếp thì kè sẽ mất ổn định.

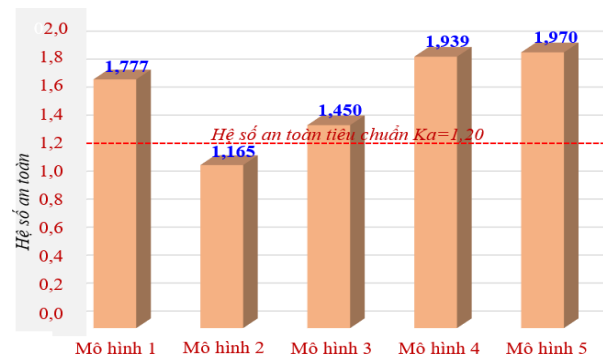
Từ các kịch bản gắn với hiện trạng và tài liệu đo đạc cho thấy hệ số an toàn khá cao tại thời điểm xây dựng (từ Kịch bản 1 đến Kịch bản 4) nên có thể điều chỉnh chiều dài cọc. Xét Kịch bản 5, hệ số ổn định giảm khá nhiều nên cần phải thiết phải có giải pháp gia cố hố xói tại chân kè. Từ những kết quả trên, nghiên cứu đề xuất Kịch bản 6 là kịch bản kịch bản 5 nhưng giảm chiều dài cọc và có thêm giải pháp gia cố hố xói chân kè phía biển. Kết quả hệ số an toàn khá cao so với hệ số cho phép và giải pháp đề xuất là khả thi. Trong phương án đề xuất (Kịch bản 6) có phát sinh thêm phần đá học gia cố chân kè nhưng chi phí đã cắt giảm từ 2 m chiều dài cọc có thể bù đắp được.

b. Đánh giá ổn định tuyến đề biển

Kết quả tính toán độ ổn định theo năm kịch bản của tuyến đề biển được trình bày trong Hình 11 và Hình 12.



Hình 11. Minh họa ổn định của tuyến đề biển theo Kịch bản 2.



Hình 12. Kết quả phân tích ổn định của tuyến đề biển theo các kịch bản.

Từ kết quả phân tích ổn định theo các kịch bản cho thấy tuyến đề bị mất ổn định khi chịu tác động trực tiếp của năng lượng sóng (Kịch bản 2). Các Kịch bản 1 và 3 cho thấy tuyến đề hiện trạng có hệ số an toàn lớn hơn hệ số an toàn tiêu chuẩn cho phép khi chịu tác động của năng lượng sóng giảm khi qua kè ly tâm.

Kịch bản mô hình theo quy hoạch (Kịch bản 4 và 5) cho cả hai trường hợp sóng tác động trực tiếp và năng lượng sóng tác động có giảm thì hệ số an toàn khá cao. Điều này cho thấy hệ số mái taluy đề phía biển cũng góp phần tạo ổn định cho tuyến đề.

Từ các kịch bản trên cho thấy việc xây dựng tuyến kè giảm năng lượng sóng (Kịch bản 6) và xây dựng tuyến đề theo quy hoạch với mái taluy phía biển và phía đồng tuân theo tiêu chuẩn thiết kế thì công trình sẽ ổn định trong quá trình vận hành khai thác.

4. Kết luận

Các kết quả kiểm tra độ ổn định của mô hình kè ly tâm giảm sóng tại bờ biển Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng cho thấy công trình kè đã đạt hệ số an toàn thỏa tiêu chuẩn thiết kế. Trong đó trường hợp sau hai năm vận hành có xói phía biển, bồi phía trong có hệ số an toàn nhỏ nhất và xấp xỉ hệ số an toàn theo tiêu chuẩn. Từ cơ sở đó nghiên cứu đề xuất giảm chiều dài cọc ly tâm từ 9 m về 7 m, đồng thời gia cố đá học tự do chân kè phía biển. Đề xuất này được củng cố với kết quả kiểm tra ổn định có hệ số an toàn cao ($FS = 2,10$) sẽ tiết kiệm chi phí khi xây dựng.

Tuyến đề biển phía trong kè giảm sóng có nguy cơ bị mất ổn định nếu chịu tác động trực tiếp từ sóng biển. Do đó cần xây dựng công trình kè giảm sóng trước khi tiến hành nâng cấp tuyến đề thành đường giao thông theo quy hoạch.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Takagi, H., Thao, N. D., Esteban, M., Tam, T. T., Knaepen, H. L., Mikami, T., & Yamamoto, L. (2013). Coastal Disaster Risk in Southern Vietnam: The problem of coastal development and the need for better coastal planning. Geneva, Switzerland, 30pp.
- [2]. Ty, T. V., Duy, D. V., Phat, L. T., Minh, H. V. T., Thanh, N. T., Uyen, N. T. N., & Downes, N. K. (2024). Coastal Erosion Dynamics and Protective Measures in the Vietnamese Mekong Delta. *Journal of Marine Science and Engineering*, 12(7), 1094.
- [3]. Takagi, H., Ty, T. V., Thao, N. D., & Esteban, M. (2015). Ocean tides and the influence of sea-level rise on floods in urban areas of the Mekong Delta. *Journal of Flood Risk Management*, 8(4), 292-300.
- [4]. Van Ty, T., Van Duy, D., Hong, H. T. C., Nam, N. D. G., Minh, H. V. T., Van Thinh, L., ... & Trung, N. H. (2022, December). Monitoring Shoreline Changes in the Vietnamese Mekong Delta Coastal Zone Using Satellite Images and Wave Reduction Structures. In *European Spatial Data for Coastal and Marine Remote Sensing: Proceedings of International Conference EUROMARE 2022-Saint Malo, France* (pp. 171-190). Cham: Springer International Publishing.
- [5]. Thanh, V. Q., Reyns, J., Van, S. P., Anh, D. T., Dang, T. D., & Roelvink, D. (2019). Sediment transport and morphodynamical modeling on the estuaries and coastal zone of the Vietnamese Mekong Delta. *Continental Shelf Research*, 186, 64-76.

