

MÔ HÌNH VẬT LÝ KIỂM NGHIỆM KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG KẾT CẤU TIÊU SÓNG CHO TƯỜNG BIỂN Ở NHA TRANG

Phan Đình Tuấn¹

Tóm tắt: Bài báo trình bày quá trình nghiên cứu và ứng dụng kết cấu tiêu sóng hình trụ rỗng (TSD). Bằng phương pháp thí nghiệm mô hình vật lý với các điều kiện thiết kế tại khu vực bờ biển Bãi Tiên, Thành phố Nha Trang. Kết quả phân tích sóng tràn, sóng phản xạ từ thí nghiệm của kết cấu với hệ số phản xạ $K_r = 0.38 \sim 0.42$, sóng tràn trong các trường hợp thiết kế đều đạt nhỏ hơn giá trị cho phép $[q] = 10 \text{ l/s/m}$.

Từ khóa: Kết cấu tiêu sóng hình trụ rỗng, TSD, sóng tràn, tỷ lệ lỗ rỗng, mô hình vật lý.

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Tại khu vực Bãi Tiên thuộc phường Vĩnh Hòa, thành phố Nha Trang, dự án được xây dựng tại thành phố biển kết hợp du lịch gồm nhà ở, trung tâm mua sắm, nhà hát,... Trong điều kiện ven biển Nha Trang, khu vực chịu tác động sóng lớn và ngày càng gia tăng cường bão đổ bộ, việc xây dựng công trình bảo vệ sát bờ tránh ngập nước, giảm lưu lượng tràn và nâng cao cao trình nền phía trong là hết sức cần thiết. Công trình được thiết kế với 2 nhiệm vụ chính: (1) Đảm bảo kỹ thuật ổn định công trình đê/tường ven biển, nâng cao cao trình nền bên trong, chống chịu được tác động sóng biển. (2) Diện tích mặt cắt là nhỏ nhất để không gây lãng phí diện tích đất nền và giảm tác động môi trường biển cũng như kinh phí xây dựng. Với 2 nhiệm vụ trên Phan Đình Tuấn và nhóm nghiên cứu thuộc Viện Thủy công đã đề xuất xây dựng tường biển có sử dụng kết cấu tiêu sóng hình trụ rỗng tại đỉnh (TSD). (Phan Đình Tuấn, 2020).

Công trình được xây dựng để kè bờ từ năm 2020 (Hình 1), thiết kế cấp II, tần suất thiết kế $P=1\%$, cao trình đỉnh $+4.5\text{m}$. (Phan Đình Tuấn, 2020).



Hình 1. Tuyến công trình và chi tiết phân đoạn sử dụng kết cấu TSD

Về nghiên cứu sóng tràn qua công trình có kết cấu rỗng phụ thuộc vào nhiều tham số công trình bao gồm: độ rỗng của mặt tiếp sóng, bề rộng và chiều cao của buồng hấp thụ, và việc bố trí các lỗ mặt tiếp sóng. Các ảnh hưởng khác sẽ phát sinh do các điều kiện khác như ma sát, rối, cộng hưởng và điều kiện sóng tới, đặc biệt là chiều dài sóng cục bộ và góc sóng tới.

Các nghiên cứu sóng tràn về kết cấu có mặt tiếp sóng đục lỗ ở Việt Nam còn hạn chế. Trên thế giới, cơ sở dữ liệu nghiên cứu về quy mô các ảnh hưởng với công trình tường đứng có lỗ rỗng bề mặt cũng chưa được nhiều. Franco (1999) đã tiến

¹ Viện Thủy Công- Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

hành nghiên cứu đối với các dạng kết cấu mặt lỗ hình tròn hoặc hình chữ nhật với độ rỗng 20% (Hình 2). Đối với kết cấu tường mặt lỗ dạng tròn, dạng chữ nhật và dạng chữ nhật với sần hờ, các hệ số ảnh hưởng 0.79, 0.72 và 0.58 đã được xác định

một cách tương ứng. Các hệ số này có thể thay đổi theo các dạng mặt lỗ khác nhau, nhưng ít nhất cũng đã đưa ra một số hướng dẫn cho ảnh hưởng của các kết cấu mặt lỗ đến sóng tràn.



