

Phân tích ổn định của các loại kè giảm sóng tạo bồi tại bờ biển Tây, tỉnh Cà Mau

Trương Quốc Trung¹, Lê Văn Bắc¹, Lâm Tấn Phát², Đinh Văn Duy², Trần Văn Tỷ^{2*}

¹Ban quản lý Dự án ODA, tỉnh Cà Mau

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

TỪ KHOA

Bồi tụ
Kè giảm sóng
Lún
Phân tích ổn định
Biển Tây tỉnh Cà Mau

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá mức độ ổn định của ba dạng kè giảm sóng tại bờ biển Tây thuộc huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau. Nghiên cứu tiến hành thu thập số liệu về địa chất, địa hình kết hợp với quan trắc độ lún của các loại kè giảm sóng. Ngoài ra, độ lún của các công trình kè được tính toán theo hai phương pháp: phương pháp giải tích - lớp phân tử và phần tử hữu hạn. Sau đó, kết quả được kiểm chứng bằng số liệu quan trắc lún thực tế. Kết quả tính toán và quan trắc độ lún cho thấy kè ly tâm là thấp nhất trong ba loại kè, với độ lún tính toán theo hai phương pháp lần lượt là 76,9 mm, 51,7 mm và quan trắc lớn nhất là 60,0 mm. Kè Busadco có độ lún tính toán tương ứng lần lượt là 84,9 mm, 55,6 mm và độ lún quan trắc là 100,0 mm. Kè trụ rỗng có hệ số ổn định tính toán theo phương pháp phần tử hữu hạn là cao nhất (FS = 1,805). Tuy nhiên độ lún quan trắc của loại kè cũng cao nhất, lên đến 210,0 mm. Hệ số ổn định tổng thể FS của các loại kè có xu hướng tăng lên theo sự nâng lên của cao độ địa hình từ phía kè trở vào đất liền (do bồi). Kết quả cho thấy độ ổn định của các dạng kè giảm sóng là rất tốt, có thể áp dụng cho các khu vực bờ biển đang trong quá trình xâm thực mạnh.

KEYWORDS

Deposition
Breakwater
Settlement
Stability analysis
West coast of Ca Mau province

ABSTRACT

The objective of this study is to assess the stability of three types of breakwaters on the west coast in Tran Van Thoi district, Ca Mau province. The study conducted the collection of geological and topographic data combined with monitoring the settlement of breakwaters. In addition, the settlement of breakwaters was calculated according to two methods: the analytic method - the partial settlement layer and the finite element method. After that, the results were verified by actual settlement monitoring data. The results of settlement calculation and monitoring show that pile-rock breakwater is the lowest among the three types with settlement calculated by two methods of 76.9 and 51.7 mm, respectively and the largest observed settlement is 60.0 mm. Busadco has a settlement by mentioned methods of 84.9 mm, 55.6 mm, respectively, and the largest observed settlement is 100.0 mm. The semi-circle breakwater has the highest stability coefficient calculated by the finite element method (FS = 1.805). However, the observed settlement of this breakwater type is also the highest, up to 210.0 mm. The overall stability coefficient (FS) of breakwaters tends to increase with the increases of terrain elevation from the breakwaters side back to land (due to deposition). The results show that the stability of breakwaters is very good, which can be applied to coastal areas that are in the process of strong erosion.

1. Mở đầu

Rừng ngập mặn có tác dụng như lá chắn sóng bảo vệ cho đê biển phía trong và che chở cho cư dân ven biển mỗi khi bão kéo về [1]. Tuy nhiên, vành đai rừng ngập mặn đang bị hủy hoại theo thời gian do ý thức của con người và chính quyền chưa có giải pháp bảo vệ tối ưu [2]. Khu vực ven biển Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) đang chịu tác động của biến đổi khí hậu toàn cầu, cường độ và tần suất bão và lũ lụt dự kiến sẽ tăng lên [3]. Nhiều nghiên cứu và báo cáo đã ghi nhận sự xói mòn dọc bờ biển ĐBSCL với tổng chiều dài 245 km trong nhiều năm. Xói lở xảy ra dọc theo một dải dài bờ biển dưới hình thức mở rộng khoảng trống

