

NGHIÊN CỨU SÓNG TRÀN QUA MẶT CẮT TƯỜNG BIỂN CÓ KẾT CẤU RỒNG TRONG MÁNG SÓNG MÔ HÌNH VẬT LÝ

Phan Đình Tuấn¹, Trần Đình Hòa¹

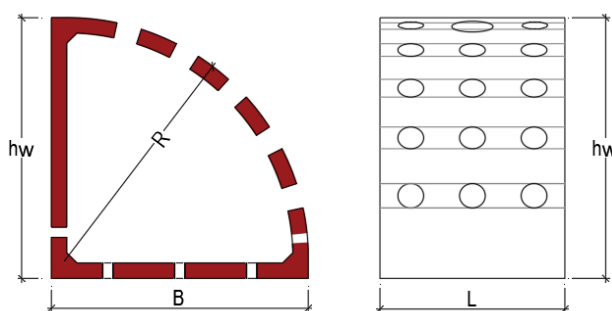
Tóm tắt: Thí nghiệm mô hình vật lý máng sóng đã được thực hiện một cách công phu với 60 kịch bản sóng ngẫu nhiên kết hợp mặt cắt tường biển có kết cấu rồng (TSD) khác nhau nhằm đánh giá ảnh hưởng của TSD đến lưu lượng sóng tràn qua công trình. Kiểm nghiệm phương pháp tường biển hỗn hợp với $R_c/H_{m0} < 1,35$ cho đường cong lý thuyết để xây dựng phương pháp tính. Dựa vào các kết quả thí nghiệm, nghiên cứu đã đề xuất một phương pháp tính toán sóng tràn qua TSD, cho phép kể đến các tham số kết cấu TSD (độ ngập buồng (d), lỗ rồng bề mặt (ε)).

Từ khóa: Kết cấu rồng, sóng tràn, tỷ lệ lỗ rồng; mô hình vật lý.

1. GIỚI THIỆU

Đồng bằng sông Cửu Long được xác định là vùng chịu ảnh hưởng lớn của biến đổi khí hậu toàn cầu, tình trạng sạt lở bờ biển, mất rừng phòng hộ xảy ra ngày càng nghiêm trọng. Các công trình bảo vệ như đê biển đã xây dựng thường có dạng mái nghiêng hoặc mái nghiêng kết hợp tường đỉnh để giảm sóng tràn. Tuy nhiên, kết cấu tường đỉnh cao tạo ra sóng phản xạ từ 0,5 ÷ 0,9 (Thompson et al, 1996), gây ra lực tác động vào tường và phần mái nghiêng lớn. Trước thực tế đó, tác giả đã đề xuất mặt cắt tường biển có kết cấu rồng tại đỉnh với mục tiêu kết cấu có chức năng hấp thụ năng lượng sóng và giảm sóng phản xạ, giảm sóng tràn và giảm chiều cao đắp đê. Đây là ý tưởng đề xuất quan trọng trong điều kiện khan hiếm đất đắp đê, nền đất yếu tại các khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

Cấu kiện có kết cấu rồng (TSD) có hình dạng $\frac{1}{4}$ đường tròn và đục lỗ bề mặt hay còn gọi là độ rồng (lỗ rồng) và kí hiệu là ε , ε được xác định bằng tổng diện tích lỗ rồng bề mặt trên diện tích mặt cong của kết cấu TSD (Hình 1). Các cấu kiện được chế tạo thành các đơn nguyên lắp ghép với nhau thành công trình dạng tuyến bảo vệ bờ biển (Phan Đình Tuấn, 2019).



Hình 1. Cắt ngang và chính diện mặt tiếp sóng có lỗ rồng kết cấu TSD

Nghiên cứu về sóng tràn qua tường đứng đã bắt đầu từ lâu và dựa trên phương trình tổng quát (1). Năm 1980 Owen đã thí nghiệm trong trường hợp không có sóng vỡ và xác định các giá trị a và b trong công thức tổng quát để trở thành một công thức thiết kế đáng tin cậy

$$Q = a \exp(-b.R) \quad (1)$$

Trong đó: Q là lưu lượng tràn không thứ nguyên, R là độ lưu không không thứ nguyên và a, b là các hệ số.