a. Tường biển mặt lỗ Caen, Pháp



b. Tường biển dạng rãnh Cardiff Barrage, Anh

Hình 2. Kết cấu mặt lỗ rỗng trong nghiên cứu Franco, 1999

Với các nghiên cứu về kết cấu rỗng tương tự TSD trên thế giới và Việt Nam tương đối đa dạng và phong phú. Tuy nhiên, cấu tạo, điều kiện làm việc và mục tiêu nghiên cứu khác so với TSD đề xuất. Thực tế, các nghiên cứu kết rỗng hiện nay tại Việt Nam thường hướng đến các giải pháp công trình giảm sóng xa bờ, nghiên cứu khả năng giảm sóng sau công trình, sóng phản xạ trước công trình. Chính vì thế, nghiên cứu sóng tràn qua mặt cắt có kết cấu TSD đề xuất là hướng đi mới trong nghiên cứu sóng tràn qua công trình biển.

Để ứng dụng kết cấu vào công trình thực tế tại Nha Trang, nhóm nghiên cứu đã thực hiện thí nghiệm mô hình vật lý trong máng sóng cho mặt cắt TSD với điều kiện biên tại khu vực và kiểm tra yêu cầu thiết kế về lưu lượng tràn đơn vị.

2. MỤC TIÊU VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Sử dụng kết quả thí nghiệm trong mô hình máng sóng để kiểm chứng lại hiệu quả làm việc của kết cấu TSD tại điều kiện Nha Trang.

Nghiên cứu sử dụng các thống số quy mô, địa hình và điều kiện sóng, mực nước theo hồ sơ thiết kế dự án tại Nha Trang. Thực hiện các trường hợp thí nghiệm kiểm tra lưu lượng tràn qua kết cấu có đảm bảo yêu cầu thiết kế $[q] \leq 10$ (l/s/m), đánh giá ảnh hưởng của độ cao lưu

không tới lưu lượng tràn và khả năng giảm sóng phản xạ trước công trình.

3. XÂY DỰNG MÔ HÌNH VẬT LÝ THÍ NGHIỆM

Thiết bị thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện tại phòng thí nghiệm thủy lực, Trường Đại học Thủy lợi. Máng sóng được sử dụng thí nghiệm là máng sóng do Viện Thủy lực DELFT, Hà Lan xây dựng và chuyển giao trong khuôn khổ dự án nâng cao năng lực đào tạo ngành Kỹ thuật Biển cho Trường Đại học Thủy lợi.

Máng sóng có tổng chiều dài 45m, chiều dài hiệu quả 42m, chiều cao 1.2m, chiều rộng 1.0m. Máy tạo sóng được trang bị hệ thống hấp thụ sóng phản xạ tự động (ARC: Active Reflection Compensation). Máy tạo sóng có thể tạo sóng đều, hoặc sóng ngẫu nhiên theo một số dạng phổ phổ biến (ví dụ như JONSWAP). Chiều cao sóng ngẫu nhiên tối đa có thể tạo ra trong máng là 0.3m và chu kỳ 3.0s.

Thông số sóng được xác định bằng 4 đầu đo sóng sóng Golf 3B dài 1.2m, bằng thép không gỉ có độ chính xác $\pm 1\%$, 4 đầu đo sóng được nối với máy tính bằng card thu thập số liệu PCI 230 và thu thập số liệu bằng phần mềm Manual.exe trên

máy tính. Bộ đầu đo được kiểm định lại về tương quan giá trị điện và dao động mực nước trước khi thí nghiệm.

Để thu được lưu lượng tràn trung bình, tại đỉnh TSD được bố trí một máng thu nước. Máng có thể thu toàn bộ nước tràn qua bề rộng 1m.

