

ĐỀ XUẤT GIẢI PHÁP KẾT CẤU ĐÊ GIẢM SÓNG DI ĐỘNG BẢO VỆ BỜ BIỂN

Phan Đình Tuấn, Phạm Đức Hưng,
Nguyễn Thanh Tâm, Nguyễn Duy Ngọc
Viện Thủy Công

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, biến đổi khí hậu và nước biển dâng diễn biến ngày càng phức tạp và khó lường, đã tác động trực tiếp đến tài nguyên, đời sống và sản xuất của người dân. Trong đó vấn đề sạt lở bờ biển, bờ sông có xu thế gia tăng ở nước ta, đặc biệt là vùng đồng bằng sông Cửu Long. Để khắc phục thực trạng này, bên cạnh các giải pháp đã có cần phải tiếp tục nghiên cứu, đề xuất và ứng dụng đa dạng các giải pháp bảo vệ khác để phát huy tối đa nhiệm vụ công trình. Trên cơ sở phân tích, đánh giá các giải pháp hiện nay, bài báo đã đề xuất giải pháp kết cấu đê giảm sóng di động còn khá mới mẻ ở Việt Nam.

Từ khóa: Bảo vệ bờ, đê chắn sóng nổi, hiệu quả giảm sóng, lỗ rỗng

Summary: In recent years, climate change has become increasingly complex and unpredictable, greatly affecting people's lives and production. One of the most pressing issues in Vietnam is the increasing coastal and riverbank erosion, especially in the Mekong Delta region. To address this situation, in addition to existing solutions, it is necessary to propose, research, and apply appropriate and effective structural solutions for shoreline protection. Based on the analysis and evaluation of existing solutions, this paper proposes some new types of floating breakwaters which are fairly new in Vietnam.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Tình trạng sạt lở bờ biển

Bờ biển Việt Nam trải dài từ Quảng Ninh đến Kiên Giang với tổng chiều dài khoảng 3260km. Những năm qua, do phát triển thiếu bền vững về kinh tế - xã hội, áp lực của gia tăng dân số ở trong nước và tác động của phát triển hạ tầng các quốc gia vùng thượng nguồn, cùng với ảnh hưởng của biến đổi khí hậu, nước biển dâng, tình hình xói lở bờ biển có diễn biến ngày càng phức tạp, với xu thế gia tăng cả về phạm vi và mức độ nguy hiểm, uy hiếp nghiêm trọng đến ổn định dân sinh, cơ sở hạ tầng vùng ven biển, ảnh hưởng tiêu cực đến phát triển kinh tế - xã hội.

Tại đồng bằng sông Cửu Long, theo kết quả điều tra, nghiên cứu của Viện khoa học Thủy lợi miền Nam (VKHTLMN) năm 2018 cho thấy xói lở bờ biển đã xảy ra trên 268/744 km đường bờ với tốc độ xói lở từ 1-40m/năm (Hình 1). Các vùng điển hình xói lở mạnh có thể kể đến như: khu vực Tân Thành, huyện Gò Công Đông, tỉnh Tiền Giang (có tốc độ xói lở trung bình 30 m/năm); đoạn bờ phía nam Cửa Đại khu vực xã Thừa Đức, huyện Bình Đại, tỉnh Bến Tre (20 m/năm); đoạn bờ phía nam Cửa Hàm Luông thuộc xã Thạnh Hải, huyện Thạnh Phú, tỉnh Bến Tre (37 m/năm); Hiệp Thạnh huyện Duyên Hải tỉnh Trà Vinh (30m/năm) [9].

Đoạn từ Sóc Trăng đến mũi Đông Cà Mau, hoạt động xói lở bờ biển ở khu vực này diễn ra hết sức phức tạp và mãnh liệt. Những khu vực có diễn biến xói lở mạnh gồm: khu vực Vĩnh

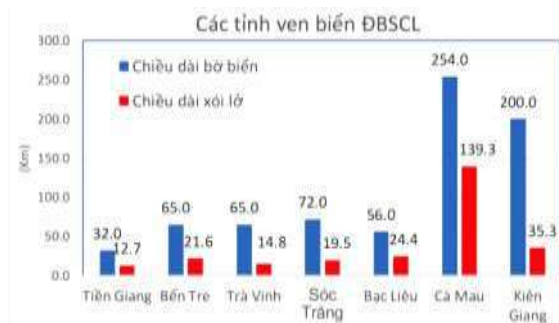
Ngày nhận bài: 08/02/2023

Ngày thông qua phản biện: 20/3/2023

Ngày duyệt đăng: 05/4/2023

Hải, Lai Hòa, Vĩnh Tân - Thị xã Vĩnh Châu tỉnh Sóc Trăng (30m/năm); Nhà Mát, Gành Hào - Bạc Liêu (có tốc độ sạt lở trung bình 25m/năm); khu vực cửa Bồ Đề, cửa Hố Gui, xã Tam Giang Đông, Khai Long Đông Cà Mau (tốc độ sạt lở hơn 40m/năm) [9].