Cùng hướng phát triển hoàn thiện từ công thức tổng quát (1) Franco và các cộng sự (1994) nghiên cứu đối với vùng nước sâu đưa ra tham số $a = 0,2$ và $b = 4,3$, trong khi Allsop và các cộng sự (1995) đưa ra kết quả $a = 0,05$ và $b = 2,78$ trong điều kiện nước nông. Đối với cả ba phương pháp trên khi xây dựng chưa xét tới ảnh hưởng khối gia cố phía

¹ Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

trước tới sóng tràn qua công trình đứng, đây là mặt hạn chế của phương pháp, cũng là tiền đề các nghiên cứu sau này hoàn thiện phương pháp tính sóng tràn qua công trình đứng phía trước có khối giá cố.

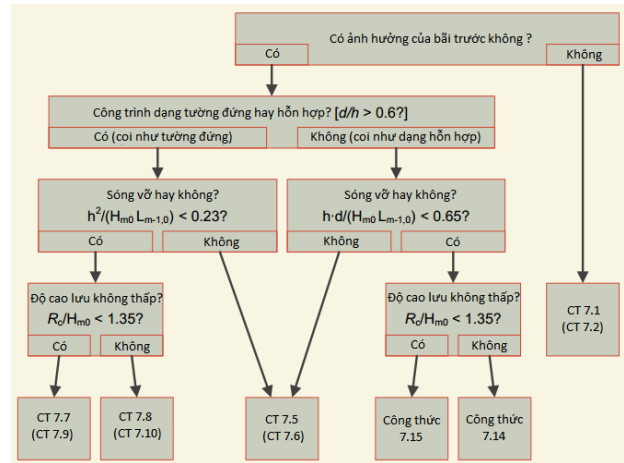
Nhằm khắc phục các hạn chế từ các nghiên cứu trước khi các phương pháp chỉ xét trong các điều kiện làm việc riêng lẻ, như chỉ xét tới tương tác sóng với công trình (vỡ/ không vỡ) của Owen (1980), hay điều kiện làm việc của vùng nước (nước nông/nước sâu)...Vandermer và Bruce (2014) đã đánh giá tổng hợp các yếu tố tác động lên tường biển hỗn hợp để xây dựng phương pháp và công thức xác định như sau:

(i) Trường hợp tường đứng không chịu ảnh hưởng của bãi trước, ví dụ như khi độ sâu nước tương đối lớn. Với một độ cao lưu không tương đối cho trước, điều kiện này sẽ có lượng sóng tràn thấp nhất. Dạng hàm số của sóng tràn được mô tả tương tự như công trình mái nghiêng, sử dụng đường cong Weibull.

(ii) Trường hợp có ảnh hưởng của bãi trước, nhưng sóng không vỡ tại mặt tường (chỉ có sóng tràn dạng “phi xung kích”). So sánh các điều kiện này với điều kiện ở trên, rõ ràng là khi đó sóng tràn sẽ lớn hơn. Với độ cao lưu không nhỏ hơn, gần như không có sự khác biệt xảy ra, nhưng khi độ cao lưu không tăng thì sự khác biệt sẽ lớn hơn. Sóng tràn trong những trường hợp này được mô tả bằng dạng hàm số mũ tự nhiên quen thuộc (dạng đường thẳng trên hệ tọa độ logarit).

(iii) Trường hợp một số cơn sóng vỡ tại vị trí

mặt tường, tạo ra sóng tràn “xung kích”. Trong các điều kiện này, sóng bắn tóe có thể có chiều cao rất lớn và có thể tạo ra lượng sóng tràn đáng kể tới các độ cao lưu không tương đối rất cao, thể hiện bằng các đường gần như nằm ngang kéo dài. Công thức dạng số mũ được sử dụng để mô tả sóng tràn trong trường hợp này, trong đó xem xét cả ảnh hưởng của độ sâu nước tương đối và độ dốc sóng.