Tỷ lệ mô hình

Việc nghiên cứu hiệu quả làm việc của công trình được mô phỏng trên mô hình vật lý chính thái tức là tỉ lệ chiều dài λ_l bằng với tỉ lệ chiều cao λ_h . Để tương tự về động học và động lực sóng các tỉ lệ mô hình cần tuân thủ theo tiêu chuẩn Froude. Việc xác định tỉ lệ mô hình phù hợp đóng vai trò quyết định tính khả thi và mức độ chính xác kết quả thí nghiệm. Lựa chọn mô hình dựa vào các điều kiện của nguyên hình (tham số sóng và kích thước hình học của công trình), năng lực của hệ thống thiết bị thí nghiệm về khả năng tạo sóng tối đa và kích thước máng sóng. Ngoài ra, tỉ lệ mô hình thường được chọn phải đủ lớn để giảm thiểu các sai số khi chế tạo và lắp đặt.

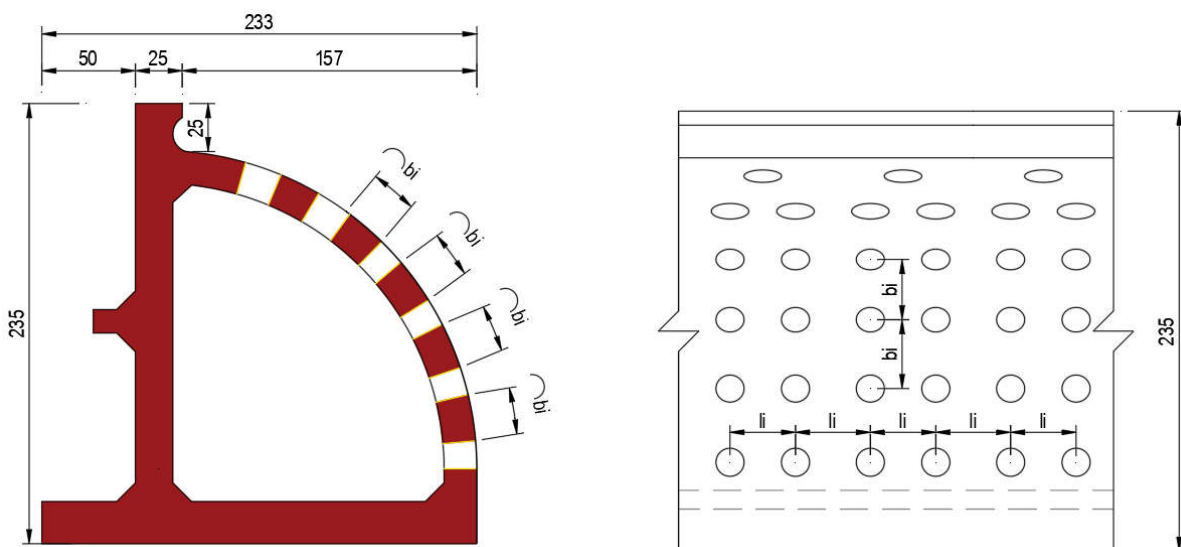
Thực tế chiều cao sóng thiết kế tại chân công trình từ 1.5 ÷ 3m, $T_p = 10.18s$. Chiều cao mặt cắt thí nghiệm bao gồm cả bãi là 13.68m (cao trình bãi -9.18m, đỉnh +4.5m). Trên cơ sở phạm vi không gian mô hình và khả năng tạo sóng của hệ thống máy tạo sóng, tỷ lệ mô hình được chọn 1/20, $\lambda_h = \lambda_l = 20$. Tỷ lệ bảo đảm các trường hợp

sóng thí nghiệm ($H_s \leq 0.3$, $T_p \leq 3.0s$) thuộc khả năng tạo sóng thiết bị. Đồng thời với chiều cao mặt cắt thí nghiệm 0.68m đủ bố trí máng sóng và khoảng lưu không so với đỉnh máng để không tràn thành máng ($h=1.2m$).

