

ĐÁNH GIÁ LƯU LƯỢNG TRÀN QUA CÁC MẶT CẮT ĐỀ BIẾN
BẰNG THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH VẬT LÝ

Phan Đình Tuấn¹

Tóm tắt: Từ kết quả số liệu đo đạc lưu lượng tràn trên thí nghiệm mô hình vật lý, tác giả đã so sánh, đánh giá sóng tràn qua 3 dạng mặt cắt (1) mặt cắt mái nghiêng (2) mặt cắt mái nghiêng có tường đỉnh (3) mặt cắt có kết cấu tiêu sóng hình trụ rỗng tại đỉnh (TSD) với cùng cao trình đỉnh. Kết quả sóng tràn qua mặt cắt (1) lớn nhất. Với kết cấu TSD khi hệ số lỗ rỗng bề mặt tăng thì hiệu quả giảm sóng tràn tăng. Kết quả phân tích chỉ ra sóng tương tác kết cấu TSD và xu thế tràn tương đồng với đê mái nghiêng nhưng hiệu quả giảm tràn gần với mặt cắt đê dạng mái nghiêng có tường đỉnh.

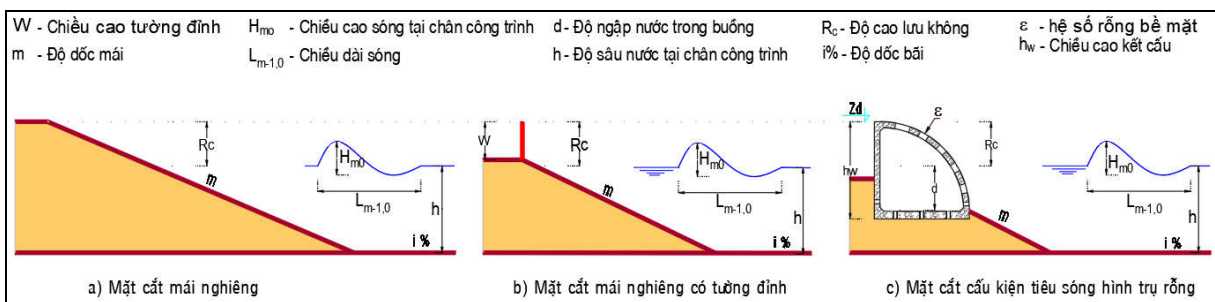
Từ khóa: Cầu kiện trụ rỗng, sóng tràn, tỷ lệ lỗ rỗng, mô hình vật lý.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

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, hệ số phản xạ từ 0,5 ÷ 0,9 (Thompson et al, 1996), gây ra lực tác động lên tường và phần mái nghiêng lớn. Trước thực tế đó, các tác giả đã đề xuất mặt cắt đê biển có kết cấu hình trụ

rỗng tại đỉnh với mục tiêu kết cấu có chức năng hấp thụ năng lượng sóng và giảm sóng phản xạ, giảm chiều cao đập 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.

Cầu kiện tiêu sóng hình trụ rỗng tại đỉnh (TSD) có dạng ¼ hình tròn dạng rỗng, trên bề mặt có đục lỗ rỗng theo các tỷ lệ 10%, 15% và 20% để hấp thụ và tiêu hao năng lượng sóng. Các cầu kiện được chế tạo thành các đơn nguyên lắp ghép với nhau thành công trình dạng tuyến trên đỉnh đê (Phan Đình Tuấn, 2019).



Hình 1. Sơ họa các mặt cắt thí nghiệm

Phân tích đặc tính sóng phản xạ của kết cấu là một trong những yếu tố quan trọng trong việc

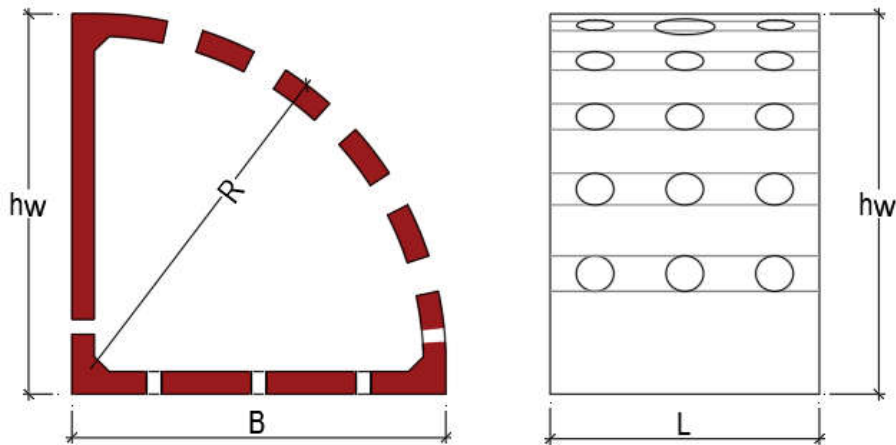
đánh giá mối liên quan giữa lưu lượng tràn và sóng phản xạ. Đặc tính sóng phản xạ đã được phân tích và công bố với hệ số phản xạ của mặt cắt đê có kết cấu TSD từ 0,37÷0,63 (Phan Đình