Hình 2. Sơ đồ tính toán lưu lượng tràn qua mặt cắt tường biển (Vandermer và Bruce, 2014)

Về nghiên cứu sóng tràn qua công trình mặt lỗ phụ thuộc vào nhiều tham số công trình bao gồm: độ rộng của mặt tiếp sóng, bề rộng, 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.



a, Tường biển mặt lỗ Caen, Pháp



b, Tường biển dạng rãnh Cardiff Barrage, Anh

Hình 3. Kết cấu mặt lỗ rỗng trong nghiên cứu Franco, 1999

Các nghiên cứu sóng tràn có kết cấu mặt tiếp sóng bố trí lỗ ở Việt Nam còn hạn chế. Trên thế giới, cơ sở dữ liệu nghiên cứu về quy mô của các ảnh hưởng đến công trình tường đứng có lỗ rỗng bề mặt chưa được phổ biến. Franco (1999) đã tiến hành nghiên cứu đối với các dạng kết cấu mặt lỗ hình tròn hoặc hình chữ nhật với độ rỗng 20% (Hình 3). 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 về ảnh hưởng của các kết cấu mặt lỗ đến sóng tràn.

Hiện nay, các nghiên cứu về kết cấu rỗng tương tự như TSD ở Việt Nam và trên thế giới tương đối 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 đang tập trung vào các công trình có nhiệm vụ giảm sóng xa bờ, còn đối với dạng công trình này vấn đề nghiên cứu đang tập trung về khả năng giảm sóng sau công trình và sóng phản xạ trước công trình. Chính vì vậy, vấn đề 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. Phục vụ cho tính toán thiết kế mặt cắt tường biển có kết cấu TSD chúng ta cần phải đánh giá được khả năng chiết giảm lưu lượng sóng tràn qua mặt cắt tường biển có TSD. Đây cũng chính là một trong những mục tiêu cơ bản của nghiên cứu hiện tại.

2. MỤC TIÊU VÀ PHẠM VI NGHIÊN CỨU

Mục tiêu xây dựng công thức tính toán lưu lượng tràn trung bình qua mặt cắt có kết cấu TSD bằng các số liệu thí nghiệm trong máng sóng mô hình vật lý.

Phạm vi nghiên cứu sóng tràn qua mặt cắt có kết cấu TSD trong máng sóng vật lý với các điều kiện bãi, thông số sóng và mực nước tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

3. THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH VẬT LÝ

Thiết bị thí nghiệm

Các phương án thí nghiệm được thực hiện

trong máng sóng có chiều dài 37m, rộng 2m, sâu 1,5m trong phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển. Máy tạo sóng có thể tạo sóng ngẫu nhiên và sóng đơn với chiều cao từ 3÷18cm; và chu kỳ $T_p=1\div5s$.

Tỷ lệ mô hình

Phạm vi nghiên cứu là đề biển vùng Đồng bằng sông Cửu Long ở Việt Nam, căn cứ theo tài liệu hiện trạng thì chiều cao mặt cắt thí nghiệm bao gồm cả bãi là 4m (cao trình bãi trung bình -0,5, đỉnh +3,5m). 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 $1/10$, $\lambda_h=\lambda_l=10$. Tỷ lệ bảo đảm các trường hợp sóng thí nghiệm ($H_s \leq 0,4$, $T_p = 0,5s \div 5,0s$) thuộc khả năng tạo sóng của thiết bị. Đồng thời với chiều cao mặt cắt thí nghiệm 0.4m đủ bố trí máng sóng và khoảng lưu không so với đỉnh máng để không tràn thành máng ($h=1,5m$); độ sâu nước tối đa trước máy tạo sóng 1.4m (Hình 4).

Dòng chảy qua các lỗ nhỏ trên bề mặt cấu 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 cấu 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, cấu kiện TSD trong mô hình được chế tạo tuân theo tiêu chuẩn Froude với bề dày kết cấu nhỏ hơn 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 ($Re>3\times10^4$) nhằm hạn chế ảnh hưởng của lực nhớt trong tất cả các thí nghiệm.

Chế tạo mô hình thí nghiệm

Mô hình mặt cắt tường biển có kết cấu TSD và

các tham số thí nghiệm được lựa chọn tỷ lệ mô hình 1/10. Mô hình chế tạo cầu kiện và bãi đầm bảo các điều kiện tỷ lệ theo tiêu chuẩn Froude. Đối với cấu 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 $0,0097 \div 0,01$. Kết cấu TSD được chế tạo cao 23,5cm với ba tỷ lệ độ rộng bề mặt khác nhau và độ dốc mái dưới phía biển 1/3.