Dòng chảy qua các lỗ nhỏ bề mặt cầu kiện TSD và sự ảnh hưởng của độ nhám bê tông cũng như bãi trước công trình thường bị đánh giá thấp trong mô hình tỷ lệ nhỏ, do các ảnh hưởng của độ nhớt C không thỏa mãn tiêu chuẩn Reynolds. Do vậy, để hạn chế các ảnh hưởng khác có thể gây ra do mô hình tỷ lệ nhỏ, tác giả đã chọn thí nghiệm với bãi nhẵn, không thấm nước và cầu kiện được chế tạo độ nhám tương đương. Điều này không làm ảnh hưởng đến các mục đích chính của nghiên cứu. Đồng thời, độ nhớt thường ảnh hưởng khi dòng chảy trong mặt cắt thu hẹp, và chịu tác động bề mặt tiếp xúc. Trong khi đó, cầu kiện TSD trong mô hình được chế tạo tuân theo tiêu chuẩn Froude với bề dày kết cấu nhỏ bằng đường kính lỗ 2.5cm, nên ảnh hưởng bề mặt tiếp xúc khi dòng chảy qua các lỗ đã được giảm thiểu.

Mặt khác, chiều cao sóng thí nghiệm được lựa chọn tối thiểu là 0.1m để có thể tạo ra số Reynolds đủ lớn ($Re > 3 \times 10^4$) nhằm hạn chế ảnh hưởng của lực nhớt trong tất cả các thí nghiệm (Nguyễn Viết Tiến, 2015).

Chế tạo mô hình thí nghiệm

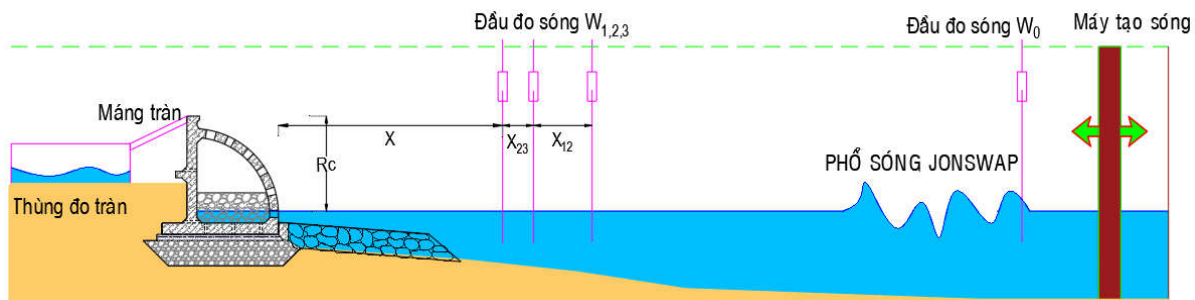


Hình 3. Hình dạng mô hình thí nghiệm kết cấu TSD; $b_i=2.5cm$, $l_i=3.5cm$ trong máng sóng

Mô hình chế tạo cầu kiện và bãi đảm bảo các điều kiện tỷ lệ theo tiêu chuẩn Froude. Đối với cầu kiện tiêu sóng bằng bê tông có độ nhám thực tế $\eta_n = 0.016$, tỷ lệ mô hình $\eta_m = 0.0097$, do đó khi chế tạo sử dụng kính hữu cơ có độ nhám tương đương $0.0097 \div 0.01$. Cầu kiện tiêu sóng hình trụ rỗng tại đỉnh TSD có dạng $\frac{1}{4}$ hình tròn dạng rỗng, trên bề mặt có đục lỗ rỗng để hấp thụ và tiêu hao năng lượng sóng. Với tỷ lệ chế tạo 1/20 trong mô hình, cầu kiện TSD có chiều cao $h = 23.5\text{cm}$ và bề rộng $B = 23.3\text{cm}$ (Hình 3).

Bãi biển phía trước đê có chiều dài bãi 315m từ chân công trình ra biển và cao độ đáy độ từ 0.52m đến -9.18m (Phan Đình Tuấn, 2020). Bãi trước đê có độ nhám thực tế $\eta_n = 0.023 \div 0.03$, theo tỷ lệ mô hình $\eta_m = 0.0139 \div 0.0182$ vì vậy khi chế tạo bãi phía trước dùng vữa xi măng cát trát nhẵn.