Đoạn bờ biển Tây từ Cà Mau đến Kiên Giang xói bồi diễn ra xen kẽ, xói lở mạnh nhất tại bờ biển huyện Trần Văn Thời và U Minh – Cà Mau với tốc độ 20-40m/năm, huyện An Minh - Kiên Giang với tốc độ 15-25m/năm. Khu vực bồi tụ mạnh là cửa sông Bảy Háp và sông Cửa Lớn và bờ biển Tây gần mũi Cà Mau tốc độ bồi lắng 15-40m/năm [9].



Hình 1: Chiều dài xói lở và chiều dài bờ biển từng tỉnh khu vực ĐBSCL (T12/2018)[9]

Chính vì vậy, đã có nhiều sự quan tâm của Đảng, nhà nước và chính phủ, sự hợp tác, hỗ trợ từ các tổ chức trong và ngoài nước, cùng sự chủ động vào cuộc của các cấp chính quyền địa phương và cộng đồng dân cư mà nhiều các giải pháp công trình, phi công trình để phòng, chống sạt lở bờ biển đã được thực hiện trong nhiều năm qua nhằm khắc phục tạm thời hoặc lâu dài. Đồng thời, thời gian sắp tới cần nhiều hơn các giải pháp mang tính cơ động, đột phá, có khả năng tận dụng và tiếp lục lấn biển để bảo vệ cho những vùng đất rộng hơn.

1.2. Các giải pháp công trình bảo vệ

a) *Đê giảm sóng bằng hai hàng cọc ly tâm*



Hình 2: Kết cấu đê giảm sóng hai hàng cọc ly tâm

Đây là giải pháp đã được tỉnh Cà Mau thực hiện từ năm 2011 (Hình 2), hiện nay rất phổ biến và đã có khoảng trên 50km bờ biển ở Cà Mau được bảo vệ bằng kết cấu này. Kết cấu đê giảm sóng trên được tạo bởi hai hàng cọc bê tông ly tâm đường kính 0,3m đóng cách nhau từ (2-3) m, khoảng cách tim giữa các cọc trong mỗi hàng từ (0,4-0,6) m. Phía trên đầu cọc được gia cố bởi hệ thống dầm giằng bê tông cốt thép kiên cố, sau đó đổ đá hộc vào giữa hai hàng cọc. Giải pháp này bước đầu cho thấy ổn định, tiêu giảm sóng tốt và đã bảo vệ được phần nào tình trạng sạt lở ven bờ biển. Tuy nhiên, ngoài chi phí đầu tư còn chưa tối ưu trên diện tích bảo vệ được do về lâu dài thì giải pháp khó có thể tận dụng để tiếp lục lấn biển, nguồn đá hộc phá sóng đang cạn kiệt dần và biện pháp quản lý chất lượng thi công còn hạn chế do ảnh hưởng nhiều vào thời tiết biển, thời gian thi công bị động, kéo dài.

b) *Đê giảm sóng bằng cấu kiện phá sóng bê tông cốt phi kim*

Giải pháp này được Công nghệ được Công ty Thoát nước và phát triển đô thị tỉnh Bà Rịa – Vũng Tàu (BUSADCO) nghiên cứu đề xuất (Hình3 và Hình4). Giá thành xây dựng khoảng 18tr/md (năm 2018). Công trình được thí điểm tại biển Tây tỉnh Cà Mau. Tuy nhiên hiệu quả giảm sóng, gây bồi của công trình chưa cao. Tại khu vực Rạch Góc huyện Ngọc Hiển thuộc biển Đông, kết cấu tiêu sóng do Busadco đề xuất thử nghiệm chưa đảm bảo yêu cầu ổn định và hiệu quả giảm sóng.



