

XÁC ĐỊNH ẢNH HƯỞNG CỦA CHIỀU RỘNG ĐỈNH ĐẾN HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG CỦA ĐÊ GIẢM SÓNG CỌC LY TÂM - ĐÁ ĐỔ TRONG MÁNG SÓNG

Đỗ Văn Dương, Nguyễn Nguyệt Minh, Lê Duy Tú,
Lê Xuân Tú, Đinh Công Sản, Trần Thùy Linh
Viện khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Một trong những giải pháp công trình chống xói lở, bảo vệ bờ biển, tạo điều kiện khôi phục rừng ngập mặn phía sau công trình có hiệu quả cao và được áp dụng khá phổ biến ở vùng biển Tây của ĐBSCL là đê giảm sóng bằng hai hàng cọc ly tâm đổ đá học ở giữa. Nhằm xác định kích thước mặt cắt ngang của đê chắn sóng phù hợp với các yêu cầu về giảm sóng khác nhau, bài báo này giới thiệu kết quả nghiên cứu trong máng sóng ảnh hưởng chiều rộng đỉnh đê đến hiệu quả giảm sóng của công trình, cung cấp cơ sở khoa học cho thiết kế đê giảm sóng cọc ly tâm đá đổ.

Từ khóa: Đê giảm sóng hai hàng cọc ly tâm đá đổ, hệ số truyền sóng, hệ số tiêu tán năng lượng, sóng phản xạ, năng lượng sóng, mô hình vật lý.

Summary: One of the solutions to protect coastline, aid restoration of mangrove that are sheltered behind the breakwater effectively, and particularly applied widely to the coast of West sea of Lower Mekong Delta is Pile-Rock breakwater. Structure of this breakwater mainly includes two rows of prefabricated reinforced concrete piles and rock rip-rap between them. In order to determine the the cross-section dimentions of the Pile-Rock breakwater in accordance with the different wave attenuation requirements, this study present the experiment results on the wave flume to quantify the effect of Pile-Rock breakwater's widths to the wave reduction, assisting the design of Pile-Rock breakwater in different areas.

Keywords: Pile-rock breakwaters; Double-row pile breakwaters; wave transmission; wave dissipation; wave reflection; wave energy; physical model; Coastal Mekong delta

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết quả điều tra và nghiên cứu trong các đề tài/dự án trước đây về các giải pháp chống xói, bảo vệ bờ biển đã xây dựng ở ĐBSCL khá đa dạng và phong phú, đã tích hợp được hầu hết các loại dạng công trình/công nghệ bảo vệ bờ biển trên thế giới. Tuy nhiên, những giải pháp nào là phù hợp thì chưa có lời giải.

Trong khuôn khổ hợp tác giữa Bộ Khoa học và Công nghệ và Bộ Liên bang về Giáo dục và Nghiên cứu Cộng hòa Liên bang Đức về “Các giải pháp tích hợp cho sự phát triển bền vững khu

vực ĐBSCL – Đất, Nước, Năng lượng và Khí Hậu” (dự án VIWAT), đề tài “Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ chống xói lở, bảo vệ bờ biển hợp lý cho vùng đồng bằng sông Cửu Long dựa trên mô hình vật lý” đã được đề xuất.

Để lựa chọn được giải pháp bảo vệ bờ biển hợp lý ở ĐBSCL, đề tài đã đề xuất thông qua 3 bước. Bước 1 là điều tra, đánh giá lại các công trình thực tế đã xây dựng ở ĐBSCL và từ đó đề xuất, lựa chọn một số công trình tương đối phù hợp, hiệu quả. Bước 2 là đánh giá sự phù hợp về chức năng nhiệm vụ của các công trình (đã lựa chọn

Ngày nhận bài: 06/5/2021

Ngày thông qua phản biện: 10/6/2021

Ngày duyệt đăng: 11/6/2021

ở bước 1) thông qua mô hình toán. Cuối cùng là bước 3, lựa chọn các giải pháp phù hợp nhất dựa trên đánh giá từ mô hình vật lý. Ở bước 2 và 3 sẽ có những đề xuất, điều chỉnh, cải thiện nhằm tìm được công trình, những thông số của công trình phù hợp để áp dụng ở ĐBSCL.

Một trong những giải pháp công trình chống xói, bảo vệ bờ biển, tạo điều kiện khôi phục rừng ngập mặn phía sau công trình có hiệu quả cao và được áp dụng khá phổ biến ở vùng biển Tây của ĐBSCL với tổng chiều dài khoảng 70 km, là đê phá sóng/giảm sóng bằng hai hàng cọc ly tâm đóng sát nhau, giữa hai hàng cọc (lõi) chèn đá học (gọi tắt là đê giảm sóng cọc ly tâm đá đổ). Đây cũng là một trong những công trình được đánh giá là phù hợp, thông qua hai bước đánh giá nêu trên của đề tài.

Thực tế trong quá trình xây dựng các công trình đê chắn sóng cọc ly tâm đá đổ ở vùng ven biển Tây ở ĐBSCL, cao trình đỉnh của đê cũng như chiều rộng đê cũng chưa phù hợp cho mỗi vùng khác nhau. Vì thế, một số công trình đã phải nâng cao đỉnh đê hoặc mở rộng chiều rộng của đê để đáp ứng yêu cầu giảm sóng khác nhau.

Nhằm mục đích xác định kích thước mặt cắt ngang của đê chắn sóng loại này phù hợp với các yêu cầu về giảm sóng khác nhau, nghiên cứu này thí nghiệm trên máng sóng để định lượng sự thay đổi của chiều rộng đê đến hiệu quả giảm sóng của công trình, cung cấp cơ sở khoa học cho thiết kế đê giảm sóng cọc ly tâm đá đổ một cách phù hợp. Đây cũng là bước thứ 3 của đề tài nhằm “Nghiên cứu đề xuất giải pháp công nghệ chống xói lở, bảo vệ bờ biển hợp lý cho vùng đồng bằng sông Cửu Long dựa trên mô hình vật lý”.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp nghiên cứu nhằm xác định sự thay đổi của cao trình đỉnh và chiều rộng của đê chắn sóng cọc ly tâm đá đổ với hiệu quả giảm sóng là dựa vào thí nghiệm trên mô hình vật lý máng sóng.