Bố trí thiết bị đo



Hình 4. Sơ đồ thí nghiệm

W_0, W_1, W_2, W_3 là các đầu đo sóng

X, X_{12}, X_{13} là khoảng cách các đầu đo

Kịch bản thí nghiệm

Với mục tiêu thí nghiệm để kiểm tra hiệu quả trong điều kiện làm việc với tổ hợp sóng và mực nước thiết kế. Các kịch bản lựa chọn các tham số sóng, mực nước theo 2 tần suất 1% và 0.5 % như bảng 1. Sóng được tạo theo phổ JONSWAP vùng nước sâu, đây là phổ

sóng phù hợp với sóng ở Biển Đông Việt Nam. Các kịch bản thí nghiệm được xác định qua thông số sóng tại chân công trình. Chính vì vậy, các tham số sóng theo kịch bản được kiểm định qua thông số sóng phân tích được từ bộ ba đầu đo sóng W_1, W_2 và W_3 được bố trí theo phương pháp ở trên.

Bảng 1. Tổng hợp phương án thí nghiệm

Phương án	Nguyên hình			Mô hình			Ghi chú
	Mực nước	Chiều cao sóng	Chu kỳ sóng	Mực nước	Chiều cao sóng	Chu kỳ sóng	
	$Z_{tk} \text{ (m)}$	$H_s \text{ (m)}$	$T_p \text{ (s)}$	$Z_{tk} \text{ (m)}$	$H_s \text{ (m)}$	$T_p \text{ (s)}$	
PA1	1.10	3.00	10.18	1.10	0.15	2.28	Điều kiện

Phương án	Nguyên hình			Mô hình			Ghi chú
	Mức nước	Chiều cao sóng	Chu kỳ sóng	Mức nước	Chiều cao sóng	Chu kỳ sóng	
	Z_{tk} (m)	H_s (m)	T_p (s)	Z_{tk} (m)	H_s (m)	T_p (s)	
PA2		2.50	10.18		0.13	2.28	thiết kế, $P=1.0\%$
PA3		2.00	10.18		0.10	2.28	
PA4		1.50	10.18		0.08	2.28	
PA5	1.50	3.00	10.18	1.50	0.15	2.28	Điều kiện kiểm tra, $P=0.5\%$
PA6		2.00	10.18		0.1	2.28	

4. KẾT QUẢ PHÂN TÍCH VÀ THẢO LUẬN

Mô hình thí nghiệm 6 phương án, các phương án thí nghiệm được ghi lại hình ảnh trong quá

trình sóng tương tác với công trình (Hình 5). Kết quả thí nghiệm thông số sóng tới phù hợp với kịch bản (Bảng 2).



Hình 5. Một phần sóng leo được hấp thụ vào buồng và một phần tràn qua công trình

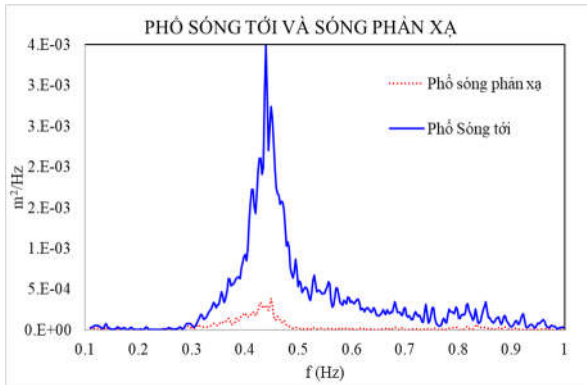
Bảng 2. Tổng hợp kết quả thí nghiệm

TT	Mô hình			Nguyên hình			Hệ số phản xạ
	Sóng tới	Sóng phản xạ	Lưu lượng tràn	Sóng tới	Sóng phản xạ	Lưu lượng tràn	
	H_i (m)	H_r (m)	q (l/s/m)	H_i (m)	H_r (m)	q (l/s/m)	
PA1	0.07	0.03	0.006	1.4	0.6	0.507	0.39
PA2	0.10	0.04	0.009	2	0.8	0.835	0.38
PA3	0.12	0.05	0.010	2.4	1	0.865	0.38
PA4	0.15	0.06	0.031	3	1.2	2.758	0.41
PA5	0.10	0.04	0.076	2	0.8	6.783	0.42
PA6	0.15	0.06	0.153	3	1.2	9.914	0.41