Hình 3: Cầu kiện đề xuất của Busadco đề xuất ở biển Tây



Hình 4: Cầu kiện đề xuất của Busadco đề xuất ở biển Đông

c) Đê trụ rỗng giảm sóng



Hình 5: Tuyến đê trụ rỗng giảm sóng tại biển Đông tỉnh Bạc Liêu

Đê trụ rỗng (Hình 6) là sản phẩm mới được Viện thủy công đề xuất và thử nghiệm thành công 180m tại Kênh Mới – Cà Mau năm 2016. Đến nay, đã có hơn 2km đê giảm sóng được xây dựng theo công nghệ này ở Cà Mau và biển đông Bạc Liêu. Hiện nay, giải pháp đã phần nào phát huy hiệu quả giảm sóng, bảo vệ bờ biển, thân thiện môi trường, có khả năng chế tạo đại trà trong nhà máy, kiểm soát chất lượng tốt. Tuy nhiên, sau một thời gian việc lấn biển để tiếp tục bảo vệ phần diện tích mở rộng sẽ khó khăn hơn khi cần các thiết bị lớn, xử lý nền khu vực có bãi sâu hơn.



Hình 6: Tuyến đê trụ rỗng giảm sóng tại biển Tây tỉnh Cà Mau

d) Cấu kiện TC1, TC2 giảm sóng

Đây là dạng kết cấu được Viện Khoa học thủy lợi Miền Nam nghiên cứu đề xuất và thử nghiệm thành công tại Gò Công – Tiền Giang (Hình 7). Dự án có chiều dài 1.600m, kết cấu chính của đê giảm sóng sử dụng cấu kiện TC1 (cao 2,57m, bề rộng đáy 3,12m, trọng lượng 9,05 tấn) và cấu kiện TC2 (cao 2,5m, bề rộng đáy 3,8m, trọng lượng 10,75 tấn). Các cấu kiện được thiết kế bằng bê tông cốt thép dày 20cm, được đặt trên bè gỗ nhằm chống lún và gia cố bằng đá hộc trước, sau công trình. Đồng thời, trên bề mặt các cấu kiện có đục lỗ nhằm tiêu tán năng lượng sóng và hạn chế sóng phản xạ tác động lên cấu kiện. Bên cạnh đó, việc các cấu kiện đục lỗ rỗng giúp để “bẫy” bùn, cát, gây bồi, tạo bãi.

Sau gần 01 năm đưa vào khai thác sử dụng, đã đem lại những kết quả khả quan, cơ bản đạt được mục tiêu đề ra, có khả năng phục hồi diện tích bờ biển đã bị xói lở. Tuy nhiên, do

chưa áp dụng rộng rãi ở các khu vực bờ và bãi biển khác nhau nên cần được tiếp tục nghiên cứu và đánh giá.



Hình 7: Đê giảm sóng kết cấu rỗng (TC1, TC2)

1.3. Một số hạn chế, khắc phục và hướng nghiên cứu cải thiện

Các giải pháp công trình hiện nay chủ yếu là dạng cố định lâu dài, tính linh động chưa cao. Khi công trình đã làm xong nhiệm vụ bảo vệ và khôi phục rừng phòng hộ, nếu có yêu cầu di chuyển đến vị trí khác để lấn biển thêm thì không thực hiện được hoặc nếu được thì cũng khá khó khăn về kinh tế và thiết bị tương xứng đi kèm;

Đối với các bãi biển có độ dốc và độ sâu bãi lớn kết hợp nền đất yếu sẽ là một thách thức lớn về mặt ổn định công trình cũng như chi phí đầu tư xây dựng.

Ngoài ra, việc xuất hiện các công trình đê giảm sóng cố định trên bãi biển về lâu dài có thể gây ảnh hưởng đến môi trường sống của các loài thủy sinh, hạn chế đường di chuyển của tàu thuyền và mất đi tính tự nhiên vốn có của bãi biển.

Yêu cầu đặt ra là cần tiếp tục nghiên cứu các giải pháp công trình bảo vệ chống xói lở bờ biển, khôi phục lại rừng ngập mặn, đặc biệt là

phương án có thể áp dụng được cho các khu vực bãi sâu hơn, độ dốc bãi lớn, nền địa chất yếu, ít ảnh hưởng đến môi trường, tính linh động cao.