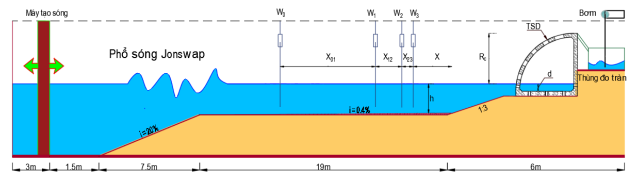
Bãi biển phía trước đê có chiều dài bãi 190m từ chân công trình ra biển theo độ dốc 0,4% (độ dốc trung bình bãi ở đồng bằng sông Cửu Long). Bãi trước đê có độ nhám thực tế $\eta_n=0,023\div0,03$, theo tỷ lệ mô hình $\eta_m=0,0139\div0,0182$ vì vậy khi chế tạo bãi phía trước dùng vữa xi măng cát trát nhẵn.

Bố trí thiết bị đo

Mục tiêu bố trí thiết bị và thí nghiệm đạt được bộ số liệu về lưu lượng tràn trung bình và thống số sóng trước công trình. Đo lưu lượng tràn, bố trí máng thu nước tràn được thiết kế thu toàn bộ nước tràn qua đỉnh công trình và đổ vào một thùng chứa nước. Tuy nhiên, nước chỉ được thu sau khi sóng đã ổn định và đến hết thời gian thử nghiệm. Lưu lượng tràn trung bình được xác định qua tổng lượng nước tràn qua công trình và thời gian lấy mẫu.

Đề thu và tách sóng tới, sóng phản xạ, các đầu đo sóng bố trí theo phương pháp tách sóng phản xạ của Mansard and Funke (Hình 4). Khoảng cách các đầu đo được xác định nguyên lý Mansard and Funke. Với L – chiều dài sóng nước sâu; $X_{12} =$

$L/10$; $L/6 < X_{13} < L/3$ và $X_{13} \neq L/5$ và $X_{13} \neq 3L/10$; $X_{12} \neq n.L_p/2$, với $n=1,2,\dots$; $X_{13} \neq X_{12}$, với $n=1,2,\dots$;



Hình 4. Sơ đồ bố trí thí nghiệm sóng tràn qua kết cấu TSD

Kịch bản thí nghiệm

Chương trình thí nghiệm được thực hiện với sự kết hợp các trường hợp lỗ rỗng kết cấu TSD và các tham số sóng và mực nước được tóm tắt như trong Bảng 1. Các thí nghiệm được thực hiện trình tự từ biến đổi tham số lỗ rỗng ε lần lượt từ 10%, 15%, 20% để đánh giá ảnh hưởng lỗ rỗng thuận lợi. Biên sóng được tạo ra bởi máy tạo sóng tuân theo phổ JONSWAP có chiều cao (H) lần lượt là: 0,1m; 0,125m; và 0,15m; chu kỳ đỉnh phổ (T_p) lần lượt là: 1,3s; 1,7s và 2,1s. Tổng cộng có 60 thí nghiệm sóng ngẫu nhiên, mỗi thí nghiệm được kéo dài ít nhất 1000 con sóng để tạo được đầy đủ miền dao động tần số của phổ mong muốn. Chiều cao sóng cũng được lựa chọn tối thiểu là 0,10 m 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. Sóng đến và sóng phản xạ được phân tách theo phương pháp Mansard và Funke (1980), trong đó sử dụng 3 đầu đo sóng đồng bộ đặt phía trước công trình (Hình 4).

Bảng 1. Tổng hợp thông số hình học và thủy lực thí nghiệm

Mặt cắt thí nghiệm	Độ dốc mái	Các thông số sóng			Độ cao lưu không R_c (cm)	Độ rỗng $\varepsilon(\%)$
		H_{m0} (m)	T_p (s)	Dạng phổ		
Kết tiêu sóng rỗng (TSD)	1/3	0,10	1,3	JONSWAP	0,10	10
		0,125	1,7		0,15	15
		0,15	2,1		0,20	20
					0,25	

4. ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG ÁP DỤNG CÔNG THỨC TƯỜNG BIỂN HỖN HỢP