2.1. Thiết kế mô hình thí nghiệm

2.1.1. Máng sóng

Thí nghiệm được thực hiện trong máng sóng của phòng thí nghiệm thủy động lực sông biển-Viện Khoa học Thủy lợi Miền nam. Các thiết bị thí nghiệm được cung cấp bởi HR Wallingford (Anh). Chiều dài máng sóng là 35m, chiều rộng 1,2m và cao 1,5m. Hệ thống máy tạo sóng được trang bị khả năng hấp thụ sóng phản xạ (Active Reflection Compensation), có thể tạo ra sóng ngẫu nhiên hoặc sóng đều với chiều cao lên đến 0,30m và chu kỳ đỉnh 3,0s. Sóng được đo bởi kim đo sóng (wave gauge) với tần số 50Hz (độ chính xác $\pm 0,1\text{mm}$).

Trong thí nghiệm này mái hấp thụ sóng được bố trí cuối máng sóng, sử dụng vật liệu mặt nhôm được đặt trong lồng sắt với độ dốc mái 1/5. Kết quả kiểm định khả năng hấp thụ sóng, ứng với tất cả các trường hợp thí nghiệm (thay đổi mực nước, tham số sóng) thì kết quả kiểm định đều cho hệ số sóng phản xạ từ mái hấp thụ sóng nhỏ hơn 10%, đáp ứng được yêu cầu [10] .

2.1.2. Tỷ lệ mô hình và tương tự mô hình

Tỷ lệ mô hình phải được chọn sao cho đảm bảo điều kiện kỹ thuật và kinh tế. Nó được lựa chọn dựa trên năng lực máng sóng và điều kiện biên (sóng, dòng chảy). Tỷ lệ càng lớn thì độ tin cậy của thí nghiệm càng cao, nhưng càng tốn kém. Đây là bài toán thử dần để đảm bảo điều kiện tương tự Froude và dòng chảy trong máng sóng phải là dòng chảy rối ($[Re] > 10^4$).

- Tương tự về số Froude: Việc lựa chọn $N_v = N_t = \sqrt{N_L}$ theo phép phân tích thứ nguyên và định luật Buckingham II giúp cho mô hình đảm bảo về chỉ số tương tự Froude tức là $F_m = F_n$ (m: mô hình; n: nguyên hình).

- Kiểm tra điều kiện dòng chảy. Với tỷ lệ của mô hình chọn là $N_L=7$ (tỷ lệ dài, tỷ lệ cao), $N_t = \sqrt{N_L}=2,65$ (tỷ lệ thời gian), $N_v = \sqrt{N_L} = 2,65$ (tỷ lệ vận tốc).

Kích thước viên đá của cấu kiện phục vụ cho thí

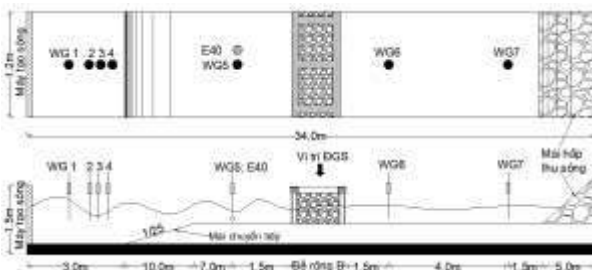
nghiệm phải đảm bảo dòng chảy qua lớp đá có đường kính D là dòng chảy rối ($[Re] > 10^4$). Kiểm tra dòng chảy qua lớp đá dựa trên công thức [11]:

$$Re = \frac{\rho v D}{\varepsilon \mu}$$

trong đó v là vận tốc sóng chảy qua lỗ rỗng, D là đường kính viên đá, μ là độ nhớt tuyệt đối của chất lỏng (0,001002 Kg/ms), ε là độ rỗng của lớp đá sử dụng cho thí nghiệm ($\varepsilon = 0,4$). Kết quả tính toán cho thấy trong trường hợp bất lợi nhất với đường kính viên đá thí nghiệm nhỏ nhất, vận tốc do sóng gây ra nhỏ nhất thì chỉ số Reynolds $Re = 20.559$ ($Re > [Re]$) đảm bảo dòng chảy qua lớp đá sử dụng cho thí nghiệm là dòng chảy rối.

2.1.3. Bố trí kim đo sóng và dòng chảy trong thí nghiệm

Để đảm bảo tương tự với điều kiện thực tế về độ dốc địa hình vùng ven biển ở ĐBSCL, mô hình thí nghiệm sử dụng mái chuyển tiếp có độ dốc 1/25 cách máy tạo sóng 5m về hướng đặt công trình nhằm tạo ra vùng chuyển tiếp từ sóng nước sâu về đặc trưng sóng nước nông của khu vực ĐBSCL trước khi tương tác với công trình (Hình 1).



Hình 1: Sơ đồ bố trí thí nghiệm

Kim đo sóng được bố trí trước và sau công trình bao gồm 5 kim đo trước công trình (WG1, 2, 3, 4, 5) dùng để xác định sóng đến phía trước công trình và 2 kim đo (WG6, 7) sau công trình được dùng để xác định chiều cao sóng sau khi qua công trình. Trong đó 4 kim (WG1, 2, 3, 4) được bố trí để tách sóng phản xạ và sóng tới trước

công trình dựa trên phương pháp Bình Phương tối thiểu [12]

Ngoài ra đầu đo dòng chảy E40 được sử dụng bố trí kết hợp với kim đo sóng tại cùng một vị trí tại WG5 và WG6 nhằm kiểm định lại hệ số sóng phản xạ tạo ra bởi công trình và mái hấp thụ sóng bằng phương pháp phân tích thông năng [13].

