

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH PHẢN XẠ CỦA KẾT CẤU TIÊU SÓNG ĐẶT TẠI ĐỈNH ĐÊ BIỂN TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ

Phan Đình Tuấn

Viện khoa học thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Cấu kiện tiêu sóng đỉnh hình trụ rỗng đặt tại đỉnh đê được đề xuất nghiên cứu ứng dụng cho các mặt cắt đê biển ở những vùng khan hiếm đất đắp đê hoặc đê trên nền đất yếu khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. Kết cấu có dạng $\frac{1}{4}$ hình tròn, rỗng, trọng lượng nhẹ, bề mặt có đục lỗ để hấp thụ năng lượng sóng đến, giảm năng lượng sóng phản xạ và sóng tràn. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu đặc tính phản xạ sóng của kết cấu tiêu sóng đỉnh bằng mô hình vật lý. Kết quả cho thấy hệ số phản xạ sóng K_r giảm khi độ sâu nước tăng lên và tỷ lệ diện tích lỗ rỗng trên bề mặt cấu kiện tăng lên. Với độ rỗng bề mặt cấu kiện là 10%, hệ số phản xạ sóng lớn nhất là 0,63 trong khi hệ số phản xạ nhỏ nhất đạt được là 0,37 khi độ rỗng bề mặt cấu kiện là 20% với tất cả các kích bản thông số sóng được thí nghiệm.

Từ khóa: Cấu kiện tiêu sóng đỉnh, hiệu quả giảm sóng, hệ số phản xạ

Summary: The Hollow Cylindrical Breakwater, which is located on the top of the sea dike, is a new structure proposed to apply to sea dykes in areas where soil is scarce or to be built on soft ground in Mekong Delta. The structure is in quarter-circular shape, with perforated surface to absorb incoming wave energy, reduce reflected wave energy and overtopping wave energy. This paper presents some results of wave reflection characteristics of this structure on the physical model. The results show that the wave reflection coefficient (K_r) decreases as the water depth increases and the pore area on the surface of the structure increases. In case of 10% perforated surface, $K_r \max = 0.63$ while $K_r \min = 0.37$ with surface porosity is 20% in all experimental scenarios.

Keywords: Hollow Cylindrical Crest Breakwater, Wave Reduction Efficiency, Reflection Coefficient

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 lớn, lực tác động vào tường và phần mái nghiêng lớn. Trước thực tế đó, tác giả và nhóm nghiên cứu Viện Thủy công đề xuất mặt cắt đê

biển có kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh với mục tiêu thay thế tường đỉnh đê có hệ số phản xạ sóng lớn bằng kết cấu có chức năng hấp thụ năng lượng sóng và giảm sóng phản xạ, 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 tiêu sóng đỉnh 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. Các cấu kiện được chế tạo thành các đơn nguyên lắp ghép với nhau