2. ĐỀ XUẤT KẾT CẤU ĐÊ GIẢM SÓNG DI ĐỘNG BẢO VỆ BỜ BIỂN

Giải pháp đê giảm sóng dạng nổi đã được nghiên cứu và ứng dụng ở nhiều nơi trên thế giới. Tùy thuộc theo hình dạng, kết cấu, kích thước, vật liệu cũng như điều kiện áp dụng mà đê chắn sóng nổi có thể phân loại theo bốn dạng chính: kiểu hình hộp, kiểu Mat, kiểu Pontoon và kiểu Tethered [1]. Trong đó đê chắn sóng nổi kiểu hình hộp chữ nhật là loại đơn giản nhất và nó đã được nghiên cứu rộng rãi (Bottin và Turner (1980); Carr (1950); Carver (1979); Hay (1966); Ofuya (1968) [2]. Loại đê chắn sóng này làm suy yếu năng lượng sóng biển, chủ yếu thông qua phản xạ sóng tới. Việc xây dựng đê giảm sóng nổi hầu như không bị ảnh hưởng bởi độ sâu của nước và điều kiện đáy biển, thân thiện với môi trường vì chúng gây ít gây cản trở đến quá trình lưu thông nước. Quan trọng hơn, chúng có thể dễ

dàng sắp xếp lại, di dời hoặc loại bỏ với chi phí thấp.

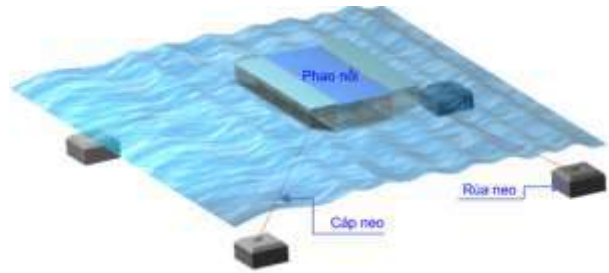
Giải pháp đề giảm sóng dạng kết cấu rỗng có đục lỗ bề mặt như các cấu kiện dạng thùng chìm đục lỗ, đề trụ rỗng, cấu kiện của Busadco, TC1, TC2 ... đã được nghiên cứu bởi nhiều tác giả như Nguyễn Trung Anh [3], Thiệu Quang Tuấn [7], Trần Văn Thái [6], Lê Xuân Tú [9] ... với điều kiện thủy hải văn của nước ta. Hiện các kết cấu dạng này cũng đã được ứng dụng ngoài thực tế và có hiệu quả với chức năng giảm sóng phản xạ, giảm sóng truyền, gây bồi tạo bãi sau công trình.

Trên cơ sở tổng hợp các nghiên cứu của giải pháp đề giảm sóng dạng phao nổi cũng như các giải pháp tiêu tán năng lượng của kết cấu có lỗ rỗng, nhóm nghiên cứu đã đề xuất kết cấu đề giảm sóng di động mới là sự kết hợp giữa kết cấu phao nổi giữ ổn định và kết cấu có lỗ rỗng làm nhiệm vụ hấp thụ, tiêu tán năng lượng sóng.

2.1. Hình thức, kết cấu đề xuất

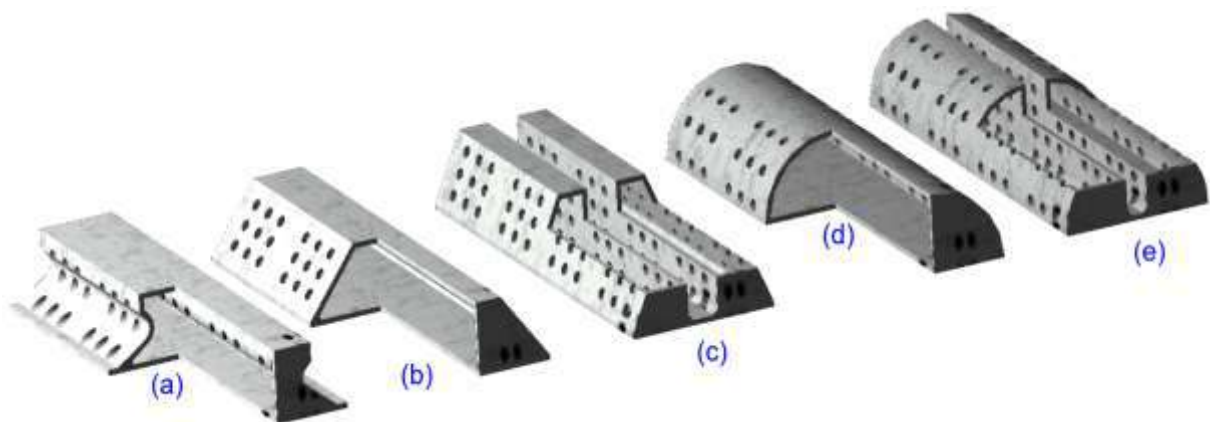
Đơn nguyên đề giảm sóng di động được tạo bởi 2 phần:

Phần phao nổi: Có cấu tạo dạng hộp rỗng được ngăn bằng các vách đảm bảo kết cấu có thể nổi và ổn định trong nước, dễ dàng di chuyển đến vị trí khác. Phao được liên kết giữ ổn định bằng các rùa neo thông qua hệ thống dây neo bằng cáp (Hình 8).