Chế tạo mô hình

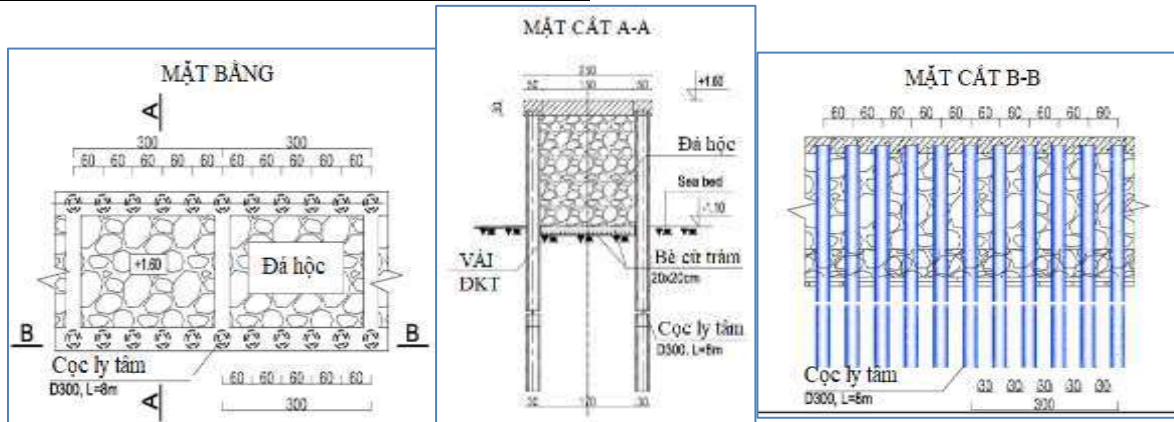
Kết cấu cọc ly tâm và dầm đỉnh liên kết trong mô hình được làm bằng gỗ để đảm bảo thuận lợi cho gia công chính xác các kích thước công trình (Hình 2). Kết cấu và kích thước để giảm sóng cọc ly tâm đá đổ điển hình ở ĐBSCL thể hiện trên Hình 3. Đá thí nghiệm được sàng với đường kính 4cm và 7cm. Đá được lựa chọn đảm bảo không có hình dạng quá dẹt, quá mỏng, các góc cạnh viên đá tương đối đều nhau, không quá nhọn ảnh hưởng đến ma sát bề mặt viên đá. Đá sau khi sàng, lựa chọn được thí nghiệm kiểm tra độ rỗng của cấp phối đá theo TCVN 7572:2006. Thí nghiệm (theo thể tích) xác định được độ rỗng của cấp phối đá lựa chọn cho thí nghiệm khoảng P= 40%.

Bảng 1: Kích thước công trình thực tế và mô hình thí nghiệm

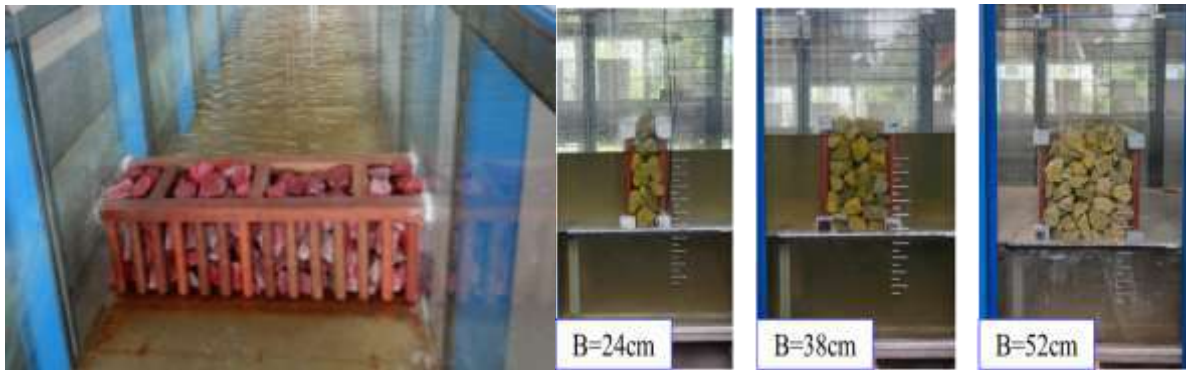
Thông số	Kịch bản	Nguyên hình (cm)	Mô hình (cm)
Chiều cao công trình		280	40
Chiều dài công trình			120
Bề rộng công trình (B)	B24	170	24
	B38	270	38
	B52	370	52
Cấp phối đá		30÷50	4÷7

Thông số	Kích bản	Nguyên hình (cm)	Mô hình (cm)
Đường kính cọc và khoảng cách		30	4

Thông số	Kích bản	Nguyên hình (cm)	Mô hình (cm)
cọc			



Hình 2: Sơ họa kích thước Kết cấu cọc ly tâm - đá đổ điển hình ở ĐBSCL



Hình 3: Kết cấu cọc ly tâm - đá đổ thí nghiệm với các chiều rộng đê khác nhau

2.1.4. Thời gian thí nghiệm cho mỗi trường hợp

Mỗi chuỗi số liệu thí nghiệm sử dụng cho phân tích được thực hiện ít nhất trong khoảng thời gian $500 \cdot T_p$ (s) đủ dài để đảm bảo hình dạng phổ sóng tạo ra trong thí nghiệm phù hợp với thực tế. Dải tần số của sóng tạo ra được cắt và lấy trong khoảng 0,01Hz đến 1,5Hz với độ chia điểm tính toán là 0,01 giây/giá trị.

2.2. Thiết kế thí nghiệm

2.2.1. Điều kiện biên về sóng

Công trình được thiết kế trong điều kiện gió mùa. Thông số sóng đầu vào được lựa chọn từ

các số liệu thực đo và kết quả mô phỏng từ mô hình toán, trong đó thông số sóng đặc trưng cho khu vực ĐBSCL có chiều cao từ 0,5m đến 1,5m và chu kỳ sóng từ 3s đến 7s. Đối với máng sóng với tỷ lệ mô hình $N_L=1/7$, chiều cao sóng đảm bảo lớn hơn hoặc bằng 5cm và tối đa là 30cm, chu kỳ sóng tối thiểu lớn hơn hoặc bằng 1s và tối đa là 3s để đảm bảo tính độ tin cậy trong đo đạc và không vượt quá giới hạn năng lực máng sóng.