trong vành đai rừng ngập mặn, phá vỡ các mũi đất ngập mặn còn lại [4]. Mục tiêu của các biện pháp công trình là thu hẹp khoảng cách ngày càng rộng, bảo vệ rừng ngập mặn và hình thành bờ biển thẳng hơn. Cần giảm thiểu các tác động tiêu cực như xói lở ở hạ lưu, ưu tiên tạo bãi bồi trước bờ biển để tiêu tán năng lượng sóng và giảm lực tác động lên bờ [5]. Đã có nhiều loại kè khác nhau được thí điểm ở ĐBSCL: Kè Busaco, kè bán nguyệt và kè ly tâm. Tác dụng của những loại kè này là hấp thụ năng lượng sóng vào bờ từ đó giúp bảo vệ rừng ngập mặn và đê biển phía trong [6].

Trong phạm vi bài báo này, tác giả giới thiệu kết quả nghiên cứu phân tích tính ổn định của các loại kè: Busadco, ly tâm và trụ rỗng tại

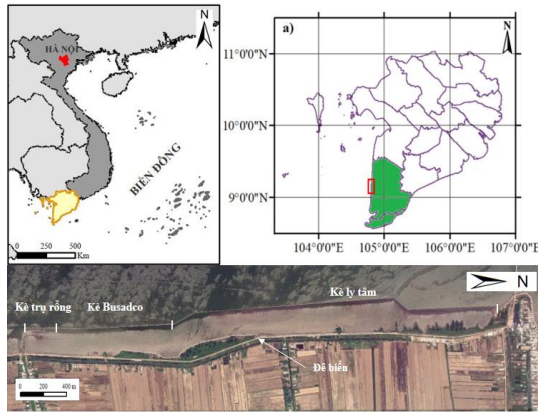
*Liên hệ tác giả: tvty@ctu.edu.vn

Nhận ngày 10/05/2023, sửa xong ngày 09/08/2023, chấp nhận đăng 16/08/2023

Link DOI: <https://doi.org/10.54772/jomc.05.2023.562>

huyện Trần Văn Thời tỉnh Cà Mau (từ kênh Mới đến kênh Đá Bạc) trong giai đoạn 2019-2023.

Khu vực nghiên cứu là tỉnh Cà Mau, cực Nam của Việt Nam và Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), nơi có phần đất liền nằm từ 8°39'N-9°42'N vĩ độ bắc và 104°43'E-105°28'E kinh độ Đông với đường bờ biển trải dài 275 km. Vùng ven biển tỉnh Cà Mau chịu ảnh hưởng của chế độ triều biển Tây và vịnh Thái Lan và dòng chảy ven bờ [7]. Tỉnh Cà Mau đã thí điểm xây dựng kè ly tâm chắn sóng tại khu vực biển Tây thuộc huyện Trần Văn Thời từ năm 2019 (Hình 1). Hiệu quả giảm xói mòn bờ biển của các loại kè đã được kiểm chứng qua một số nghiên cứu [8-9]. Tuy nhiên độ ổn định của các loại kè theo thời gian vận hành vận chưa được kiểm chứng.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Số liệu địa chất

Các số liệu địa chất từ hồ sơ thiết kế các công trình kè chắn sóng được thu thập. Tính các cơ lý của các lớp đất được trình bày ở Error! Reference source not found..

Bảng 1. Số liệu đặc trưng cơ lý đất.

TT	Đặc trưng cơ lý	Ký hiệu	Đơn vị	Lớp 1: Bùn sét	Lớp 2: Sét pha
1	Độ ẩm tự nhiên	W	%	75,86	29,96
2	Dung trọng tự nhiên	γ_w	kN/m ²	15,72	19,71
3	Dung trọng bão hòa	γ_{bh}	kN/m ²	15,96	19,97
4	Tỷ trọng	Δ_s		2,654	2,707
5	Độ bão hòa	G	%	98,6	97,0
6	Độ rỗng	n	%	67,0	45,4
7	Hệ số rỗng	e_o	%	2,041	0,836
8	Góc ma sát trong	φ	độ	3,51	14,19
9	Lực dính	C	kN/m ²	6,67	26,18
10	Module biến dạng	E	kN/m ²	598	5815
11	Hệ số thấm	K	m/ngày	5,22	4,27