Hình 8: Phối cảnh kết cấu phao nổi

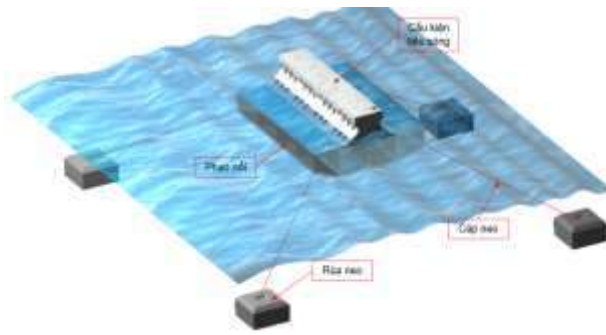
Phần kết cấu tiêu sóng: Là bộ phận làm nhiệm vụ hấp thụ và tiêu hao năng lượng sóng tới công trình. Kết cấu dạng khối rỗng có đục lỗ trên bề mặt tiếp sóng và mặt khuất sóng với tỷ lệ được thiết kế phù hợp với yêu cầu giảm sóng (Hình 9). Các kết cấu tiêu sóng này có thể được thi công liền khối với hộp đáy hoặc chế tạo sẵn và lắp ghép tại vị trí công trình.



Hình 9: Các dạng kết cấu tiêu sóng đặt trên phao (a- dạng mũi hắt sóng, b- dạng hình thang đơn, c- dạng hình thang kép, d- dạng bán nguyệt, e- dạng 1/4 hình tròn)

Khi thi công xây dựng cho toàn tuyến với giải pháp “Đề giảm sóng di động” sẽ được thực

hiện gồm nhiều cấu kiện (đơn nguyên) lắp ghép lại với nhau (Hình 10).



Hình 10: Đơn nguyên đê giảm sóng di động hoàn thiện

2.2. Nguyên lý làm việc

a) Nguyên lý giảm sóng:

Nguyên lý giảm sóng của giải pháp công nghệ này là sử dụng lỗ rỗng trên bề mặt của cấu kiện tiêu sóng kết hợp thân phao nổi để hấp thụ năng lượng sóng tới, giảm sóng phản xạ.

b) Nguyên lý ổn định:

Sử dụng các con rùa neo với phao nổi thông qua hệ thống dây cáp phù hợp. Trọng lượng và số lượng rùa neo cũng như độ cứng và đường kính cáp neo được tính toán dựa trên trọng lượng của kết cấu đê và lực tác động do sóng gây ra.

2.3. Ưu điểm của kết cấu đê xuất

Kết cấu đê giảm sóng di động theo đề xuất ở trên có các ưu điểm cơ bản như sau:

Công trình dạng phao nổi làm việc theo mực nước nên không bị ảnh hưởng nhiều bởi điều kiện địa chất, thích hợp với các bãi biển có độ dốc lớn, độ sâu bãi và nền đất yếu.

Cấu kiện làm việc linh hoạt, có thể dễ dàng di chuyển đến các vị trí khác khi có yêu cầu.

Giải pháp không cản trở việc lưu thông nước

trong và ngoài công trình, do đó ít ảnh hưởng đến môi trường sống của các loài thủy sinh.

Đê giảm sóng di động có thể chế tạo công nghiệp thành các đơn nguyên độc lập, thi công lắp đặt tại hiện trường nên không bị ảnh hưởng nhiều bởi thời tiết biển, chất lượng bê tông được đảm bảo, hình thức đẹp, giảm thời gian thi công công trình.

Vật liệu dùng để chế tạo cấu kiện đê có thể bằng bê tông cốt thép, bê tông cốt sợi hoặc composite.v.v.