Ngày nhận bài: 01/3/2021

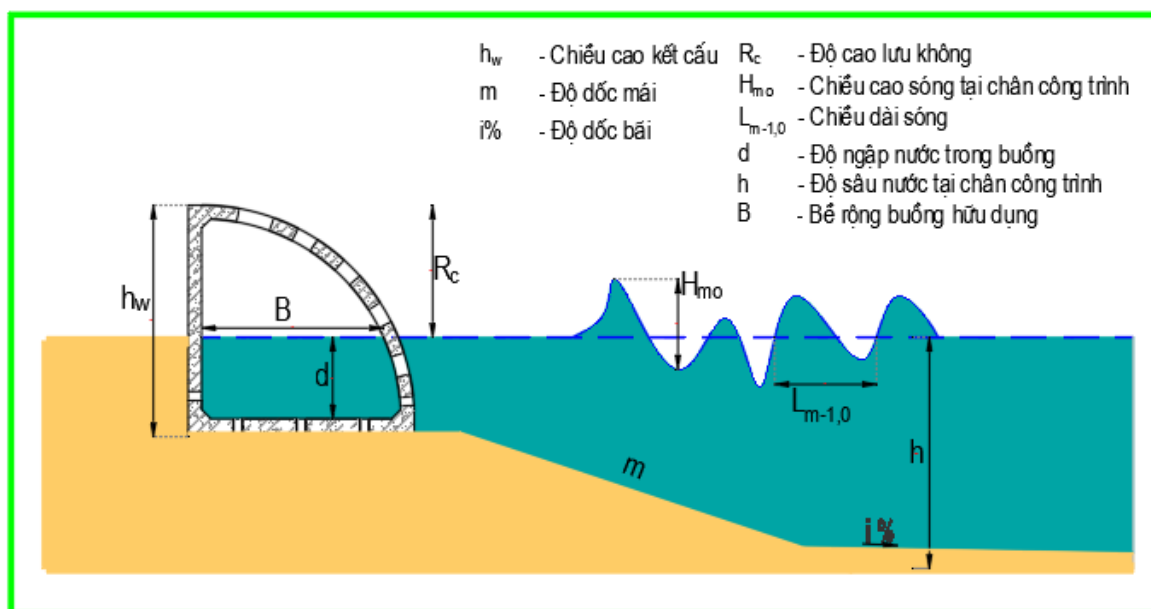
Ngày thông qua phản biện: 30/3/2021

Ngày duyệt đăng: 06/4/2021

thành công trình dạng tuyến nằm ngay trên đỉnh đê.

Hệ số phản xạ sóng của cấu kiện tiêu sóng đỉnh phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như: Chiều cao sóng, độ sâu nước, độ cao lưu không trên đỉnh

cấu kiện... Bằng các kết quả đo đạc thí nghiệm và phân tích trên mô hình vật lý, bài báo này làm rõ ảnh hưởng của các yếu tố nói trên đến đặc tính phản xạ sóng của cấu kiện tiêu sóng đã đề xuất.

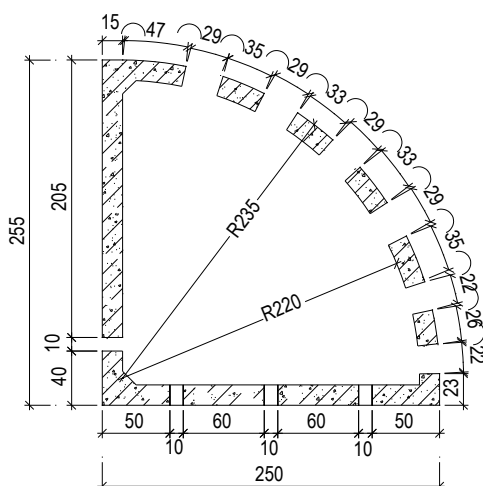


Hình 1: Mặt cắt đê biển có cấu kiện hì trụ rỗng tại đỉnh

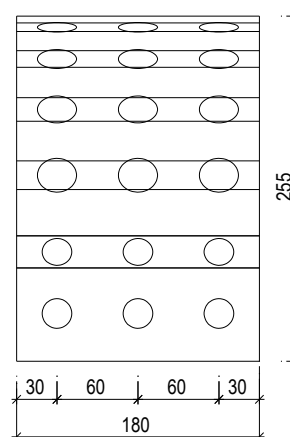
2. THÍ NGHIỆM TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ

2.1. Kết cấu cấu kiện tiêu sóng đỉnh nghiên cứu

CẮT NGANG



CHÍNH DIỆN



Hình 2: Kết cấu cấu kiện tiêu sóng đỉnh nghiên cứu

Kết cấu cầu kiện tiêu sóng đỉnh có dạng $\frac{1}{4}$ hình tròn có đục lỗ rỗng trên bề mặt với các tỷ lệ khác nhau để đánh giá đặc tính phản xạ của sóng khi tương tác với công trình. Bán kính ngoài cầu kiện thí nghiệm $R=0,235\text{m}$, đường kính lỗ rỗng trên mặt cong của cầu kiện thay đổi từ $0,025\text{m}$ đến $0,029\text{m}$, độ dày tường cầu kiện thí nghiệm là $0,015\text{m}$. Chiều cao đơn nguyên cầu kiện trên mô hình thí nghiệm là $0,255\text{m}$, bề rộng cầu kiện là $0,25\text{m}$, mỗi đơn nguyên dài $0,18\text{m}$.