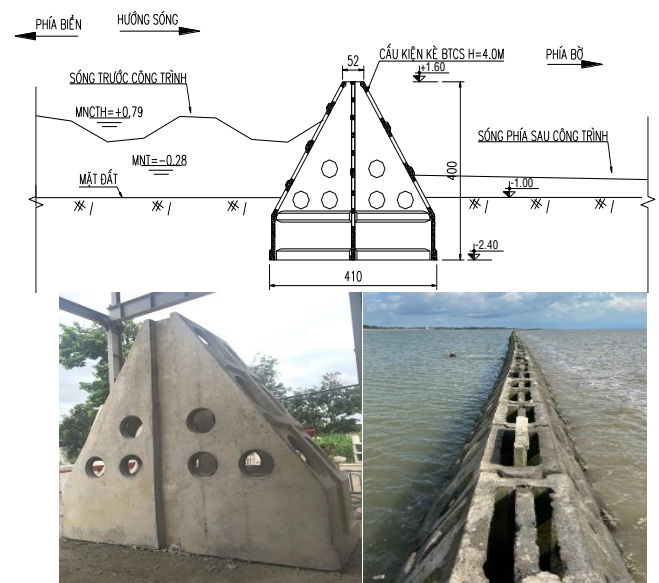
			$\times 10^{-3}$	$\times 10^{-3}$
--	--	--	------------------	------------------

2.2. Kết cấu các loại kè giảm sóng

2.2.1. Kè Busadco

Tuyến kè Busadco tại bờ biển Tây, huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau có cấp công trình là cấp IV, theo TCVN 9901-2014 các chỉ tiêu thiết kế của công trình: Tần suất tính toán ổn định kết cấu là $p = 3,33\%$; Cao trình đỉnh kè: +1,60 m; Cao trình đáy kè: -2,40 m; Độ sâu chôn kè trung bình: $h = 1,4$ m. Cấu kiện bê tông cốt phi kim Mác ≥ 300 có lỗ phá sóng, có vách ngăn đục lỗ nằm giữa kè nhằm tiêu tán năng lượng sóng và giảm lưu dòng chảy khi truyền qua công trình tạo điều kiện bồi lắng bùn cát phía sau công trình: Chiều cao: $H = 4,0$ m; Chiều rộng đáy: $B = 4,0$ m; Bề rộng đỉnh kè: $B1 = 0,52$ m; Chiều dài đốt kè: $L = 1,5$ m; Chiều dày thành 8,0 cm (Hình 2).

Lỗ giảm sóng được bố trí ở mặt trước, sau và vách giữa kè (diện tích lỗ chiếm 34 % diện tích mặt) và bố trí so le giữa các mặt. Các module kè được chôn xuống dưới nền đất tự nhiên khoảng 1,00 m, liên kết với nhau bằng khớp trượt. Các mối nối dạng khe trượt là mối nối ngầm âm dương, lắp kè sao cho khoảng hở của các khớp nối âm dương giữa 2 cấu kiện là nhỏ nhất, mối nối ngầm vào nhau từ 5-12 cm.

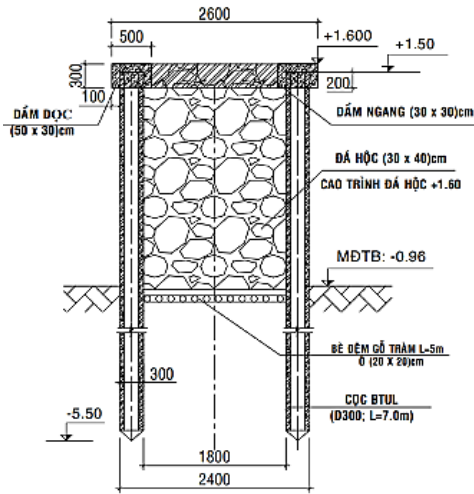


Hình 2. Mặt cắt ngang kè Busadco và công trình kè Busadco thực tế.