- [6]. Pham, H. T., & Bui, L. T. (2023). Mechanism of erosion zone formation based on hydrodynamic factor analysis in the Mekong Delta coast, Vietnam. *Environmental Technology & Innovation*, 30, 103094.
- [7]. Kathiresan K. (2012), Importance of Mangrove Ecosystem. *International Journal of Marine Science* Vol.2, No.10, 70-89.
- [8]. Winterwerp, J.C., Erftemeijer, P.L.A., Suryadiputra, N., van Eijk, P., and Liqun Zhang. (2013), Defining Eco-Morphodynamic Requirements for Rehabilitating Eroding Mangrove-Mud Coasts. *Wetlands* 33, pp. 515-526.
- [9]. Nghĩa, N.V., Minh, H.V.T., Luận, T.C., & Tỳ, T.V. (2020). Đánh giá hiệu quả giảm sóng của kè Busadco: trường hợp nghiên cứu tại Biển Đông và Biển Tây tỉnh Cà Mau. *Tạp chí xây dựng*, 198–205.
- [10]. Thuận, N.N., Tỳ, T.V., Hùng, T.V., Hồng, H.T.C., Nhạn, H.N., Lâm, T.H., Duy, Đ.V., Hải, T.K., Tuấn, T.V., & Quảng, T.M. (2021). Đánh giá hiệu quả của các công trình kè giảm sóng tại bờ biển Tây tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn*, 732, 93-105.
- [11]. Trung, T.Q., Bắc, L.V., Phát, L.T., Duy, Đ.V., & Tỳ, T.V. (2023). Phân tích ổn định của các loại kè giảm sóng tạo bồi tại bờ biển Tây, tỉnh Cà Mau. *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng-Bộ Xây dựng*, 13(05), 57-Trang.
- [12]. Tú, L.X., Dương, Đ.V., & Tùng, L.T. (2020). Đánh giá tình hình sạt lở, hệ thống bảo vệ bờ biển ở Đồng bằng sông Cửu Long và định hướng giải pháp bảo vệ. *Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ 2019-2020*. Số 21.
- [13]. Chương, L.T., Tú, L.X., & Dương, Đ.V. (2020). Quá trình biến đổi năng lượng sóng của đê giảm sóng dạng hở và dạng kín trên mô hình máng sóng. *Tuyển tập kết quả khoa học và công nghệ 2019-2020*. Số 21
- [14]. Tú, L.X., & Dương, Đ.V. (2020). Nghiên cứu khả năng truyền sóng của đê kết cấu cọc ly tâm đổ đá học trên mô hình máng sóng. *Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi*, 58.
- [15]. Hậu, L.M., Phát, L.T, Duy, Đ.V., Lavane, K. & Tỳ, T.V. (2023), Đánh giá hiệu quả của kè giảm sóng tại bờ biển Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, số 59 (2023): 286-295.
- [16]. Ủy ban nhân dân tỉnh Sóc Trăng-Quyết định1545 /QĐ-UBND ngày 10/6/2020 về việc phê duyệt Dự án đầu tư xây dựng công trình gia cố đoạn sạt lở bờ biển đặc biệt nguy hiểm từ Cống số 2 đến Cống số 4, thị xã Vĩnh Châu, tỉnh Sóc Trăng.
- [17]. Bộ NN&PTNT - Tiêu chuẩn Việt nam TCVN 9901:2023 Công trình đê biển-Yêu cầu thiết kế.
- [18]. Bộ XD – Thông tư 06/2021 ngày 30/6/2021 qui định về phân cấp công trình xây dựng và hướng dẫn áp dụng trong quản lý hoạt động đầu tư.
- [19]. Thủ tướng Chính phủ - Quyết định 995/QĐ-TTg ngày 25/8/2023 về việc phê duyệt Quy hoạch tỉnh Sóc Trăng thời kỳ 2021 – 2030.
- [20]. Bộ GTVT - Tiêu chuẩn Cơ sở TCCS 41:2022 Qui trình khảo sát và thiết kế đường ô tô trên nền đất yếu.
- [21]. Bộ XD - Tiêu chuẩn Việt nam TCVN 11823:2017 Tiêu chuẩn thiết kế cầu.