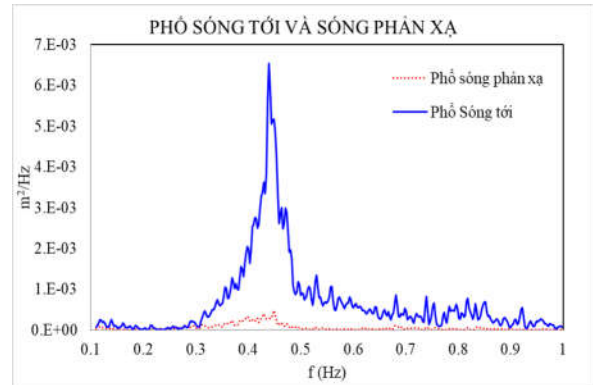
Đặc tính phản xạ của kết cấu

Từ các kết quả tại 3 đầu đo được bố trí tuân theo phương pháp Mansard and Funke. Sử dụng mô-đun WS Reflection Analysis trong bộ phần mềm thủy động lực học Mike phân tích và tách sóng tới (H_i),

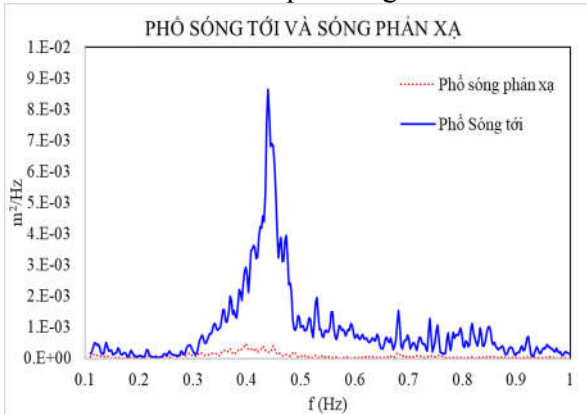
sóng phản xạ (H_r) và tính hệ số phản xạ K_r . Kết quả phân tích sóng phản xạ tương đối nhỏ, hệ số $K_r = 0.38 \div 0.42$. Năng lượng sóng phản xạ nhỏ hơn nhiều so với sóng tới được thể hiện ở hình ảnh dạng phổ sóng tới và sóng phản xạ (Hình 6);