Phương pháp tính sóng tràn qua mặt cắt tường

biển có kết cấu TSD đến nay chưa được nghiên cứu, nên hướng nghiên cứu ban đầu là đánh giá các phương pháp tính cho kết cấu tương đồng hiện

có. Xét về mặt kết cấu và điều kiện làm việc, TSD làm việc như một tường biển hỗn hợp do chiều cao kết cấu lớn, tương tác trực tiếp với sóng và ngăn nước bảo vệ phía sau công trình. Sơ đồ đánh giá sóng tràn qua tường biển hỗn hợp với kết cấu TSD là tương tự khi bỏ qua mặt cong có lỗ rỗng phía tiếp sóng Hình 5. Như vậy, chúng ta sử dụng các số liệu thí nghiệm để xem xét khả năng áp

dụng công thức tường biển hỗn hợp cho bài toán sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD.

Với các kết quả thí nghiệm đều cho thấy sóng tương tác công trình bị vỡ. Các công thức cơ bản tính sóng tràn qua tường biển hỗn hợp khi sóng vỡ theo Van der Meer, JW, Bruce T. (2014) được nhắc lại như sau:

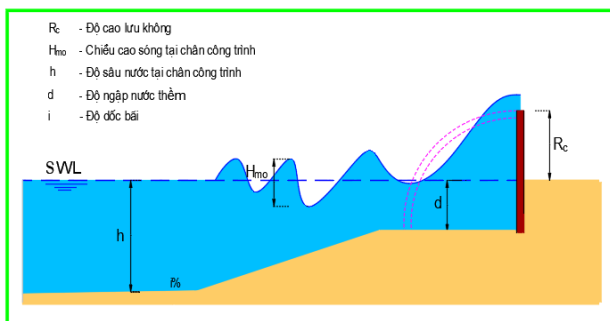
Trường hợp sóng vỡ, với $R_c/H_{m0} \geq 1,35$

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 1,3 \left(\frac{d}{h} \right)^{0,5} 0,0014 \left(\frac{H_{m0}}{h s_{m-1,0}} \right)^{0,5} \left(\frac{R_c}{H_{m0}} \right)^{-3} \quad (2)$$

Trường hợp sóng vỡ, với $R_c/H_{m0} < 1,35$

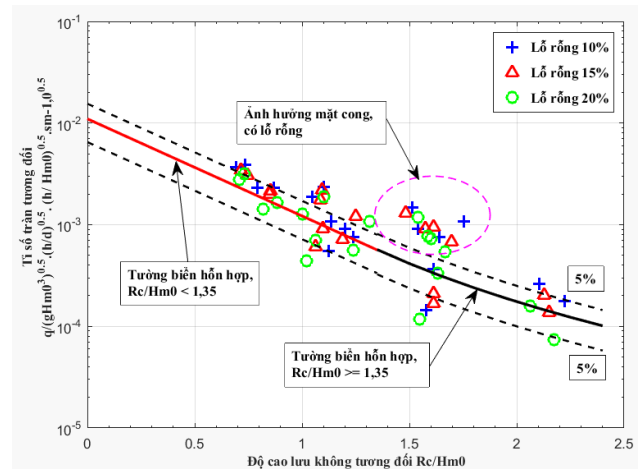
$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 1,3 \left(\frac{d}{h} \right)^{0,5} 0,011 \left(\frac{H_{m0}}{h s_{m-1,0}} \right)^{0,5} \exp \left(-2,2 \frac{R_c}{H_{m0}} \right) \quad (3)$$

Trong đó q là lưu lượng sóng tràn trung bình. H_{m0} là chiều cao sóng mô men không, d là độ ngập nước thêm, h là độ sâu nước chân công trình, R_c là độ cao lưu không trên mực nước tính toán, $s_{m-1,0} = \frac{H_{m0}}{1,56T_{m-1,0}^2}$ là độ dốc sóng. Lưu ý Van der Meer, JW, Bruce T. (2014) không kể đến ảnh hưởng lỗ rỗng bề mặt cong và buồng của kết cấu TSD.



Hình 5. Định nghĩa các tham số kết cấu và điều kiện biên trong tính toán sóng tràn qua tường biển hỗn hợp

Để thống nhất các tham số hình học mặt cắt tường biển có kết cấu TSD quy định như ở Hình 5. Trong trường hợp có kết cấu TSD hệ số lỗ rỗng mặt cong là ϵ . Độ ngập nước trước thêm sẽ chính là độ ngập nước trong buồng kết cấu TSD.