3. MỘT SỐ KẾT QUẢ ĐÁNH GIÁ BAN ĐẦU VỀ CHỨC NĂNG GIẢM SÓNG CỦA GIẢI PHÁP ĐỀ XUẤT

Chức năng giảm sóng của kết cấu thường được đánh giá dựa vào các hệ số phản xạ (K_r); hệ số truyền sóng (K_t) và hệ số tiêu hao năng lượng sóng (K_l). Trong đó, các hệ số này được tính toán như sau :

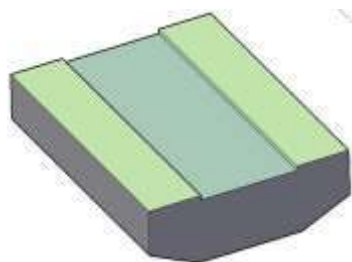
$$\text{Hệ số phản xạ sóng: } K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (1)$$

$$\text{Hệ số truyền sóng: } K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (2)$$

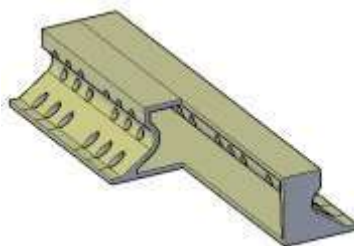
$$\text{Hệ số tiêu sóng: } K_l = \sqrt{1 - K_r^2 - K_t^2} \quad (3)$$

Với H_r : Chiều cao sóng phản xạ; H_i : Chiều cao sóng tới; H_t : Chiều cao sóng truyền. Các giá trị này được phân tích dựa vào phương pháp 3 điểm của Mansard và Funke đề xuất năm 1980.

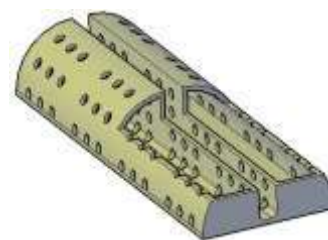
Mô phỏng tương tác sóng với cấu kiện đê giảm sóng di động bằng mô hình Flow3D, với 1 số kịch bản thông số sóng và dạng cấu kiện khác nhau (Hình 11 và Bảng 1.1).



Phao nổi không có cấu kiện



Kết cấu tiêu sóng dạng mũi hắt



Kết cấu tiêu sóng dạng ¼ hình tròn

Hình 11: Một số cấu kiện mô phỏng đánh giá

Bảng 1.1: Các kịch bản kết cấu nghiên cứu

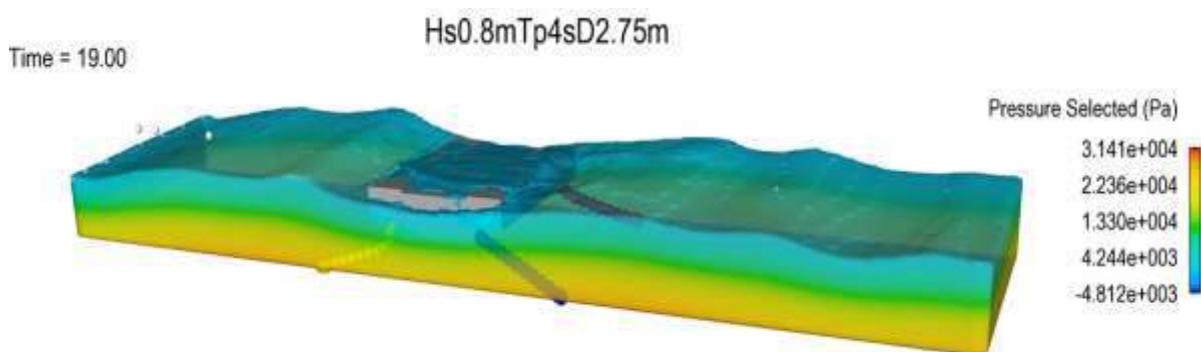
TT	H _s (m)	T _p (s)	Độ sâu nước (m)	Kích thước phao nổi (BxLxH)	Kích thước cấu kiện tiêu sóng		
					Thông số	Mũi hắt	¼ hình tròn
1	0,8	4	2,75	6x8x1,5	Dài (m) x rộng (m)	8x2,9	8x2,9
2	1,0	4			Cao (m)	1,35	1,35
3	1,2	5			Tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt (%)	13	10

Kết quả tính toán bước đầu đánh giá được chức năng giảm sóng của một số dạng kết cấu này như sau:

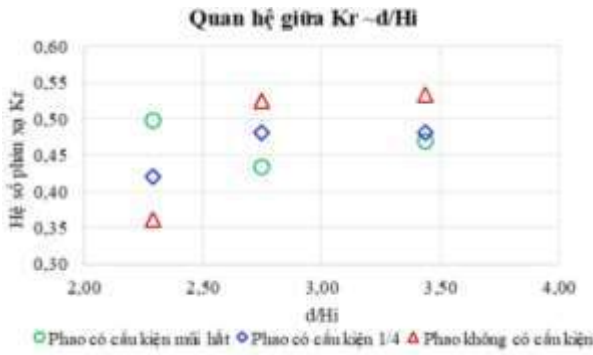
a) Hệ số phản xạ K_r:

Hình 13 chỉ ra rằng với cùng độ sâu nước d=2,75m, khi chiều cao sóng thay đổi từ 0,8-

1,2m. Hệ số phản xạ nằm trong khoảng K_r=0,35÷0,55. Khi so sánh sơ bộ thì thấy rằng ở cùng điều kiện mực nước, khi sóng lớn, hệ số phản xạ của phao không có kết cấu tiêu sóng nhỏ hơn so với phao có cấu kiện tiêu sóng. Với điều kiện sóng nhỏ hơn thì ngược lại.