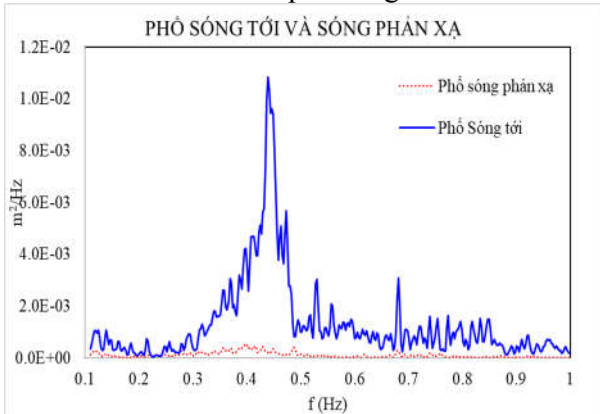
a. Biến đổi phổ sóng PA1



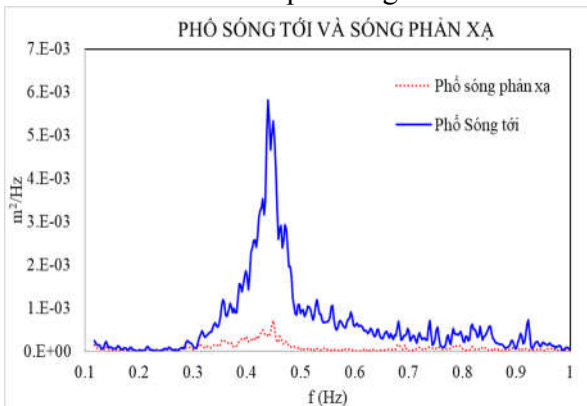
b. Biến đổi phổ sóng PA2



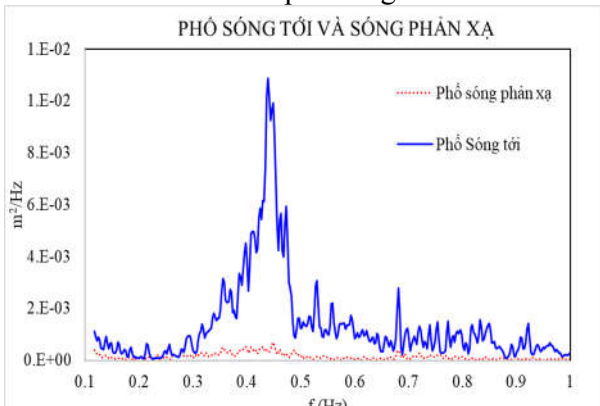
c. Biến đổi phổ sóng PA3



d. Biến đổi phổ sóng PA4



e. Biến đổi phổ sóng PA5



f. Biến đổi phổ sóng PA6

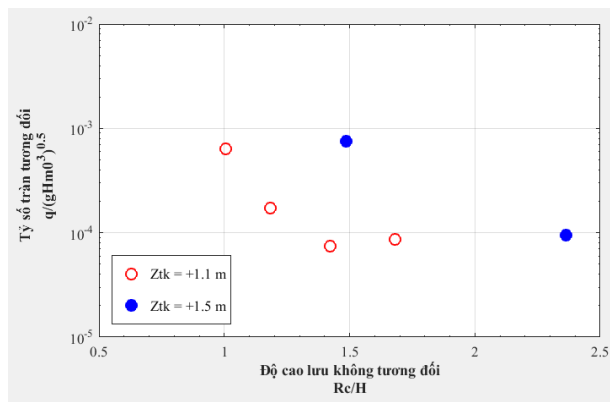
Hình 6. Biến đổi phổ sóng tới và phản xạ các trường hợp thí nghiệm

Lưu lượng tràn đơn vị qua kết cấu TSD

Bảng 2 kết quả thí nghiệm lưu lượng tràn trung bình đo được từ $0.507 \div 9.914$ (l/s/m) với các trường hợp sóng, mực nước thiết kế. So sánh với giá trị lưu lượng tràn cho phép khi thiết kế công trình $[q] = 10$ (l/s/m) đều nhỏ hơn. Như vậy, mặt cắt thiết kế TSD đảm bảo nhiệm vụ công trình ngăn nước, giảm lưu lượng tràn;

Hình 7 cho thấy ảnh hưởng độ cao lưu không

là rất rõ ràng cho cả 2 trường hợp mực nước. Khi độ cao lưu không tăng lưu lượng tràn giảm và ngược lại. Tương quan giữa độ cao lưu không tương đối (R_c/H_{m0}) và tỷ số tràn tương đối ($q/(gH_{m0}^3)^{0.5}$) có sự phân tách đối với từng trường hợp mực nước. Tuy nhiên, do hạn chế về mặt số liệu nên chưa thể đưa ra được một đường lý luận tổng quát, nhằm đánh giá chính xác các xu thế và ảnh hưởng độ cao lưu không tới lưu lượng tràn.



Hình 7. Tương quan độ cao lưu không tương đối và lưu lượng tràn không thứ nguyên

5. KẾT LUẬN

Bài báo đã giới thiệu công trình tường biển hỗn hợp sử dụng kết cấu TSD. Công trình được khởi công xây dựng từ năm 2020 đến nay và đã chịu tác động bởi bão cấp 11 đổ bộ tác động trực tiếp công trình vào tháng 11 năm 2020. Bài báo trình bày quá trình thiết lập và thực hiện các kịch bản thí nghiệm trong máng sóng để kiểm định lại hiệu

quả làm việc công trình đã thiết kế so với nhiệm vụ. Kết quả thí nghiệm với hệ số phản xạ $K_r = 0.38 \sim 0.42$ nhỏ hơn so với kết cấu tường đỉnh cao $K_r = 0.5 \div 0.9$ và tường đứng $K_r = 0.7 \div 1$ (Thompson et al, 1996). Về lưu lượng tràn trung bình nhỏ hơn lưu lượng tràn cho phép $[q] = 10$ l/s/m khi thiết kế công trình.