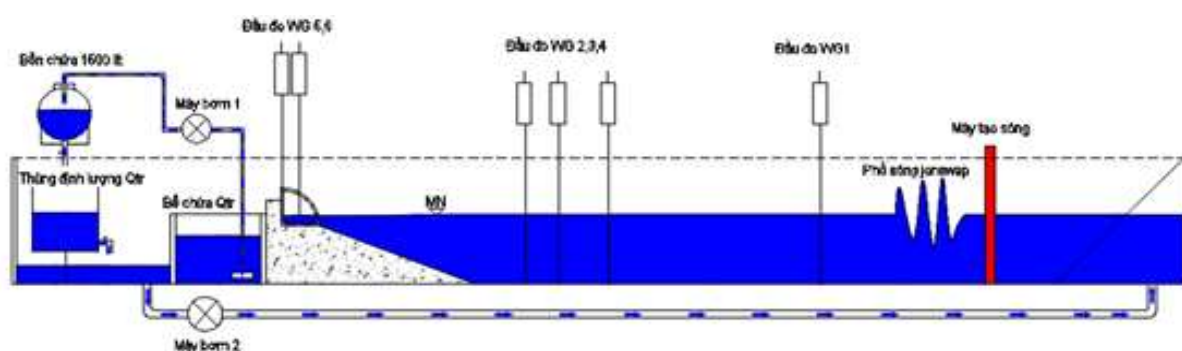
2.2. Sơ đồ và kịch bản thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành trên máng sóng của Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sóng biển – Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Máng sóng sử dụng cho thí nghiệm

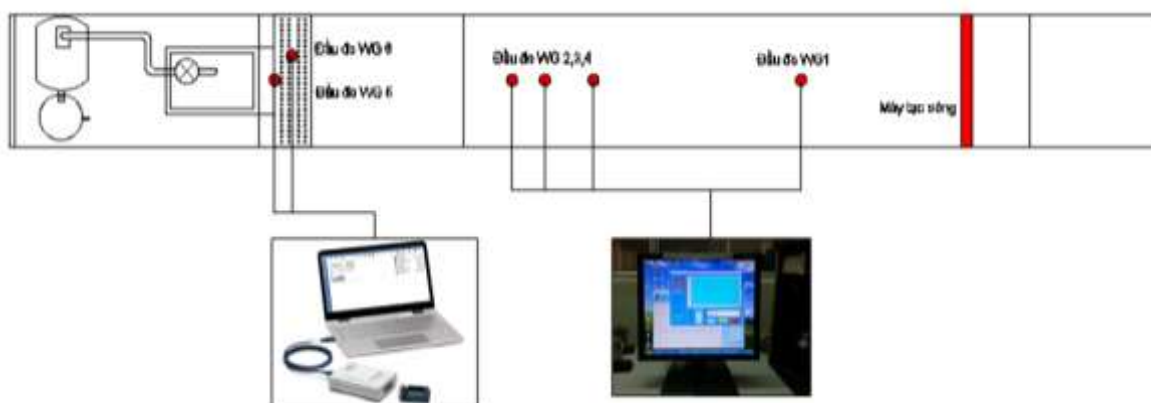
là máng sóng Flander có chiều dài làm việc hiệu quả 30m , chiều cao $1,8\text{m}$, chiều rộng 2m . Máy tạo sóng có thể tạo ra sóng đều, sóng ngẫu nhiên theo một dạng phổ Jonwap, Jonwap Par, Moskowitz,

Moskowitz Par và Sin. Chiều cao sóng lớn nhất có thể tạo trong máng là $H_{\max}=0.4\text{m}$ và chu kỳ từ $T_p=0.5\text{s} \div 5.0\text{s}$.