Hình 6. Sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD theo tường biển hỗn hợp

Hình 6 cho thấy kết quả thí nghiệm so sánh với tính toán theo phương pháp của tường biển hỗn hợp. Lưu ý trong tính toán này không xét tới sự ảnh hưởng của các độ rỗng bề mặt khác nhau và trường hợp độ ngập buồng $d=0$. Các số liệu thí nghiệm trong nghiên cứu này phù hợp với phương pháp tính tường biển hỗn hợp trong trường hợp $R_c/H_{m0} < 1,35$. Điều này cho thấy có thể sử dụng đường cong sóng tràn trung bình của tường biển hỗn hợp khi $R_c/H_{m0} < 1,35$ làm chuẩn mực để xây dựng phương pháp tính sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD.

Các kết quả so sánh cho thấy nhiều điểm thí

thí nghiệm có xu hướng lớn hơn và không phù hợp phương pháp tính tường biển hỗn hợp. Rõ ràng là so với tường đứng, mặt cong tiếp sóng sẽ tạo đà sóng leo và tràn nhiều hơn trong một số trường hợp. Và lỗ rỗng bề mặt tiếp sóng khác nhau sẽ có xu thế tràn khác nhau. Chính vì vậy, cần phải xét tới ảnh hưởng cấu tạo mặt cong có lỗ rỗng bề mặt trong tính toán sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD.

5. XÂY DỰNG CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM TÍNH LƯU LƯỢNG TRÀN TRUNG BÌNH QUA MẶT CẮT TƯỜNG BIỂN CÓ KẾT CẤU TSD

Sau khi xây dựng xác định công thức tính toán sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD theo đường cong sóng tràn trung bình của tường biển hỗn hợp khi $R_c/H_{m0} < 1,35$. Các tham số tính sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD được định nghĩa như Hình 5. Ở đây ngoài các tham số ảnh hưởng tương tự ở tường biển hỗn hợp thì hai tham số quan trọng của kết cấu TSD khác với tường biển hỗn hợp đã được định nghĩa là độ rỗng bề mặt tiếp sóng ε và độ ngập buồng d thay cho độ ngập thêm của tường biển.

Với định hướng trên, lưu lượng tràn thứ nguyên sẽ là hàm phụ thuộc vào độ cao lưu không tương đối R_c/H_{m0} , độ ngập tương đối d/h , độ dốc sóng tương đối $H_{m0}/h \cdot S_{m-1,0}$ như tường biển hỗn hợp và bổ sung thêm hệ số lỗ rỗng bề mặt ε .

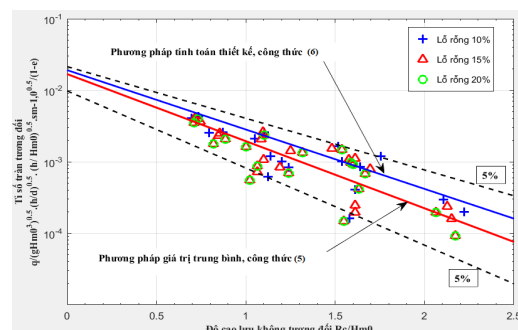
$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = a \cdot (1 - \varepsilon) \cdot b \left(\frac{d}{h} \right)^{0.5} \cdot c \left(\frac{H_{m0}}{h \cdot S_{m-1,0}} \right)^{0.5} \exp \left(d \frac{R_c}{H_{m0}} \right) \quad (4)$$

Trong đó: a, b, c, d là các hệ số kinh nghiệm xác định theo phương pháp hồi quy với các số liệu thí nghiệm. Các hệ số mũ là xác định theo công thức tổng quát sóng tràn qua tường đứng. Kết quả phân tích hồi quy nhiều biến cho 60 điểm số liệu thí nghiệm cho mặt cắt tường biển có kết cấu TSD được thể hiện Hình 7.