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

Tuấn, 2021). Vì vậy trong phạm vi bài báo chỉ tập trung đánh giá về khả năng giảm sóng tràn qua mặt cắt TSD so với các mặt cắt đê phổ biến hiện nay. Tác giả đã thực hiện các thí nghiệm sóng tràn qua các mặt cắt đê biển với cùng điều kiện làm việc sóng, mực nước tại đồng bằng sông Cửu

Long với 3 dạng mặt cắt có cùng cao trình đỉnh (Hình 1) (Phan Đình Tuấn, 2021):

- a) Mặt cắt mái nghiêng
- b) Mặt cắt mái nghiêng có tường đỉnh 1m
- c) Mặt cắt có kết cấu tiêu sóng tại đỉnh, hệ số rỗng bề mặt (Hình 2)^(*) $\varepsilon=10\%$; $\varepsilon=15\%$, $\varepsilon=20\%$



Hình 2. Cắt ngang và chính diện mặt tiếp sóng có lỗ rỗng kết cấu TSD

2. THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM

Kịch bản thí nghiệm được xây dựng dựa trên các yếu tố ảnh hưởng tới xác định sóng tràn như độ cao lưu không R_c , độ rỗng kết cấu, thông số sóng, hiện trạng về giải pháp bảo vệ, thông số hải văn;

Các phương án thí nghiệm được thực hiện trong máng sóng có chiều dài 37m, rộng 2m, sâu 1,5m tại phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sóng biển. Máng được chia thành 2 phần: phần bê tông là phần để máy tạo sóng có chiều dài 15m, thường được sử dụng ở phần nước sâu nơi có độ sâu nước lớn; phần còn lại có chiều dài 22m được làm bằng kính 8mm, thường được sử dụng để bố trí công trình để dễ quan sát các hiện tượng tương tác giữa sóng và công trình.

Máy tạo sóng có thể tạo ra sóng đều, sóng ngẫu nhiên theo một dạng phổ Jonswap, Jonswap Par, Moskowitz, Moskowitz Par và Sin ở độ sâu nước tối đa trước máy tạo sóng 1,4m. Chiều cao sóng lớn nhất có thể tạo trong máng là $H_{max} = 0,4m$ và chu kỳ từ $T_p = 0,5s \div 5,0s$.

^(*) Hệ số rỗng bề mặt được xác định bằng tổng diện tích lỗ rỗng bề mặt trên diện tích mặt cong tiếp sóng kết cấu TSD

Đặc điểm thủy văn nguyên mẫu khu vực như sau:

- + Thông số sóng: chiều cao sóng khu vực $H_s = 1 \div 1,5$ m chu kỳ sóng $T_p = 4 \div 6$ s
- + Độ sâu nước: $d = 2,5 \div 4$ m

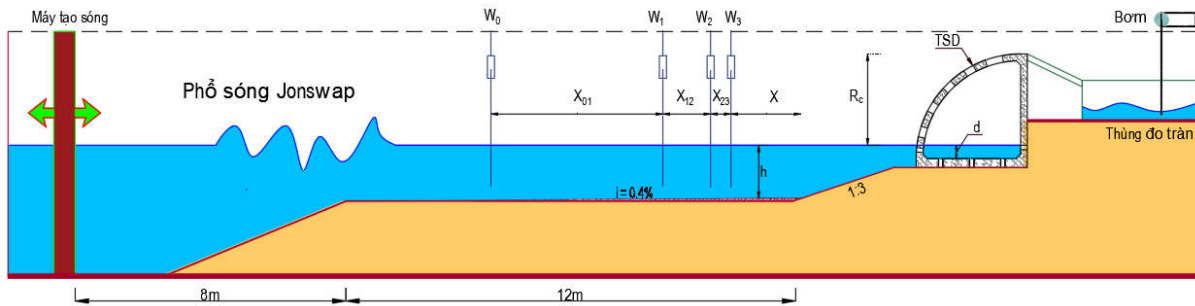
Kịch bản thí nghiệm được thiết kế với ba tỷ lệ lỗ rỗng của kết cấu 10%; 15% và 20%. Chiều cao sóng được lựa chọn tối thiểu 0,10 m, để có thể tạo ra số Reynolds đủ lớn ($R_e > 3 \times 10^4$) nhằm hạn chế ảnh hưởng của lực nhớt trong tất cả các thí nghiệm. Trên cơ sở về năng lực tạo sóng, chiều dài máng phòng thí nghiệm và thông số mặt cắt, điều kiện sóng, tỷ lệ mô hình được lựa chọn 1/10. Biên sóng được tạo ra bởi máy tạo sóng tuân theo phổ JONSWAP có chiều cao (H) tương ứng: 0,1m; 0,125m; và 0,15m; chu kỳ đỉnh phổ (T_p): 1,3s; 1,7s và 2,1s.