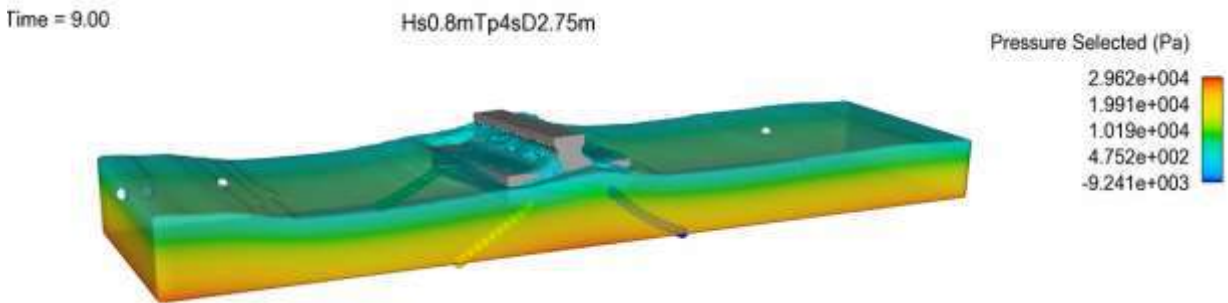
Hình 12: Tương tác giữa sóng với cấu kiện phao nổi không có kết cấu tiêu sóng



Hình 13: Quan hệ giữa hệ số phản xạ và chiều cao sóng tới

b) Hệ số truyền sóng K_t :

Với các kích bản mô phỏng, hệ số truyền sóng lớn nhất $K_t=0,89$ đối với kết cấu phao nổi không có cấu kiện tiêu sóng. Khi bổ sung có cấu kiện tiêu sóng trên đỉnh phao, hệ số truyền sóng giảm xuống còn $K_t=0,75$. Với các sóng nhỏ, sự khác biệt là không đáng kể do hầu hết sóng tương tác với phần hộp đáy của phao nổi, $K_t=0,3\div 0,5$.



Hình 14: Tương tác giữa sóng với phao có cấu kiện mũi hắt phía trên



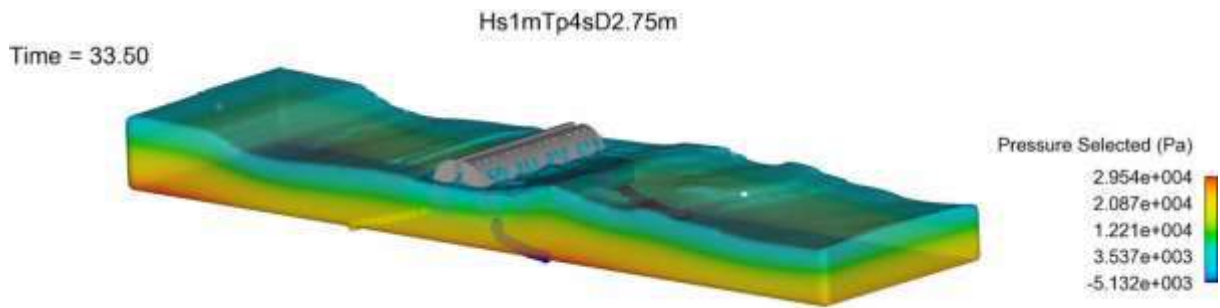
Hình 15: Quan hệ giữa hệ số truyền sóng và chiều cao sóng tới

c) Hệ số tiêu hao năng lượng sóng K_l :

Hình 17 thể hiện mối quan hệ giữa hệ số tiêu hao năng lượng sóng với chiều cao sóng tới.

Rõ ràng là khi chiều cao sóng tới tăng lên, khả năng tiêu hao năng lượng sóng giảm đi. Với các cấu kiện và thông số sóng mô phỏng, hệ số truyền sóng $K_t \sim 0,25\div 0,45$ khi chiều cao sóng tới $> 1m$.