2.2.2. Kè ly tâm

Tuyến kè thuộc công trình cấp IV, theo TCVN 9901:2014 các chỉ tiêu thiết kế của công trình. Tần suất tính toán ổn định kết cấu: $P = 3,33\%$ (30 năm xuất hiện 1 lần). Công trình kè ly tâm giảm sóng được thiết kế với cao trình đỉnh kè là +1,60 m. Kết cấu kè bê tông ly tâm có cấu tạo bao gồm 2 cọc bê tông ly tâm chiều dài 7,0 m, đóng cách nhau 2,1 m theo phương ngang, khoảng cách tim giữa các cọc là 0,55 m. Trong lòng được thả bè trầm chống lún và thả đá hộp 30×40 cm. Trên đỉnh cọc được liên kết với nhau bằng hệ thống các dầm BTCT xích

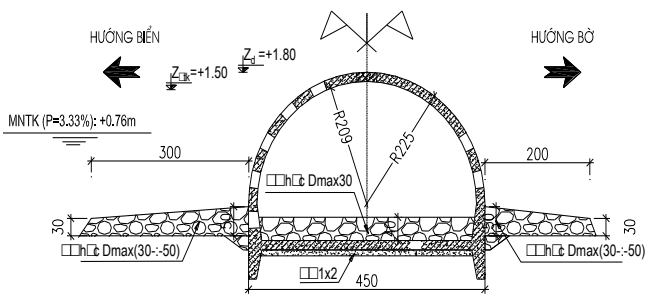
thước 50×30 cm, các dầm dọc được liên kết với nhau bằng hệ thống các dầm ngang kích thước 40×30 cm và 50×30 cm với khoảng cách là 3,3 m được thể hiện ở **Error! Reference source not found.**



Hình 3. Mặt cắt ngang kê ly tâm.

2.2.3. Kè trụ rỗng

Kè được xây dựng bằng kết cấu hình trụ rỗng được chế tạo sẵn trên bờ và thi công lắp ghép nên đảm bảo chất lượng công trình, giảm thời gian thi công. Kè sử dụng các lỗ trên bề mặt của hình trụ rỗng để tiêu sóng, các đường dòng của sóng khi lọt vào các lỗ rỗng đều có hướng tâm nên chúng va đập vào nhau, triệt tiêu năng lượng sóng ở trong bụng đê trụ rỗng (Hình 4). Do kè có hình trụ nên các lực tác dụng của nước vào đê hướng tâm nên đê ổn định tốt trên nền đất yếu. Các cấu kiện trụ rỗng có thể được di chuyển sang vị trí khác để bảo vệ rừng phòng hộ khi ở đoạn được bảo vệ đã bồi, cây rừng đã tái sinh.



Hình 4. Mặt cắt ngang kê trụ rỗng.

2.3. Tính toán độ lún

2.3.1. Tính lún theo TCVN 9362:2012

Độ lún tính toán của nền đất phía dưới các loại kè giảm sóng được tính toán bằng phương pháp giải tích - cộng lún từng lớp theo Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 9362:2012. Độ lún của kè được tính theo công thức sau:

$$s = \beta \times \sum_{i=1}^n \frac{p_i \times n_i}{E_i}$$

Trong đó: s (m) là độ lún cuối cùng của móng; β là hệ số không thứ nguyên bằng 0,8; n là số lớp đất chia theo độ sâu của tầng chịu nén của nền; E_i (kN/m) là module biến dạng của lớp đất thứ i; p_i (kN/m²) là áp lực thêm trung bình trong lớp đất thứ i.