Mục tiêu bố trí thiết bị và thí nghiệm để đạt được bộ số liệu về lưu lượng tràn trung bình, sóng phản xạ của kết cấu. Xác định lưu lượng tràn bằng hệ thống thu nước tràn qua đê thông qua máng vào 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.

Để thu và tách sóng tới, sóng phản xạ, các đầu đo sóng được bố trí theo phương pháp tách sóng

phản xạ của Mansard and Funke (Hình 3). 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 3. Bố trí đầu đo và hệ thống thu dữ liệu

Bảng 1. Tổ hợp các phương án thí nghiệm

Mặt cắt đề thí nghiệm	Thông số sóng	Độ cao lưu không	Số kịch bản
Mái nghiêng (Hình 1a)	$H_{m0} = 0,10\text{m}$; $T_p = 1,3\text{s}$ $H_{m0} = 0,125\text{m}$; $T_p = 1,7\text{s}$ $H_{m0} = 0,15\text{m}$; $T_p = 2,1\text{s}$	$R_c = 0,10\text{m}$ $R_c = 0,15\text{m}$ $R_c = 0,20\text{m}$	9 kịch bản kết hợp từ 3 thông số sóng x 3 độ cao lưu không
Mái nghiêng có tường đỉnh 1m (Hình 1b)	$H_{m0} = 0,10\text{m}$; $T_p = 1,3\text{s}$ $H_{m0} = 0,125\text{m}$; $T_p = 1,7\text{s}$ $H_{m0} = 0,15\text{m}$; $T_p = 2,1\text{s}$	$R_c = 0,10\text{m}$ $R_c = 0,15\text{m}$ $R_c = 0,20\text{m}$	10 kịch bản kết hợp từ 3 thông số sóng x 3 độ cao lưu không và 1 kịch bản mực nước thấp ($H_{m0} = 0,125\text{m}$; $T_p = 1,7\text{s}$; $R_c = 0,25\text{m}$)
Kết cấu tiêu sóng tại đỉnh, hệ số rỗng bề mặt $\epsilon=10\%$; $\epsilon=15\%$; $\epsilon=20\%$ (Hình 1c)	$H_{m0} = 0,10\text{m}$; $T_p = 1,3\text{s}$ $H_{m0} = 0,125\text{m}$; $T_p = 1,7\text{s}$ $H_{m0} = 0,15\text{m}$; $T_p = 2,1\text{s}$ $H_{m0} = 0,15\text{m}$; $T_p = 1,7\text{s}$ $H_{m0} = 0,15\text{m}$; $T_p = 2,1\text{s}$	$R_c = 0,10\text{m}$ $R_c = 0,15\text{m}$ $R_c = 0,20\text{m}$	60 kịch bản kết hợp từ 3 hệ số rỗng x 6 thông số sóng x 3 độ cao lưu không và 6 kịch bản mực nước thấp kết hợp ($H_{m0} = 0,125\text{m}$; $T_p = 1,7\text{s}$ và $2,1\text{s}$; $R_c = 0,25\text{m}$) x 3 lỗ rỗng.