Từ kết quả đánh giá các tham số ảnh hưởng tới sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD đã được tác giả phân tích và công bố (Phan Đình Tuấn, 2021). Biến đổi lưu lượng tràn tương đối so với độ rỗng là hàm nghịch biến. Tức là lỗ rỗng bề mặt ε tăng thì lưu lượng tràn tương đối $Q^* = \frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}}$ giảm. Đây là xu thế phù hợp cho tất

cả các trường hợp biến đổi độ ngập, độ cao lưu không và độ dốc sóng tương đối. Mặt khác, với trường hợp mặt cong kết cấu TSD không đục lỗ ($\varepsilon = 0$) sẽ có giá trị sóng tràn lớn nhất, còn với trường hợp đục lỗ mặt cong hoàn toàn 100% ($\varepsilon = 1$) thì kết cấu lúc này sẽ là tường thẳng đứng và được sử dụng phương pháp tính toán tường biển hỗn hợp để tính toán. Với giới hạn các thí nghiệm đã thực hiện, hai giới hạn trên chưa thể tổng quát hóa một cách chính xác, do không thí nghiệm với 2 trường hợp $\varepsilon = 0$ và $\varepsilon = 1$. Chính vì vậy, khi xét tới tham số tỷ lệ lỗ rỗng tác giả lựa chọn chỉ số $(1 - \varepsilon)$ để đánh giá tương quan nghịch biến giữa tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt ($\varepsilon = 10\% \div 20\%$) với kết cấu TSD và lưu lượng tràn.

Trên các kết quả phân tích trên hàm tổng quát phân tích hồi quy xây dựng công thức thực nghiệm xác định lưu lượng tràn trung bình qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD như sau:



Hình 7. Sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD

Để áp dụng phương pháp giá trị trung bình, phương trình (5) được xác định từ các số liệu đo đạc và có thể sử dụng để dự đoán và so

sánh với các giá trị đo được. Độ tin cậy của phương trình (5) được cho bởi $\sigma(1,172) = 0,158$ và $\sigma(2,162) = 0,249$.

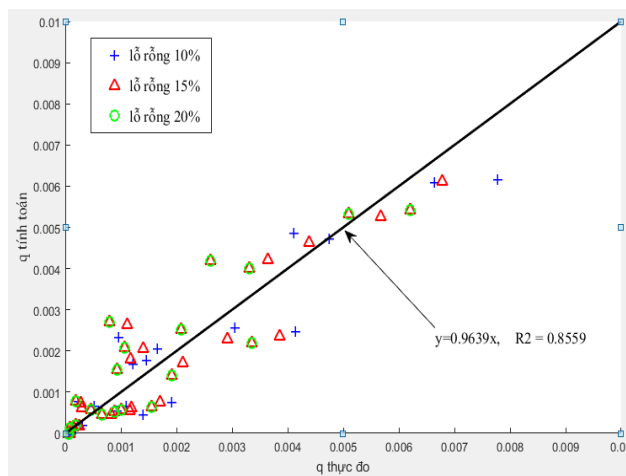
$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 1,172(1-\varepsilon)1,563\left(\frac{d}{h}\right)^{0.5} 0,0092\left(\frac{H_{m0}}{h s_{m-1,0}}\right)^{0.5} \exp\left(-2,162 \frac{R_c}{H_{m0}}\right) \quad (5)$$

Đối với phương pháp thiết kế hoặc đánh giá, cần thiết phải tăng giá trị lưu lượng trung bình lên một khoảng bằng độ lệch chuẩn. Do vậy, phương trình (6) có thể được áp dụng trong thiết kế và

đánh giá độ an toàn với tính hiệu quả và độ phân tán liên quan đến việc dự đoán này có thể được đánh giá theo Hình 7.

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 1,33(1-\varepsilon)1,563\left(\frac{d}{h}\right)^{0.5} 0,0092\left(\frac{H_{m0}}{h s_{m-1,0}}\right)^{0.5} \exp\left(-1,913 \frac{R_c}{H_{m0}}\right) \quad (6)$$

Để đánh giá độ tin cậy, chính xác của phương pháp hồi quy. Một kết quả tính toán và so sánh lưu lượng tràn tính toán và lưu lượng tràn đo đạc trong thí nghiệm đã được xây dựng. Do kết quả hồi quy và tính toán theo phương pháp giá trị trung bình, nên chỉ so sánh kết quả thực đo với công thức (5). Đối với công thức (6), như đã trình bày ở trên, đây là phương pháp tính thiên về an toàn nên kết quả tính xu hướng lớn hơn thực đo, điều này không phản ánh sự chính xác của hàm hồi quy. Kết quả độ tương quan hai giá trị đạt kết quả khả quan $R^2 = 0.86$ (Hình 8). Hàm tương quan là hàm tuyến tính $y = 0,9639x$ gần bằng hàm $y=x$.