Ngoài ra, khả năng tiêu hao năng lượng sóng có sự khác biệt khá rõ giữa phao không có cấu kiện tiêu sóng và phao có cấu kiện tiêu sóng. Khi bổ sung có cấu kiện tiêu sóng trên đỉnh phao, hệ số tiêu hao năng lượng sóng đạt được lớn nhất là $K_t=0,8$ so với cấu kiện phao không có cấu kiện tiêu sóng $K_t=0,68$. Với các sóng nhỏ, sự khác biệt là không đáng kể do hầu hết sóng tương tác với phần hộp đáy của phao nổi, $K_t=0,3\div 0,5$.



Hình 16: Tương tác giữa sóng với cấu kiện phao nổi có cấu kiện tiêu sóng dạng $1/4$ hình tròn



Hình 17: Quan hệ giữa hệ số tiêu hao năng lượng sóng và chiều cao sóng tới

4. KẾT LUẬN, KIẾN NGHỊ

Sạt lở bờ biển và suy thoái rừng ngập mặn đã và đang diễn biến hết sức nghiêm trọng và khó lường trên phạm vi cả nước. Xói lở đã uy hiếp trực tiếp đến các khu dân cư, đời sống nhân

dân, cơ sở hạ tầng, các công trình phòng chống thiên tai, tác động nghiêm trọng đến môi trường hệ sinh thái.

Qua tổng hợp các nghiên cứu về đề giảm sóng dạng phao nổi và thực tế các giải pháp công trình đề giảm sóng bảo vệ bờ đang áp dụng ở nước ta hiện nay, nhóm tác giả đề xuất một số hình thức kết cấu Đề giảm sóng di động bảo vệ bờ biển nhằm phát huy được các ưu điểm và khắc phục được những mặt còn tồn tại của các giải pháp hiện có.

Nhóm tác giả tiếp tục nghiên cứu đánh giá chức năng giảm sóng đối với từng dạng kết cấu đề xuất nhằm lựa chọn kết cấu phù hợp nhất, thuận lợi trong việc thi công lắp đặt, tạo cơ sở khoa học cho việc thiết kế cũng như ứng dụng ngoài thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bruce L. McCartney, M. ASCE Floating breakwater design. J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng. 1985.111:304-318;
- [2] Jian Dai, Chien Ming Wang, Tomoaki Utsunomiya, Wenhui Duan 2018. Review of recent research and developments on floating breakwaters. Ocean Engineering 158 (2018) 132–151;
- [3] Nguyễn Trung Anh (2007), Nghiên cứu ứng dụng dạng thùng chìm bê tông cốt thép có buồng tiêu sóng trong xây dựng công trình biển ở Việt Nam. Luận án Tiến sĩ;
- [4] Nguyễn Viết Thanh (2014), Áp lực sóng tác dụng lên đề bán nguyệt. Tạp chí giao thông vận tải. Số tháng 12-2014;

- [5] Hồ Hồng Sao, Nguyễn Văn Dũng (2016), Nghiên cứu hiệu quả giảm sóng của đê chắn sóng nổi hình hộp cho khu trú bão tàu thuyền trên mô hình vật lý;
- [6] Trần Văn Thái, Nguyễn Hải Hà (2018) Nghiên cứu ổn định đê trụ rồng trên nền đất yếu chịu tải trọng phức tạp đứng, ngang và mô men. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi, Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam. Số 45 ISSN:1859-4255, 07-2018;
- [7] Thiệu Quang Tuấn, Đinh Công Sản, Lê Xuân Tú, Đỗ Văn Dương (2018) Nghiên cứu hiệu quả giảm sóng của đê kết cấu rồng trên mô hình máng sóng. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy Lợi Việt Nam. Số 49 ISSN:1859-4255, 11-2018;
- [8] Nguyễn Anh Tiến, Trịnh Công Dân, Thiệu Quang Tuấn, Tô Văn Thanh (2018) Cơ sở khoa học xây dựng phương pháp tính toán hệ số truyền sóng qua đê ngầm cọc phức hợp. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi, Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam. Số 46 ISSN:1859-4255, 09-2018;
- [9] Báo cáo kết quả dự án “Điều tra, đánh giá hiện trạng, đề xuất giải pháp tổng thể phòng chống sạt lở cấp bách bờ sông, bờ biển đồng bằng sông Cửu Long” Viện KHTLMN, 2018;
- [10] Lê Xuân Tú, Đỗ Văn Dương, Lương Thanh Tùng (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. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam. Số 58 ISSN:1859-4255, 02-2020.