Cấu kiện sử dụng cho nghiên cứu có chiều cao thiết kế 3,0m, chiều cao lưu không đỉnh đê được lựa chọn thay đổi từ $-H_s$ đến $+H_s$ (m). Độ sâu nước thiết kế trước công trình dao động từ 1,6m

đến 3,5 m, độ sâu tối thiểu của máng giúp đảm bảo độ tin cậy từ số liệu kim đo sóng là 0,2m và độ sâu nước tối đa trong máng sóng là 1,0m.

2.2.2. Kết cấu công trình thí nghiệm

Kết cấu cọc ly tâm đá đổ được thí nghiệm với 3 chiều rộng đỉnh đê là 24cm (B24); 38cm (B38) và 52cm (B52) (Hình 3), tương ứng với thực tế đã xây dựng ở ĐBSCL là 1,7m; 2,7m và 3,7m. Để dễ so sánh, phân tích thì các kích thước khác (chiều cao đê, cấp phối đá, khoảng cách và đường kính giữa các cọc ly tâm trên một hàng)

được giữ nguyên trong suốt quá trình thí nghiệm của 3 kích bản với các chiều rộng khác nhau.

2.2.3. Kích bản và các trường hợp thí nghiệm

Tổng số trường hợp thí nghiệm là 280 trường hợp bao gồm: 01 kích bản không công trình; 03 kích bản thay đổi chiều rộng đê (B24, B38 và B52); 07 trường hợp thay đổi mực nước và chiều cao lưu không đỉnh đê (R_c); 10 tham số sóng (H_s , T_p , L);

Chi tiết các trường hợp thí nghiệm được thể hiện trong Bảng 2.

Bảng 2: Trường hợp thí nghiệm

Kịch Bản		Độ sâu d (cm) (tương ứng với chiều cao lưu không R_c (cm))		Tham số sóng
Không công trình B24 B38 B52	x	d=20cm ($R_c=+20$ cm) d=25cm ($R_c=+15$ cm) d=30cm ($R_c=+10$ cm) d=35cm ($R_c=+5$ cm) d=40cm ($R_c=+0$ cm) d=45cm ($R_c=-5$ cm) d=50cm ($R_c=-10$ cm)	x	$H_s=12$ cm; $T_p=1.51$ s $H_s=12$ cm; $T_p=1.89$ s $H_s=12$ cm; $T_p=2.27$ s $H_s=12$ cm; $T_p=2.65$ s $H_s=17$ cm; $T_p=1.89$ s $H_s=17$ cm; $T_p=2.27$ s $H_s=17$ cm; $T_p=2.65$ s $H_s=22$ cm; $T_p=2.27$ s $H_s=22$ cm; $T_p=2.65$ s $H_s=27$ cm; $T_p=2.65$ s

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

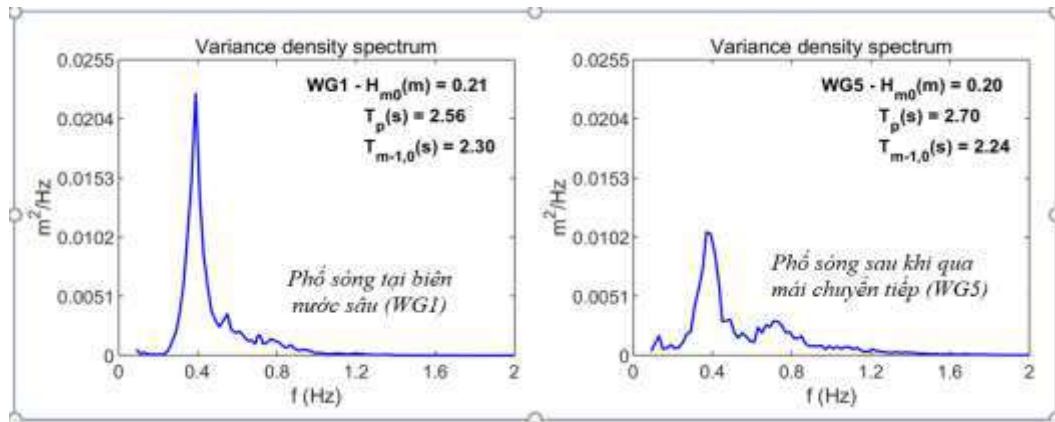
3.1. Kiểm định phổ sóng

Quá trình biến đổi sóng qua mái chuyển tiếp

Sóng được tạo ra từ máy tạo sóng tại vùng biên nước sâu. Trong quá trình lan truyền trên mái chuyển tiếp xảy ra hiện tượng sóng vỡ và sự thay đổi lớn về độ sâu nước. Sóng sau khi vỡ sẽ tiếp tục lan truyền vào vùng nước nông trước công trình. Mục đích của mái chuyển tiếp là ép sóng vỡ nhiều lần, tạo ra sóng tới trước công trình có dạng phổ năng lượng sóng tương tự như

sóng lan truyền trong vùng nước nông thực tế tại ĐBSCL.