2.3.2. Theo phương pháp PTHH

Trong nghiên cứu này, sự ổn định của các công trình kè giảm sóng được tính toán ở hai giai đoạn: (1) Giai đoạn sau khi công trình vừa thi công xong năm 2013 và (2) Giai đoạn công trình đã hoàn thành và đưa vào sử dụng đến năm 2023. Trong quá trình vận hành các công trình đã cho thấy hiệu quả tạo bãi bồi phía sau kè. Tuy nhiên khu vực chân kè xuất hiện các hố xoáy khiến cao độ mặt đất tại chân kè sụt giảm. Các số liệu bồi/xói tại các loại kè đã được quan trắc song song với quá trình quan trắc lún. Quá trình quan trắc từ khi công trình đưa vào vận hành năm 2019 và tiếp tục đến năm 2023. Các vị trí quan trắc (Hình 515) và các số liệu quan trắc được trình bày từ Bảng 1 đến Bảng 4. Các số liệu này là đầu vào của quá trình tính toán ổn định theo phương pháp PTHH. Quá trình tính toán được thực hiện trên phần mềm ứng dụng phương pháp PTHH và tập trung xác định hai giá trị quyết định độ ổn định của công trình thủy lợi là: Chuyển vị theo phương đứng (trục y) và phương ngang (trục x).

Bảng 1. Số liệu đo bồi/xói các kè Busadco.

Thời gian đo	Khoảng cách tính từ mép kè vào đất liền				
	1m	5m	10m	15m	20m
Sau thi công (2019)	-0,95	-0,90	-0,85	-0,90	-0,95
12/05/2023	-1,20	-0,27	-0,24	-0,25	-0,26
Giá trị bồi/xói	-0,25	0,63	0,61	0,65	0,69

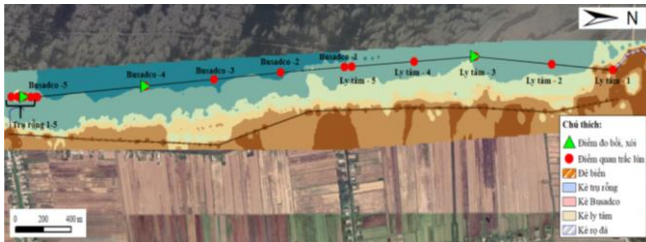
Bảng 3. Số liệu đo bồi/xói các kè ly tâm.

Thời gian đo	Khoảng cách tính từ mép kè vào đất liền				
	1m	5m	10m	15m	20m
Sau thi công (2019)	-0,92	-1,05	-0,95	-1,05	-1,02
12/05/2023	-1,19	-0,17	-0,21	-0,22	-0,20
Giá trị bồi/xói	-0,27	0,88	0,74	0,83	0,82

Bảng 4. Số liệu đo bồi/xói các kè trụ rỗng.

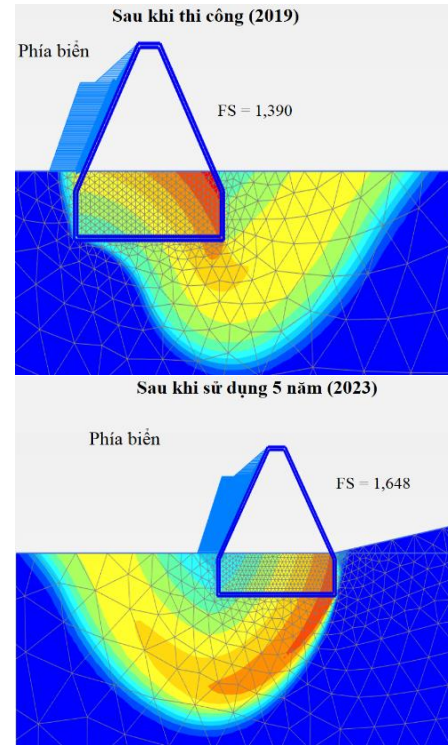
Thời gian đo	Khoảng cách tính từ mép kè vào đất liền				
	1m	5m	10m	15m	20m
Sau thi công (2019)	-0,90	-0,85	-0,90	-1,00	-1,05

12/05/2023	-1,20	-0,24	-0,25	-0,23	-0,27
Giá trị bồi/xói	-0,30	0,61	0,65	0,77	0,78