Tổng hợp số lượng kịch bản thí nghiệm cho 3 loại mặt cắt là 79 kịch bản.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

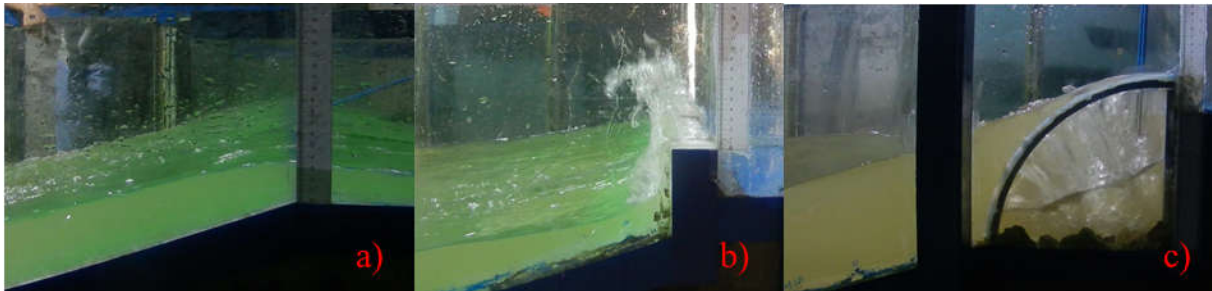
Hình 4 phản ánh kết quả hình dạng kết cấu được tương tác giữa sóng và kết cấu công trình. Đối với đề mặt cắt mái nghiêng, khi sóng tác động gây ra quá trình sóng leo trên mái và tràn qua

công trình. Mái nghiêng tạo đà sóng leo dễ dàng khi sinh ra dòng chảy tràn với chiều cao lớn (Hình 4a) và là nguyên nhân lưu lượng tràn qua mặt cắt thiên lớn so với mặt cắt đề có kết cấu TSD (Hình 5a). Với mặt cắt mái nghiêng có tường đỉnh sau khi sóng leo trên mái nghiêng đã bị cản lại bởi tường đỉnh. Sóng tới tương tác với tường tạo

thành sóng đứng cao (Hình 4b), lưu lượng tràn qua đó được giảm đáng kể. Tuy nhiên, sóng đứng lớn tạo ra sóng phản xạ trước tường gây bất lợi cho kết cấu mái nghiêng và tường đỉnh.

Quá trình sóng tương tác với mặt cắt kết cấu TSD có xu thế tràn tương tự mái nghiêng, sóng leo qua mặt cong và tràn qua đỉnh công trình.

Dưới tác dụng bởi lỗ rỗng bề mặt, lưu lượng được hấp thụ thông qua buồng tiêu sóng TSD nên chiều cao chảy tràn và lưu lượng tràn qua công trình đã được giảm đáng kể. Hình 5a thể hiện kết quả tỷ số tràn tương đối qua mặt cắt có kết cấu TSD nằm dưới đường lý luận tính toán sóng tràn qua mặt cắt mái nghiêng.



Hình 4. Hình ảnh sóng tràn trong thí nghiệm qua các mặt cắt (a) mái nghiêng, (b) mái nghiêng có tường đỉnh và (c) mặt cắt có kết cấu tiêu sóng tại đỉnh.

Để có cơ sở đánh giá độ tin cậy thí nghiệm và so sánh lưu lượng tràn qua mặt cắt có kết cấu TSD với từng mặt cắt mái nghiêng và mái nghiêng có tường đỉnh. Tác giả đã kết hợp kết quả đo tràn và công thức tính toán lưu lượng tràn đặc trưng của hai dạng mặt cắt mái nghiêng và mái nghiêng có tường đỉnh.

Với đề mái nghiêng độ dốc 1:2 đến 1: 4/3, lưu lượng tràn trung bình là (Eurotop, 2018):

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0,09 \exp\left(-\left[1,5 \frac{R_c}{H_{m0}\gamma^*}\right]^{1,3}\right) \text{ Với } \gamma^* = \exp\left(-0,56 \frac{h_{\text{wall}}}{R_c}\right) \quad (2)$$

trong đó, γ^* hệ số chiết giảm sóng tràn của tường đỉnh, h_{wall} chiều cao tường đỉnh.

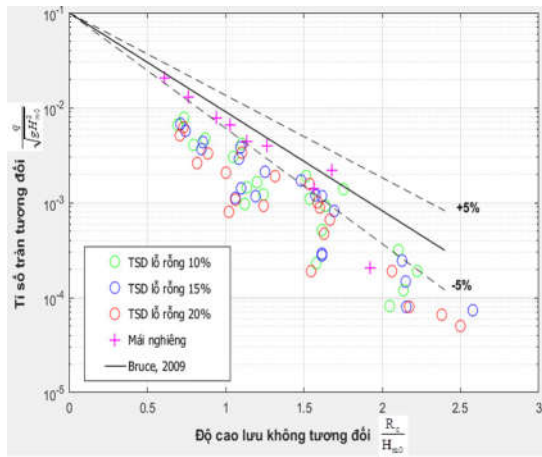
Hình 5 thể hiện kết quả thí nghiệm lưu lượng tràn qua mặt cắt mái nghiêng và mái nghiêng có tường đỉnh đều phù hợp với đường lý luận. Điều này thể hiện độ tin cậy trong quá trình thiết lập và đo đạc thí nghiệm. Trên cơ sở Hình 5 cho thấy giá trị lưu lượng tràn qua mặt cắt có kết cấu TSD tiệm cận với mái nghiêng có tường đỉnh hơn mái nghiêng thông thường.