Kết quả nghiên cứu còn tồn tại một số hạn chế về số lượng kịch bản thí nghiệm. Các yếu tố ảnh hưởng tới sóng tràn như tường đỉnh, mặt cong, kích thước buồng, lỗ rỗng bề mặt của kết cấu chưa xét đến. Đặc biệt là ảnh hưởng của mực nước trong buồng, đây như là một đệm nước khi sóng tương tác với kết cấu TSD. Trong các trường hợp mực nước cao và thời gian sóng đánh nước trong buồng dâng lên, khi đó buồng bị lấp đầy và giảm tác dụng. Nên các xu thế trên chỉ là bước đầu cần có các thí nghiệm và nghiên cứu bổ sung để đánh giá đúng tính chất và hiệu quả làm việc của kết cấu TSD tại khu vực công trình ứng dụng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Nguyễn Viết Tiến (2015). Luận án tiến sĩ “Nghiên cứu hiệu quả của đê ngầm đến quá trình tiêu hao năng lượng sóng tác động vào bờ biển Việt Nam”.
- Phan Đình Tuấn và các cộng sự (2020). Báo cáo kết quả thí nghiệm mặt cắt kè Nha Trang.
- Phan Đình Tuấn (2021) Đánh giá các tham số ảnh hưởng tới sóng tràn qua mặt cắt đê biển có kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh bằng mô hình vật lý. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy Lợi Việt Nam, số 64 ISSN:1859-4255, 02-2021, trang 26-32;
- Phan Đình Tuấn (2021) Nghiên cứu đặc tính phản xạ của kết cấu tiêu sóng đặt tại đỉnh đê biển trên mô hình vật lý. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy Lợi Việt Nam. Số 65 ISSN:1859-4255, 04-2021, trang 8-15;
- Trần Văn Thái và các cộng sự (2020). Báo cáo tổng kết kết quả nghiên cứu đề tài “Nghiên cứu ứng dụng và hoàn thiện công nghệ tiêu tán và giảm năng lượng sóng chống xói lở bờ biển đồng bằng sông Cửu Long” mã số KC.09.08/16-20.
- Trần Văn Thái, Nguyễn Hải Hà, Nguyễn Thanh Tâm, Phan Đình Tuấn (2018) Tải trọng sóng tác động lên cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng tại đỉnh đê biển theo lý thuyết và thực nghiệm. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam. Số 45 ISSN:1859-4255, 07-2018, trang 114-121;
- Trần Văn Thái, Phan Đình Tuấn (2019) Nghiên cứu sóng tràn và tương tác sóng ở mặt cắt đê biển có kết cấu tiêu sóng trụ rỗng tại đỉnh bằng mô hình vật lý. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi, Viện khoa học Thủy lợi Việt Nam. Số 54 ISSN:1859-4255, 06-2019, trang 134-140;

- Eurotop (2018), *Manual on wave overtopping of sea defences and related structure*, An overtopping manual largely based on European research, but for worldwide application.
- Mansard (1980), *The measurement of incident and reflected spectra using a least square method*, Proceedings of the 17th ICCE, ASCE 1, 154–172.
- Thompson, E F, H S Chen and L L Hadley (1996): *Validation of numerical model for wind waves and swell in harbours*. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 122,5. 245-257
- Van der Meer, JW, Bruce T. (2014) *Những hiểu biết vật lý mới và công thức thiết kế về sóng tràn tại các cấu trúc dốc và thẳng đứng*. J. Waterway, Port, Coastal and Ocean Eng, ASCE, doi: 10.106 (ASCE) WW.1943-5460.0000221

Abstract:

PHYSICAL MODEL TESTS THE APPLICATION OF HOLLOW CYLINDER WAVE DISSIPATION STRUCTURE FOR SEA WALL IN NHA TRANG

This paper presents the research process and application of hollow cylinder wave dissipation structure (TSD). By experimental method of physical model, with design conditions at Bai Tien beach area, Nha Trang city. The analysis results of overflow and reflected waves from the experiment of the structure are good. Small reflection coefficient $K_r = 0.38 \sim 0.42$, overflowing wave in all design cases is smaller than the allowable value $[q] = 10 \text{ l/s/m}$

Keywords: Hollow cylinder wave dissipation structure, wave dissipation, physical model

Ngày nhận bài: 24/8/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/9/2021