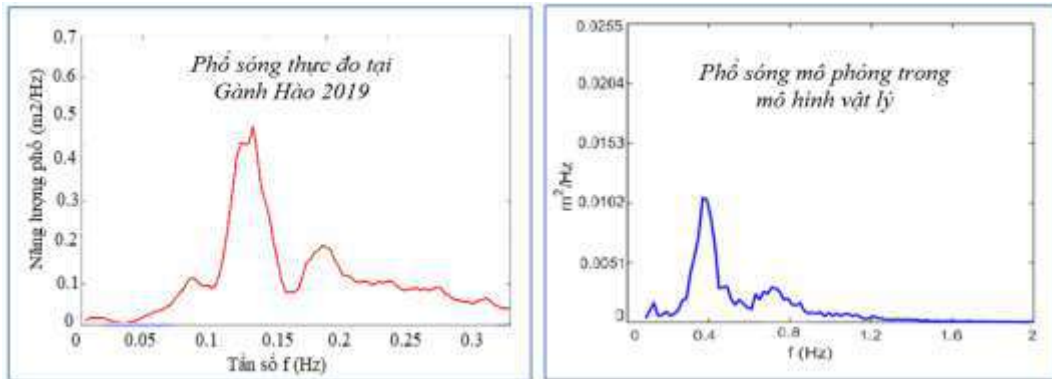
Sự biến đổi tính chất sóng qua mái chuyển tiếp được thể hiện qua phổ năng lượng sóng Hình 4. Sau khi qua vùng chuyển tiếp, sóng bị vỡ nhiều lần làm năng lượng đỉnh suy giảm. Từ vùng nước sâu (WG1) phổ sóng có dạng đỉnh nhọn và qua vùng mái chuyển tiếp (WG5) năng lượng đỉnh phổ bị suy giảm đáng kể, sóng có dạng dẹt và nhiều đỉnh.



Hình 4: Phổ sóng biến đổi trước và sau khi qua mái chuyển tiếp

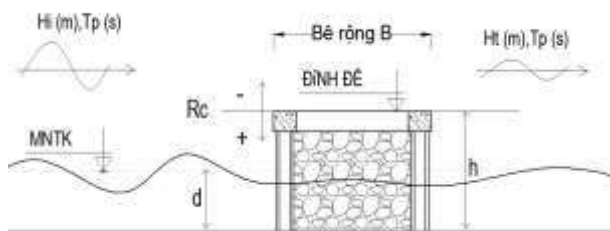
Kết quả phổ sóng tạo ra trong mô hình sau khi qua mái chuyển tiếp được so sánh tương đối với phổ sóng thực đo hiện trường. Tại khu vực nước nông điển hình của ĐBSCL, sự tương đồng giữa phổ sóng thực tế và mô hình được thể hiện qua Hình 5. Phổ sóng cả 2 trường hợp đều có dạng dẹt, nhiều đỉnh, đỉnh có năng lượng lớn

hơn nằm ở giữa và các đỉnh nhỏ nằm ở các dải tần số 2 bên. Sự tương tự về phổ sóng tại vị trí trước công trình cho thấy mô hình đã tái hiện gần đúng điều kiện thực tế, nhằm tăng độ tin cậy trong nghiên cứu tương tác sóng và công trình.



Hình 5: Phổ sóng đo đạc ngoài hiện trường và trong mô hình vật lý

3.2. Phân tích kết quả thí nghiệm



Hình 6: Sơ đồ mặt cắt công trình

Kết cấu cọc ly tâm đá đổ thuộc dạng công trình tường đứng. Khoảng cách giữa các cọc, khoảng cách hai hàng cọc và độ rỗng của đá ảnh hưởng

đến khả năng tiêu tán năng lượng sóng của kết cấu, năng lượng sóng phản xạ trước công trình và sóng truyền qua công trình. Theo định luật bảo toàn năng lượng, có thể thể hiện năng lượng dưới dạng toán học bằng công thức cân bằng năng lượng [7]:

$$E_i = E_t + E_r + E_d \tag{1}$$

Trong đó, E_i , E_t , E_r và E_d là năng lượng của sóng đến, sóng truyền, sóng phản xạ và sóng bị tiêu tán. Từ đó, hàm cân bằng năng lượng có thể được viết lại như sau:

$$1 = \left(\frac{H_t}{H_i}\right)^2 + \left(\frac{H_r}{H_i}\right)^2 + \frac{E_d}{E_i} \quad (2)$$

$$1 = K_t^2 + K_r^2 + K_d \quad (3)$$

Trong đó:

$$K_t = \frac{H_{m0,t}}{H_{m0,i}}$$

Hệ số truyền sóng được xác định

bằng tỷ lệ chiều cao sóng truyền phía sau công trình ($H_{m0,t}$) và chiều cao sóng tới trước công trình ($H_{m0,i}$);

$$K_r = \frac{H_{m0,r}}{H_{m0,i}}$$

Hệ số sóng phản xạ được xác định

bằng tỷ lệ chiều cao sóng phản xạ trước công trình ($H_{m0,r}$) và chiều cao sóng tới trước công trình ($H_{m0,i}$);

K_d được xác định dựa vào kết quả của công thức biến đổi từ công thức (3):

$$K_d = 1 - K_t^2 - K_r^2 \quad (4)$$

Hệ số sóng tổng trước công trình được xác định bằng hiệu số chiều cao sóng tại vị trí WG5 khi có và không có công trình:

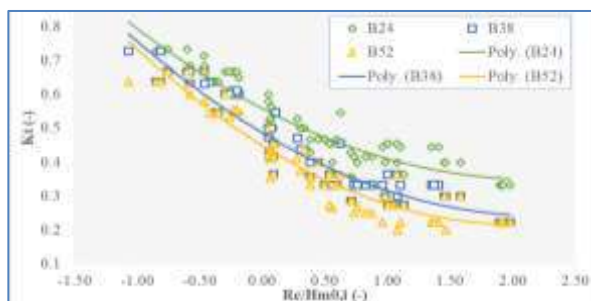
$$K_f = \frac{H_{m0,i,bef}}{H_{m0,i,aft}} \quad (5)$$

Để đánh giá ảnh hưởng của sự thay đổi chiều rộng đỉnh đê đến các yếu tố K_t ; K_r ; K_d trong công thức (3) kết quả sau đây sẽ làm rõ sự thay đổi của từng yếu tố.