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = 0,1035 \exp\left(-\left[1,35 \frac{R_c}{H_{m0}\gamma_f\gamma_\beta}\right]^{1,3}\right) \quad (1)$$

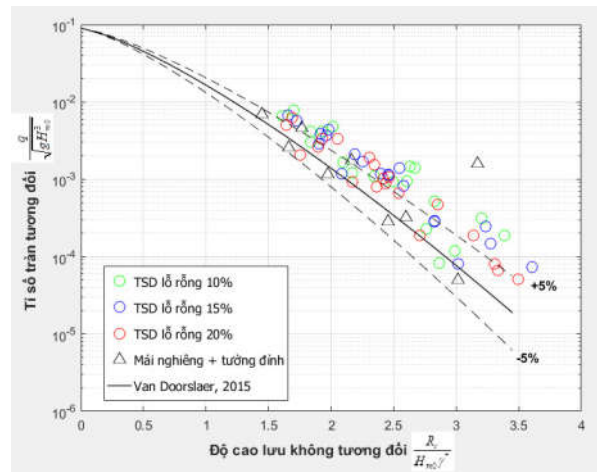
trong đó, H_{m0} chiều cao sóng mô men không, R_c độ cao lưu không trên mực nước, γ_f hệ số chiết giảm sóng tràn do độ nhám mái, γ_β hệ số chiết giảm do hướng sóng tới.

Với đề mái nghiêng có tường đỉnh, lưu lượng tràn trung bình là (Eurotop, 2018):

So sánh với cùng điều kiện biên tác dụng thì lưu lượng tràn trung bình qua mặt cắt mái nghiêng là lớn nhất (Bảng 2). Mặt cắt đề có kết cấu TSD với lỗ rỗng bề mặt $\varepsilon=20\%$ cho giá trị xấp xỉ với mái nghiêng tường đỉnh. Trong cùng một loại mặt cắt kết cấu TSD, khi hệ số lỗ rỗng bề mặt tăng lên thì hiệu quả giảm tràn tăng theo. Hiệu quả giảm sóng tràn qua kết cấu TSD có thể xem là một ưu điểm nổi bật của kết cấu khi được so sánh cùng điều kiện của mái nghiêng và mái nghiêng tường đỉnh.



a) So sánh lưu lượng tràn qua mặt cắt đê có kết cấu TSD với đê mái nghiêng

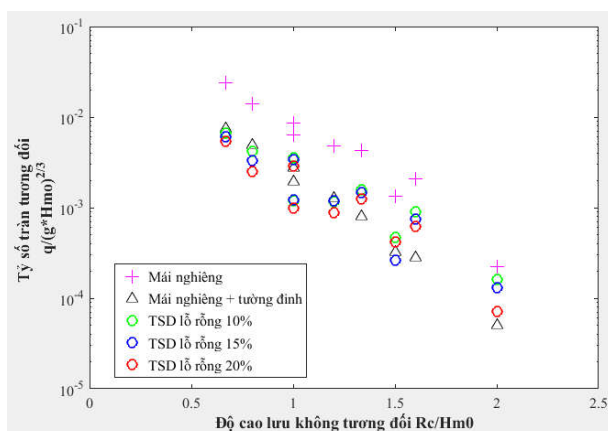


b) So sánh lưu lượng tràn qua mặt cắt đê có kết cấu TSD với đê mái nghiêng có tường đỉnh