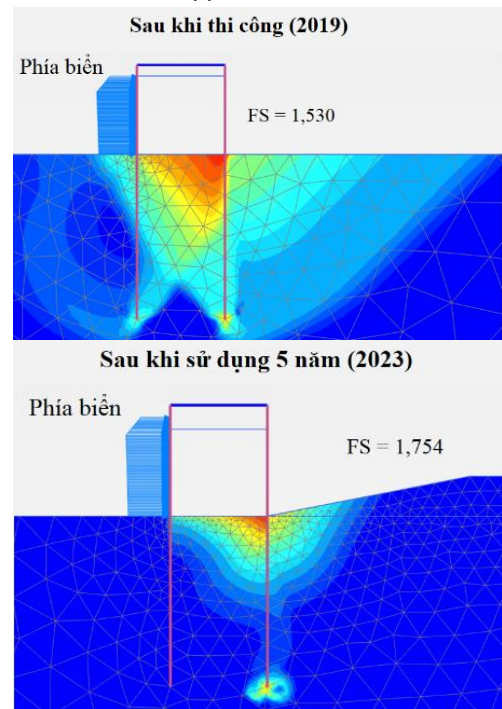


Hình 51. Mặt bằng vị trí các điểm đo bồi/xói và quan trắc lún của các loại kè.

hình.



(a) Kè Busadco



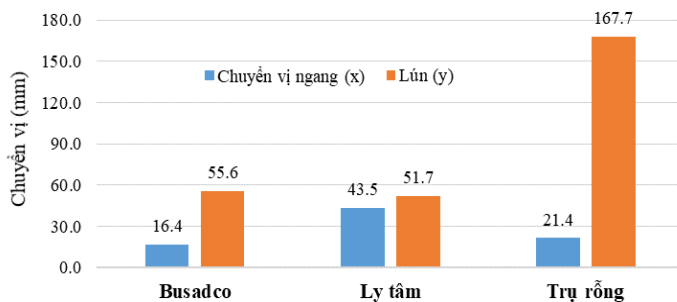
(b) Kè ly tâm

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả tính lún

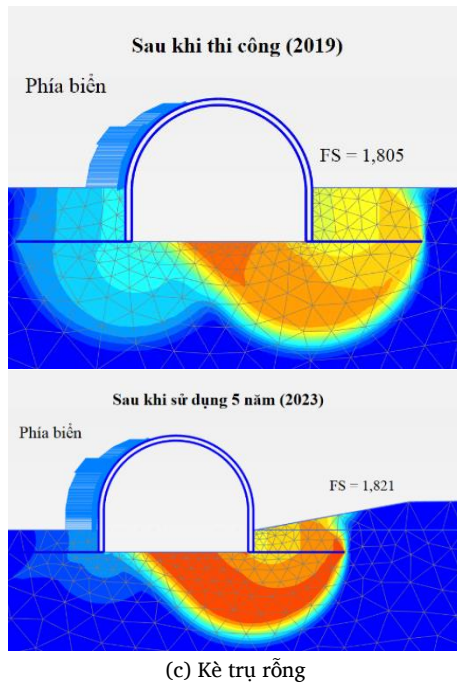
- Độ lún tính theo TCVN 9362:2012: Kết quả tính toán độ lún bằng phương pháp cộng lớp phân tử theo TCVN 9362:2012 của kè Busadco là $S = 84,9$ mm, của kè ly tâm tính toán là $S = 76,9$ mm và kè trụ rỗng là $S = 138,5$ mm.

- Độ lún tính theo phương pháp PTHH: Độ lún của các kết cấu sẽ giảm sòng được mô phỏng trong thời gian năm năm, đúng với thời gian vận hành thực tế của các loại kè. Kết quả tính toán sự chuyển vị theo phương đứng (trục y) và phương ngang (trục x) của các loại kè được trình bày ở Hình 6. Kè trụ rỗng có độ lún lớn nhất (167,7 mm), kè đến là kè Busadco (55,6 mm) cuối cùng là kè ly tâm (51,7 mm).



Hình 6. Kết quả tính toán chuyển vị của các loại kè theo phương pháp PTHH.