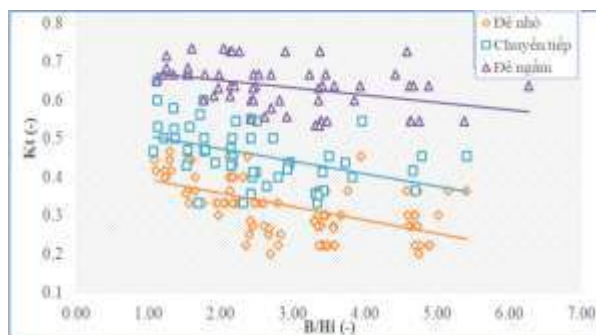
3.2.1. Ảnh hưởng của chiều rộng đỉnh đê đến hệ số truyền sóng

Tương ứng với các giá trị của chiều cao lưu không của đê (R_c), đê làm việc trong ba trạng thái, đó là đê nhô khi $R_c > 0$, đê ngầm khi $R_c < 0$ và khi $R_c = 0$ gọi là trạng thái chuyển tiếp. Tương quan biến đổi giữa chiều cao lưu không tương đối đỉnh đê ($R_c/H_{m0,i}$) và hệ số truyền sóng qua công trình (K_t) thể hiện trên Hình 7. K_t dao động trong khoảng 0,2 đến 0,7 và tỷ lệ nghịch với chiều rộng đê (B), tuy nhiên đường cong có xu hướng hội tụ khi đê càng ngập sâu ($R_c/H_{m0,i} < 0$), chứng tỏ ảnh hưởng của chiều rộng đê giảm khi đê càng ngập sâu. Khi đê ở trạng thái nhô ($R_c/H_{m0,i} > 0$), hệ số truyền sóng

càng giảm nhỏ khi đê càng nhô cao và khi $R_c/H_{m0,i} > 1.5$, mức giảm của K_t không đáng kể. Mặt khác chiều rộng đỉnh đê B tăng tuyến tính ứng với các bề rộng B khác nhau tuy nhiên hiệu quả giảm sóng không tuyến tính tương ứng với sự gia tăng chiều rộng đỉnh đê B . Hình 8 cho thấy trường hợp $B = 24$ cho hệ số truyền sóng là lớn nhất $K_t = 0,4 \div 0,75$. Trường hợp $B = 38$ và $B = 52$ cho kết quả truyền sóng K_t khá sát nhau $K_t = 0,2 \div 0,65$, điều này cho thấy khi bề rộng đỉnh đê tăng từ $B = 24$ đến $B = 38$ thì hệ số K_t giảm đáng kể từ $K_t = 0,4$ đến $K_t = 0,2$ ứng với điều kiện đê nhô, khi chiều rộng đỉnh đê tiếp tục tăng $B \geq 38$ ứng với chiều rộng thực tế đỉnh đê $\geq 1,7m$ thì hiệu quả truyền sóng thay đổi rất ít.



Hình 7: Tương quan chiều cao lưu không tương đối đỉnh đê ($R_c/H_{m0,i}$) và hệ số sóng truyền qua công trình (K_t)



Hình 8: Ảnh hưởng của B/H_i đến K_t

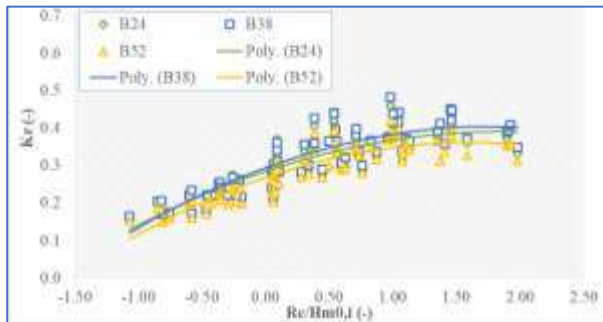
Chiều rộng đỉnh đê ảnh hưởng đến hệ số truyền sóng K_t trong cả 3 trạng thái đê (Hình 8), trong đó, trạng thái đê ngầm ảnh hưởng ít nhất thể hiện qua độ dốc của đường trung bình ít nhất. Chỉ số B/H_i càng lớn thì hệ số truyền sóng qua công trình càng giảm. Trong trạng thái đê nhô, hệ số truyền sóng K_t nằm trong khoảng từ 0.2 đến 0.45. Trong trạng thái đê chuyển tiếp thì

khoảng thay đổi của K_t từ 0.35 đến 0.6 và đối với trạng thái đê nổi K_t dao động từ 0.55 đến 0.75.

3.2.2. Ảnh hưởng của chiều rộng đỉnh đê đến sóng phản xạ trước công trình

Biểu đồ Hình 9 thể hiện tương quan giữa chiều cao lưu không tương đối và hệ số sóng phản xạ trước công trình (K_r) ứng với các chiều rộng đỉnh đê khác nhau, với hệ số sóng phản xạ dao động trong khoảng 0.15 đến 0.45. Hệ số sóng phản xạ của công trình tỷ lệ thuận với chiều cao lưu không tương đối, tuy nhiên hệ số sóng phản xạ có dao động rất nhỏ từ 0,15 ÷ 0,25 khi đê ở trạng thái ngầm ($R_c/H_{m0,i} < 0$) và biên độ dao động rất lớn từ 0,2 ÷ 0,45 khi đê nhô ($R_c/H_{m0,i} > 0$).

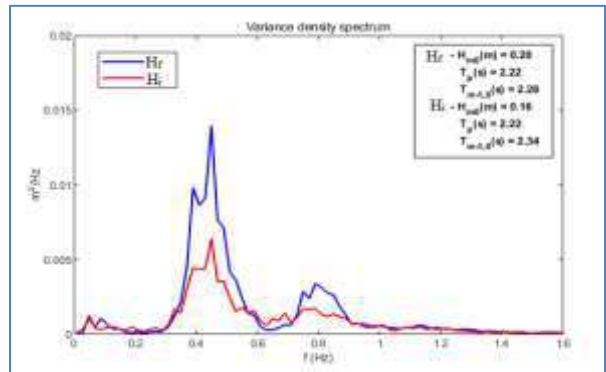
Khi tăng chiều rộng đê lần lượt B24, B38, B52 trong cùng một điều kiện (sóng, mực nước, loại đá sử dụng cho kết cấu) thì hệ số sóng phản xạ giữa các kịch bản thay đổi rất ít. Điều này chứng tỏ hệ số sóng phản xạ của dạng kết cấu cọc ly tâm đá đổ không bị ảnh hưởng nhiều bởi chiều rộng đê (từ B=24cm đến B=52cm).