Việc nghiên cứu hiệu quả làm việc của công trình được mô phỏng trên mô hình vật lý chính thái và tương tự theo tiêu chuẩn Froude. Trên cơ sở phạm vi không gian mô hình, khả năng tạo sóng của hệ thống máy tạo sóng, để đáp ứng được mục tiêu và nội dung nghiên cứu, tỷ lệ mô hình được chọn $1/10$.



Mặt ngang máng



Mặt bằng máng

Hình 3: Sơ đồ bố trí thí nghiệm

3 đầu đo W_2, W_3, W_4 được bố trí để xác định sóng phản xạ tuân thủ theo lý thuyết của

Mansard và Funke (1980), đầu đo W_4 đo sóng phía sau đê. Các yêu cầu về khoảng cách đầu đo

sau đây phải được thực hiện để loại bỏ giá trị bất thường trong phép đo.

$X_{23} = L/10$; Với L : Chiều dài sóng nước sâu;

$L/6 < X_{24} < L/3$ và $X_{24} \neq L/5$ và $X_{24} \neq 3L/10$

$X_{23} \neq n.L_p/2$, với $n=1,2,\dots$;

$X_{24} \neq X_{23}$, với $n=1,2,\dots$;

Sóng ngẫu nhiên có phổ JONSWAP dạng

chuẩn (tạo ra bởi máy tạo sóng) dùng cho thí nghiệm có chiều cao biến đổi từ $H_s = 0,1\text{m}$ đến $0,15\text{m}$ và chu kỳ đỉnh phổ $T_p = 1,3\text{s} \div 2,1\text{s}$, độ sâu nước d trước cầu kiện cũng được biến đổi với 4 cấp độ $0,15\text{m}$; $0,20\text{m}$; $0,25$ và $0,3\text{m}$. Thời gian của mỗi một thí nghiệm được lấy ít nhất 1000. T_p (1000 con sóng) để đảm bảo dải tần số (chu kỳ) cơ bản của phổ sóng yêu cầu được tạo ra một cách hoàn chỉnh.

Bảng 1: Các thông số thí nghiệm

Mặt cắt thí nghiệm	Các thông số sóng		Độ cao lưu không R_c (m)	Chiều cao kết cấu h_w (cm)	Hệ số rỗng $\varepsilon(\%)$	Mái dốc đê phía biển	Độ dốc bãi		
	H_{m0} (m)	T (s)							
Kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh	0.10	1,3	0.10	25,5	10	1/3	1/250		
	0.125	1,7	0.15		15				
	0.15	2,1	0.20		20				
			0.25						

3. KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

3.1. Phân tích đánh giá kết quả

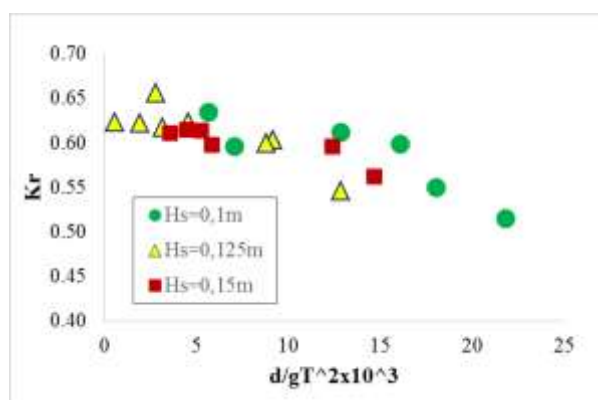
Ảnh hưởng của độ sâu nước đến hệ số phản xạ sóng

Khi độ sâu nước tăng lên, hệ số phản xạ sóng có xu hướng giảm xuống trong tất cả trường hợp chiều cao sóng được thí nghiệm. Trường hợp độ rỗng bề mặt là 10%, hệ số phản xạ K_r giảm từ 0,656 đến 0,515 khi độ sâu nước thay đổi từ 0,15m đến 0,30m. Hệ số K_r lớn nhất ($K_r=0,656$) khi $d/gT^2 = 0,0028$ và nhỏ nhất khi $d/gT^2 = 0,0218$ ($K_r=0,515$).