Hình 8. So sánh kết quả tính toán công thức (5) và số liệu đo thí nghiệm

Hai công thức thực nghiệm (5) và (6) được xây dựng trên dữ liệu thí nghiệm trong mô hình vật lý. Chính vì vậy, phạm vi áp dụng sẽ phụ thuộc điều kiện thí nghiệm như sau: tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt TSD $\varepsilon = 10\% \div 20\%$, độ cao lưu không tương đối $R_c/H_{m0} = 0,7 \div 2,57$; độ ngập nước tương đối $d/h = 0 \div 0,45$.

6. KẾT LUẬN

Kết quả đánh giá khả năng áp dụng tường biển hỗn hợp (Van der Meer, JW, Bruce T., 2014) là chưa thật đầy đủ để tính toán sóng tràn qua mặt cắt tường biển có TSD. Tuy nhiên, từ phương pháp này ứng với trường hợp $R_c/H_{m0} < 1,35$, đường cong lý thuyết sóng tràn trung bình phù hợp làm chuẩn mực để xây dựng phương pháp tính sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD. Sử dụng đường cong lý thuyết này và xét tới các tham số ảnh hưởng như độ cao lưu không tương đối R_c/H_{m0} , độ ngập tương đối d/h , độ dốc sóng tương đối $H_{m0}/h.s_{m-1,0}$ và hệ số lỗ rỗng bề mặt ε . Tác giả đã xây dựng được công thức thực nghiệm tính toán sóng tràn qua mặt cắt tường biển có kết cấu TSD, công thức (5) và công thức (6).

Công thức được xác định trên các số liệu kích bản thí nghiệm. Chính vì vậy các tham số ảnh hưởng có thể có nhưng chưa xét tới hoặc chưa

được thí nghiệm là mặt hạn chế. Tác giả kiến nghị hưởng khi kết cấu không ngập và phía trước kết
cần có các nghiên cứu tiếp theo xem xét ảnh cấu có cơ với bề rộng xác định.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Phan Đình Tuấn (2019) *Thiết lập mô hình thí nghiệm nghiên cứu sóng tràn qua đê biển có kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh ở đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy Lợi, Viện khoa học Thủy Lợi Việt Nam, số 55 ISSN:1859-4255, 08-2019, trang 37-42;
- 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;
- Allsop, N.W.H, Besley, P., Madurini, L., (1995) *Overtopping performance of vertical and composite breakwater, seawall and low reflection alternatives, the final MCS project workshop*, Alderney, UK.
- Claudio Franco and Leopoldo Franco (1999), *Overtopping formulas for caisson breakwaters with nonbreaking 3D waves*. J. Waterway, port, Coastal, Ocean Eng 1999.125:98-108
- Franco (1994), "Wave overtopping on vertical and composite," Conf. on Coastal Eng, vol. Proc. 24th Int, p. 1030–1044.
- Mansard (1980), *The measurement of incident and reflected spectra using a least square method*, Proceedings of the 17th ICCE, ASCE 1, 154–172.
- Owen, M.W (1980), *Design of seawalls allowing for wave overtopping*, Report No. EX 924, HR Wallingford, United Kingdom
- 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, J.W, 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:

RESEARCH OF WAVE OVERTOPPING ON HOLLOW STRUCTURE IN PHYSICAL MODEL

The wave trough physical model experiment has been elaborately performed with 60 random wave scenarios combining different structural seawall sections (TSD) to evaluate the influence of TSD on the overflow wave discharge through the structure. Test the mixed seawall method with $R_c/H_{m0} < 1.35$, for the theoretical curve to build the calculation method. Based on the experimental results, the study proposed a method to calculate the overflow wave through the TSD, allowing to include the TSD structural parameters (chamber flooding (d), surface voids (ϵ)).

Keywords: Hollow structure, wave dissipation, physical mode.

Ngày nhận bài: 30/9/2021

Ngày chấp nhận đăng: 08/11/2021