Hình 9: Tương quan chiều cao lưu không tương đối đỉnh đê ($R_c/H_{m0,i}$) và hệ số sóng phản xạ trước công trình (K_r)

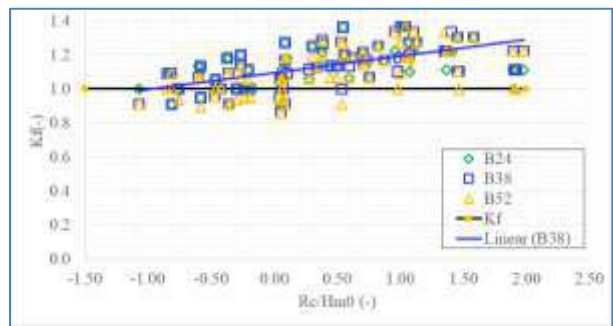
Quá trình sóng phản xạ trước công trình kết hợp với sóng đến qua quá trình giao thoa, cộng hưởng làm biến đổi sóng tới trước công trình. Hình 10 thể hiện sự gia tăng năng lượng đỉnh phổ khi có công trình. Sự gia tăng năng lượng đỉnh phổ dẫn tới thay đổi chiều cao sóng trước công trình, có thể tăng lên gấp 1,4 lần so với

trường hợp không có công trình (Hình 11) điều này phù hợp với nghiên cứu của Lê Xuân Tú và nnk, 2020.

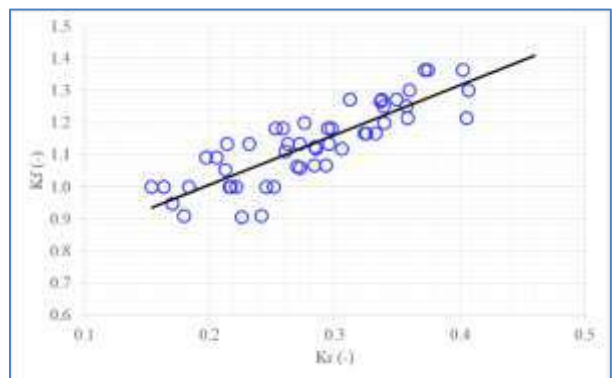


Hình 10: Phổ sóng tổng cộng (H_f) và phổ sóng tới trước công trình (H_i)

Hiện tượng gia tăng chiều cao sóng trước công trình tỷ lệ thuận với chiều cao lưu không tương đối đỉnh đê. Trong các trạng thái ngầm ($R_c/H_{m0} < 0$) thì hệ số sóng tổng cộng xấp xỉ giá trị “1” và tăng dần khi đê chuyển qua trạng thái nhô. Sự gia tăng hệ số sóng tổng cộng tạo thành do sóng phản xạ trước công trình, do đó hệ số tổng cộng tỷ lệ thuận với hệ số sóng phản xạ.



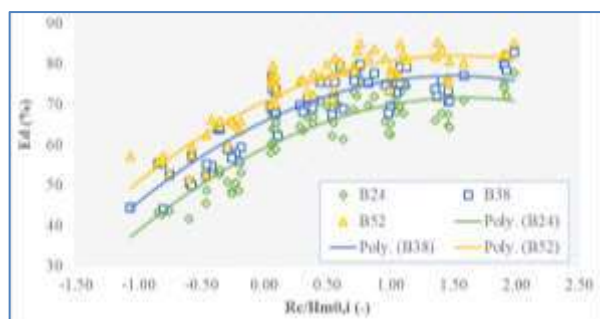
Hình 11: Hệ số sóng tổng cộng trước công trình



Hình 12: Tương quan giữa hệ số sóng phản xạ K_r và hệ số sóng tổng cộng K_f

3.2.3. Ảnh hưởng của chiều rộng đỉnh đê đến tiêu tán năng lượng sóng

Đối với kết cấu cọc ly tâm đá đổ, sóng bị tiêu tán do quá trình truyền qua hàng cọc, lớp đá đổ, ma sát với các viên đá làm tiêu tán năng lượng sóng khi đi truyền qua công trình. Kết quả cho thấy phần trăm năng lượng sóng bị tiêu tán bởi kết cấu cọc ly tâm đá đổ dao động trong khoảng 40% đến hơn 80% so với năng lượng sóng tới, chiều rộng đê càng lớn thì năng lượng sóng bị tiêu tán càng cao (Hình 13). Trong trường hợp đê nhô, khi chiều cao lưu không tương đối của đê nhô lớn hơn 1, năng lượng sóng tiêu tán không tăng nữa (các đường có xu thế đi ngang khi $R_c > 1$), nghĩa là năng lượng tiêu tán chỉ còn phụ thuộc vào chiều rộng và độ rộng của đê.



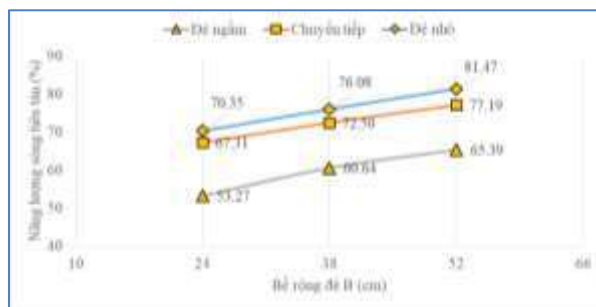
Hình 13: Tương quan chiều cao lưu không tương đối đỉnh đê ($R_c/H_{m0,i}$) và năng lượng sóng bị tiêu tán bởi công trình (E_d)

Hình 14 thể hiện năng lượng sóng tiêu tán trung bình với các trạng thái làm việc của đê: Đê ngầm, chuyển tiếp và đê nhô ứng với các bề rộng đê khác nhau. Trạng thái đê nhô và chuyển tiếp cho thấy năng lượng tiêu tán sóng là vượt trội so với trạng thái đê ngầm.