Kết quả tính toán sức kháng cắt ở hai giai đoạn: (1) Giai đoạn thi công vừa xong (2019) và (2) Giai đoạn địa hình đã thay đổi khi đưa vào sử dụng (2023) được trình bày từ **Error! Reference source not found**.7. Hệ số ổn định tổng thể của kè Busadco trong giai đoạn sau thi công (năm 2019) là $FS = 1,390$ (Hình 7a). Trong thời gian năm năm vận hành, công trình đã cho thấy hiệu quả tạo bồi lắng phía sau khu vực kè. Địa hình khu vực phía sau kè đã nâng lên gần 0,8 m. Tuy nhiên địa hình ngay chân kè đã hạ xuống -0,25 m. Do đó, cao độ địa hình trong mô hình đã được thay đổi và tính toán lại hệ số ổn định của kè Busadco. Kết quả cho thấy, hệ số ổn định $FS = 1,648$ - tăng lên theo sự nâng lên của địa



Hình 7. Hệ số ổn định của các loại kè tính theo phương pháp PTHH.

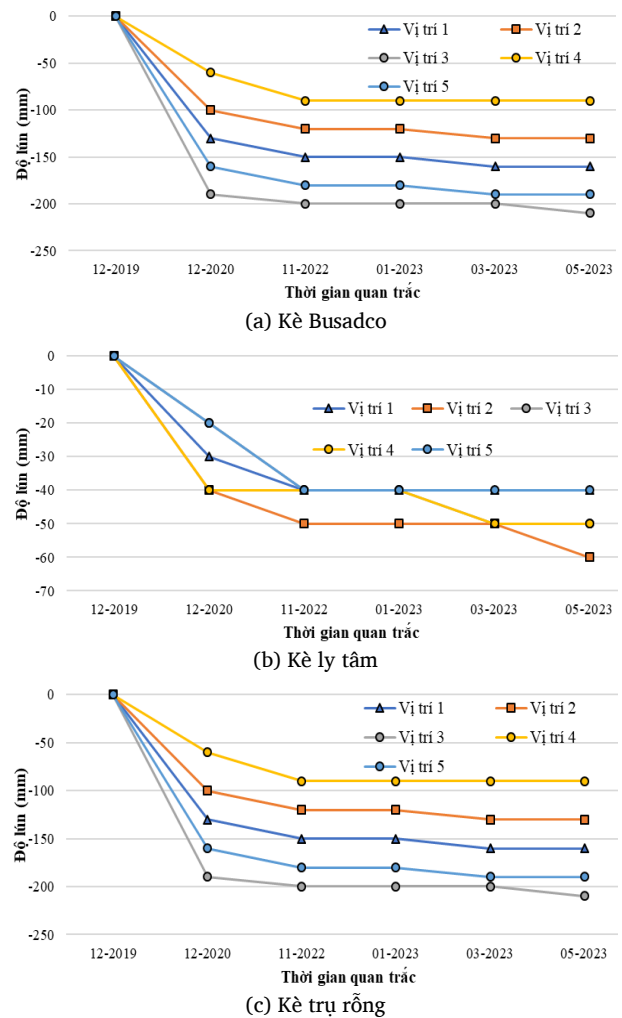
Kè ly tâm có hệ số ổn định $FS = 1,530$ trong sau thi công vào năm 2019 (Error! Reference source not found.). Sau quá trình vận hành, địa hình khu vực kè ly tâm cũng thay đổi tương tự kè Busadco, khu vực chân kè đã bị xói -0,3 m và khu vực cách kè từ 5-20 m đã được nâng lên 0,61-0,78 m. Từ đó hệ số ổn định của kè đã tăng lên với $FS = 1,754$ cùng với sự nâng lên của cao độ địa hình phía sau kè.

Kết quả tính toán của kè trụ rỗng trong hai giai đoạn sau thi công và vận hành được năm năm cho thấy không có sự thay đổi lớn về sự ổn định của kè (Error! Reference source not found.7c). Do cấu tạo hình lăng trụ của kè nên ngoại lực tác dụng vào kè sẽ có xu hướng tập trung thành lực dọc dẫn đến độ ổn định của kè rất cao. Bên cạnh đó, thiết kế của kè được gia cố bằng đá ở hai bên chân kè giúp chống lại các lực tác dụng theo phương ngang gây lật.