Hình 5. Kết quả thí nghiệm sóng tràn qua các mặt cắt

Bảng 2. Kết quả lưu lượng tràn qua các mặt cắt với cùng tham số sóng

Kích bản	Lưu lượng tràn trung bình qua các mặt cắt q (l/s/m)				
	Mái nghiêng	Mái nghiêng + tường đỉnh	TSD $\epsilon=10\%$	TSD $\epsilon=15\%$	TSD $\epsilon=20\%$
$H_{m0}=0,10\text{m}; T_p=1,3\text{s}; R_c=0,2\text{m}$	0,022	0,005	0,016	0,013	0,007
$H_{m0}=0,125\text{m}; T_p=1,7\text{s}; R_c=0,2\text{m}$	0,286	0,039	0,124	0,104	0,086
$H_{m0}=0,15\text{m}; T_p=2,1\text{s}; R_c=0,2\text{m}$	0,779	0,146	0,289	0,264	0,229
$H_{m0}=0,10\text{m}; T_p=1,3\text{s}; R_c=0,15\text{m}$	0,133	0,032	0,046	0,026	0,041
$H_{m0}=0,125\text{m}; T_p=1,7\text{s}; R_c=0,15\text{m}$	0,670	0,175	0,161	0,164	0,122
$H_{m0}=0,15\text{m}; T_p=2,1\text{s}; R_c=0,15\text{m}$	1,564	0,498	0,650	0,612	0,527
$H_{m0}=0,10\text{m}; T_p=1,3\text{s}; R_c=0,1\text{m}$	0,631	0,193	0,119	0,121	0,097
$H_{m0}=0,125\text{m}; T_p=1,7\text{s}; R_c=0,1\text{m}$	1,918	0,681	0,576	0,463	0,348
$H_{m0}=0,15\text{m}; T_p=2,1\text{s}; R_c=0,1\text{m}$	4,309	1,368	1,222	1,113	0,986



Hình 6. Sóng tràn qua các mặt cắt với cùng điều kiện biên

4. KẾT LUẬN

Quá trình thiết lập và đo đạc thí nghiệm có kết quả đáng tin cậy và kết quả đo ứng với các mặt cắt mái nghiêng và mái nghiêng có tường đỉnh đều phù hợp với đường lý luận trước đây. Trong cùng mặt cắt có kết cấu TSD, hệ số lỗ rỗng bề mặt ϵ càng lớn thì khả năng giảm sóng tràn càng hiệu quả. Điều kiện làm việc của kết cấu TSD và xu thế tràn tương đồng mái nghiêng thông thường nhưng hiệu quả giảm lưu lượng tràn sát với mái nghiêng có tường đỉnh, lưu lượng sóng tràn tốt nhất với tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt $\epsilon=20\%$. Đây có thể đánh giá là

một ưu điểm của kết cấu khi được so sánh mái nghiêng và mái nghiêng tường đỉnh.

Qua việc đánh giá so sánh thông qua số liệu thực đo và lý thuyết, có thể nhận thấy mặt cắt đê biển có kết cấu TSD tương đối phù hợp với điều kiện địa chất nền mềm yếu bởi ưu thế nổi bật như mặt cắt nhỏ gọn, tải trọng lên thân đê

giảm thiểu, hiệu quả giảm sóng tràn tương đương mái nghiêng tường đỉnh nhưng với hệ số sóng phản xạ nhỏ.

Kết quả bài báo là cơ sở để tác giả tiếp tục nghiên cứu xây dựng phương pháp tính toán xác định công thức thực nghiệm sóng tràn qua mặt cắt đê biển có kết cấu TSD.

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;
- 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;
- Thiều Quang Tuấn (2010), “*Tổng quan về các nghiên cứu và phương pháp tính toán sóng tràn qua đê biển*”. Tài liệu tham khảo Wadibe, Bộ môn Kỹ thuật công trình biển.
- 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.
- TAW, (2002) *Technical report wave run-up and wave overtopping at dikes*, Technical Advisory Committeemon water defences, the NetherLands
- TAW, (2003) *Leidraad Kunstwerken, B2 Kerende hoogte*, technical Advisory Committeemon water defences, the NetherLands
- 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.

Abstract:
**ASSESSMENT OF OVERTOPPING DISCHARGE
OVER SEA DYKE BY PHYSICAL MODEL TESTS**

Base on the measured data of overtopping discharge on physical model and calculated theory, the results are compared with 3 types of section: Smooth slope section (1), vertical wall (2) and hollow perforated breakwater (TSD) (3) on the top of sea dyke in case of the same crest elevation. The results show that the overtopping discharge of section (1) is highest. The reducing of overtopping discharge of TSD increase when the perforation increase. And it also shows the wave interaction and overflow trend with TSD section are similar to smooth slope section, but the reducing of overtopping wave efficiency is close to the vertical wall section.

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

Ngày nhận bài: 17/8/2021

Ngày chấp nhận đăng: 30/9/2021