Trạng thái đê nhô cho khả năng tiêu tán năng lượng sóng lớn nhất $70,35 \div 81,47\%$ và trong trường hợp đê ngầm thì khả năng tiêu tán năng

lượng sóng của công trình là thấp nhất $53,27 \div 65,39\%$. Tuy nhiên kể cả trong trường hợp đê ngầm thì khả năng tiêu tán năng lượng của đê cũng gia tăng theo chiều rộng của đê, với các giá trị trung bình là 53,27%; 60,64%; 65,39% tương ứng với chiều rộng là $B=24$, $B=38$ và $B=52$ cm. Trung bình khi chiều rộng đỉnh đê tăng 14 cm thì khả năng tiêu tán năng lượng sóng của kết cấu tăng khoảng 5%.

Khi chiều rộng đê lớn nhất ($B=52$ cm) thì hiệu quả tiêu tán năng lượng sóng tương đối cao kể cả trong trường hợp đê ngầm, năng lượng sóng tiêu tán trung bình đạt trên 65,39%.



Hình 14: Ảnh hưởng của chiều rộng đê đến năng lượng sóng bị tiêu tán

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của chiều rộng đê đối với các hệ số sóng truyền, sóng phản xạ và hệ số tiêu tán năng lượng của kết cấu đê giảm sóng cọc ly tâm – đá đổ đã được thực hiện trên mô hình vật lý 2D. Kết quả cho thấy ảnh hưởng đáng kể của 3 kích thước chiều rộng đê đến các hệ số kể trên. Từ đó, nghiên cứu này đã xây dựng các đường quan hệ tương quan giữa các tham số chi phối hiệu quả giảm sóng, sóng phản xạ, khả năng tiêu tán năng lượng sóng của công trình. Kết quả nghiên cứu này làm cơ sở cho bài toán thiết kế đê giảm sóng cọc ly tâm đá đổ ứng với mỗi yêu cầu (như giảm sóng) khác nhau và trong điều kiện tự nhiên khác nhau ở vùng ven biển ĐBSCL. Đặc biệt cần lưu ý khi thiết kế dạng kết cấu này là chiều cao sóng gia tăng chủ yếu do sóng phản xạ trước công trình dưới tác động của công trình có thể tới 1,4 lần, cần thiết phải được xem xét trong các bài toán tính toán kết cấu, ổn định công trình.

Kết quả thí nghiệm cho một số kết luận chính như sau:

- Chiều rộng đỉnh đê tỷ lệ nghịch với hệ số truyền sóng K_t và rõ ràng nhất ứng với trường hợp đê nhỏ.
- Chiều rộng đỉnh đê tỷ lệ thuận với hiệu quả giảm sóng và khả năng tiêu tán năng lượng sóng của kết cấu cọc ly tâm – đá đổ trong tất cả mọi trạng thái đê từ đê nhỏ đến đê ngầm.
- Chiều rộng đê ít ảnh hưởng lớn đến hệ số sóng phản xạ của công trình kết cấu cọc ly tâm – đá

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Zanutigh, B., van der Meer, J.W. Wave reflection from coastal structures in design conditions. *Coastal Engineering* (55). 2008. pp. 771-779.
- [2] Le Xuan, T., Ba, H.T., Le Manh, H., Do Van, D., Nguyen, N.M., Wright, D.P., Bui, V.H., Mai, S.T. and Anh, D.T., 2020. Hydraulic performance and wave transmission through pile-rock breakwaters. *Ocean Engineering*, 218, p.108229.
- [3] Nguyễn Hữu Nhân, 2015. Đánh giá tác động của kè tạo bãi ven biển Tây Cà Mau
- [4] TCVN 12261:2018: Công trình thủy lợi - kết cấu bảo vệ bờ biển - yêu cầu thiết kế hệ thống công trình giữ cát giảm sóng
- [5] TCVN 9901: 2014: Công trình thủy lợi yêu cầu thiết kế đê biển
- [6] Van der Meer, J. W., Briganti, R., Zanutigh, B. and Wang, B., 2005. Wave transmission and reflection at low-crested structures: Design formulae, oblique wave attack and spectral change. *Coastal Engineering*, 52, 915 - 929.
- [7] Van der Meer, J.W., Daemen, I.F.R., 1994. Stability and wave transmission at low crested rubble mound structures. *Journal of Waterway, Port Coastal and Ocean Engineering*, 1, 1-19.
- [8] Wave reflection characteristics of permeable and impermeable submerged trapezoidal Breakwaters – Mathew Hornack
- [9] Zelt, J.A. and Skjelbreia, J.E., 1992. Estimating incident and reflected wave fields using an arbitrary number of wave gauges. *Proc. 23rd Int. Conf. Coastal Eng., ASCE*, pp. 777-789.
- [10] A demountable wave absorber for wave flumes and basins - Simon Alexander Tiedeman, William Allsop, Viviana Russo 2012. <https://journals.tdl.org/icce/index.php/icce/article/view/6993-author-4>
- [11] Reynolds number definition from wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Reynolds_number
- [12] Mansard, E., Funke, E., 1980. The measurement of incident and reflected spectra using a least square method. *Proceedings of the 17th International Conference on Coastal Engineering*, vol. 2, pp. 154–172.
- [13] Elgar, S., T. H. C. Herbers, and R. T. Guza, Reflection of ocean surface gravity waves from a natural beach, *J. Phys. Oceanogr.*, 24, 1503 – 1511, 1994.

đổ;

- Hệ số sóng tổng trước công trình tỷ lệ thuận với hệ số sóng phản xạ, sóng trước công trình có thể gia tăng chiều cao lên gấp 1,4 lần trong trạng thái đê nhỏ.

LỜI CẢM ƠN

Xin chân thành cảm ơn Bộ Khoa học công nghệ đã tài trợ cho nghiên cứu này.