3.2. Kết quả quan trắc lún

Các số liệu quan trắc lún từng loại kè được thu thập từ đơn vị thi công các công trình kè, kết hợp với số liệu quan trắc của nhóm nghiên cứu được trình bày trong Error! Reference source not found.8. Từ số liệu quan trắc có thể thấy, kè Busadco và kè trụ rỗng có độ lún chênh lệch giữa các điểm quan trắc rất lớn (Hình 8a). Độ lún lớn nhất của kè Busadco là -100 mm và nhỏ nhất là -60 mm, trong khi đó độ lún lớn nhất của kè trụ rỗng lên đến -210 mm và -90 mm. Sự chênh lệch này là do các loại kè có cấu tạo từ các module riêng lẻ và liên kết lại với nhau bằng các khớp, ngàm nối. Mặt khác, với điều kiện địa chất của bờ biển thay đổi làm dẫn đến sự lún lệch và tách các cấu kiện ra khỏi các khớp nối. Điều này có thể ảnh hưởng đến hiệu quả giám sát của hai loại kè này. Kè ly tâm cho thấy mức độ lún ổn định hơn, sự chênh lệch

lún giữa độ lún lớn nhất và nhỏ nhất tại các vị trí quan trắc là 20 mm (Error! Reference source not found.8b). Bên cạnh đó, trong ba loại kè thì kè ly tâm có độ lún nhỏ nhất so với hai loại kè còn lại.



Hình 8. Tổng hợp kết quả quan trắc độ lún của ba loại kè (12/2019-05/2023).

Nhìn chung, độ lún của kè ly tâm thấp hơn so với hai loại kè còn lại. Độ sai lệch giữa kết quả tính lún kè ly tâm theo ba phương pháp cũng không quá lớn (dao động khoảng 25 mm). Kết quả tính toán theo phương pháp lớp phân tử và PTHH luôn thấp hơn so với quan trắc độ lún thực địa. Điều này có thể do quan niệm tính toán theo lớp phân tử và phương pháp PTHH quy định nền địa chất đồng nhất. Tuy nhiên thực tế địa chất lại có sự biến thiên không đồng nhất (có thể yếu hoặc tốt hơn) nên độ lún tính toán trên theo lớp phân tử và phương pháp PTHH so với thực địa có sự khác nhau.

4. Kết luận

Kết quả phân tích sự ổn định của các công trình kè chắn sóng đã

thi công năm 2019 tại bờ biển Tây, huyện Trần Văn Thời, tỉnh Cà Mau đã chứng minh sự ổn định của các công trình này. Hệ số ổn định của các công trình cải thiện theo thời gian vận hành do sự nâng lên của cao độ địa hình phía sau kè. Độ lún của các loại kè cũng đảm bảo sự hoạt động hiệu quả, riêng có kè trụ rỗng có độ lún lệch giữa các vị trí quan trắc khá cao (chênh lệch 120 mm). Các mô hình kè chắn sóng này có thể triển khai ở các địa phương có bờ biển đang bị xói lở khác trên cả nước, góp phần bảo vệ tài sản của cư dân và duy trì hệ sinh thái rừng ngập mặn ven biển.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Kathiresan K. (2012), Importance of Mangrove Ecosystem. *International Journal of Marine Science* Vol.2, No.10, 70-89.
- [2]. 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.
- [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]. Tú L. X., Dương, Đ. V. (2020) Nghiên cứu khả năng truyền sóng của kết cấu cọc ly tâm đổ đá học trên mô hình máng sóng. *Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi*, số 58-2020.
- [5]. Hoàng, T.B., Chương, L.T., & Tú, L.X. (2020), The situation of exist coastal protection solutions in the Mekong Delta and orientation of sustainable solutions in the future. *Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi*, số 58-2020.
- [6]. Nghĩa, N.V., Minh, H.V.T., Luận, T.C., & Tý, 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* 2020, 198–205.
- [7]. Winterwerp, J.C., Erfemeijer, 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.
- [8]. Thuận, N.N., Tý, 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*, số 732, 93-105.
- [9]. Hậu, L.M., Phát, L.T, Duy, Đ.V., Lavane, K. & Tý, 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.