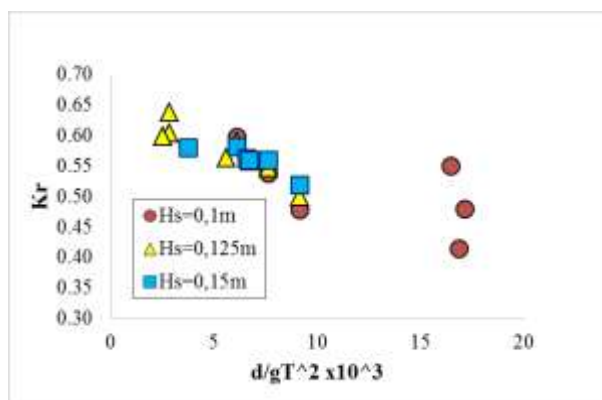
Trường hợp độ rỗng bề mặt là 15%, hệ số phản xạ K_r giảm từ 0,638 đến 0,414 khi độ sâu nước thay đổi từ 0,15m đến 0,30m. Hệ số K_r lớn nhất ($K_r=0,638$) khi $d/gT^2 = 0,0028$ và nhỏ nhất khi $d/gT^2 = 0,0168$ ($K_r=0,414$).

Xu hướng tương tự, với độ rỗng bề mặt là 20%, hệ số phản xạ K_r giảm từ 0,635 đến 0,371 khi độ sâu nước thay đổi từ 0,15m đến 0,30m. Hệ số K_r lớn nhất ($K_r=0,635$) khi $d/gT^2 = 0,0059$ và nhỏ nhất khi $d/gT^2 = 0,0168$ ($K_r=0,371$).

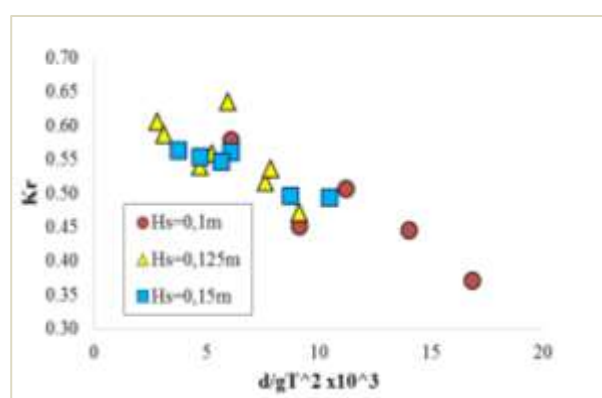
Điều này có thể giải thích như sau: Ở độ sâu nước thấp, tương tác sóng với công trình chủ yếu diễn ra mạnh ở phần mái đê, năng lượng sóng đến chủ yếu bị suy giảm 1 phần so sóng vỡ trên mái, phần năng lượng còn lại gây ra sóng phản xạ lớn nên hệ số phản xạ lớn. Khi độ sâu nước lớn, sóng đến ngoài tương tác trên mái đê còn được hấp thụ bởi kết cấu tiêu sóng đỉnh thông qua các lỗ rỗng trên bề mặt, do đó năng lượng gây ra sóng phản xạ nhỏ hơn.



Hình 4: Quan hệ giữa K_r với d/gT^2 , trường hợp độ rỗng 10%



Hình 5: Quan hệ giữa K_r với d/gT^2 , trường hợp độ rỗng 15%



Hình 6: Quan hệ giữa K_r với d/gT^2 , trường hợp độ rỗng 20%

Ảnh hưởng của độ lưu không đỉnh đê (R_c) đến hệ số phản xạ sóng:

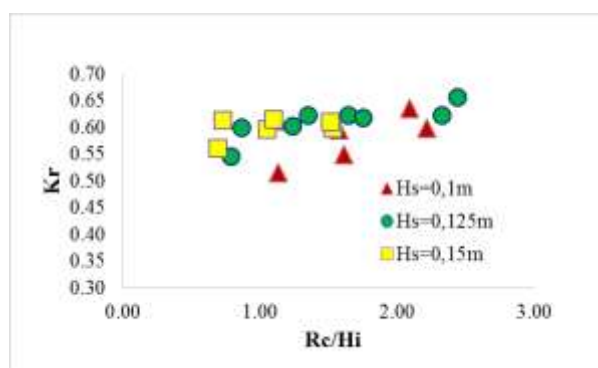
Độ lưu không đỉnh đê R_c (là khoảng cách tính từ mực nước đến đỉnh cầu kiện). Kết quả thí nghiệm cho thấy hệ số phản xạ có xu hướng tăng khi độ lưu không đỉnh đê tăng với các kích bản chiều cao sóng và độ rỗng bề mặt cầu kiện khác nhau.

Trường hợp độ rỗng bề mặt là 10%, hệ số phản xạ K_r tăng từ 0,515 đến 0,656 khi chiều cao sóng thí nghiệm thay đổi từ 0,1m đến 0,15m. Hệ số K_r lớn nhất ($K_r=0,656$) khi $R_c/H_i = 2,44$ và nhỏ nhất khi $R_c/H_i = 1,137$ ($K_r=0,515$).

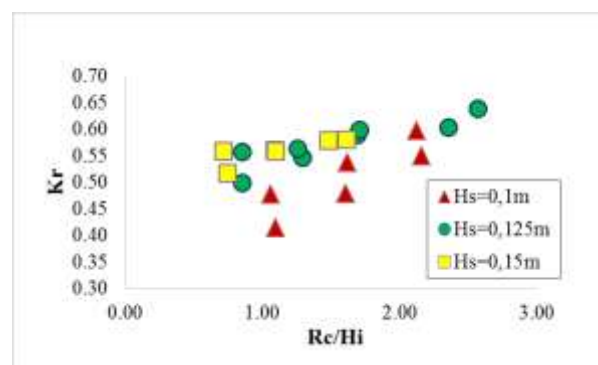
Trường hợp độ rỗng bề mặt là 15%, hệ số phản xạ K_r tăng từ 0,414 đến 0,638 khi chiều cao sóng thí nghiệm thay đổi từ 0,1m đến 0,15m. Hệ số K_r lớn nhất ($K_r=0,638$) khi $R_c/H_i = 2,568$

và nhỏ nhất khi $R_c/H_i = 1,095$ ($K_r=0,414$).

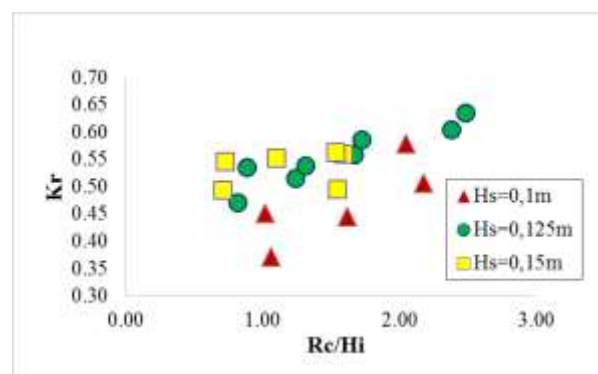
Xu hướng tương tự, với độ rỗng bề mặt là 20%, hệ số phản xạ K_r tăng từ 0,371 đến 0,635 khi chiều cao sóng thí nghiệm thay đổi từ 0,1m đến 0,15m. Hệ số K_r lớn nhất ($K_r=0,635$) khi $R_c/H_i = 2,489$ và nhỏ nhất khi $R_c/H_i = 1,062$ ($K_r=0,371$).



Hình 7: Quan hệ giữa K_r với R_c/H_i , trường hợp độ rỗng 10%



Hình 8: Quan hệ giữa K_r với R_c/H_i , trường hợp độ rỗng 15%



Hình 9: Quan hệ giữa K_r với R_c/H_i , trường hợp độ rỗng 20%

Ảnh hưởng của chiều cao sóng đến hệ số phản

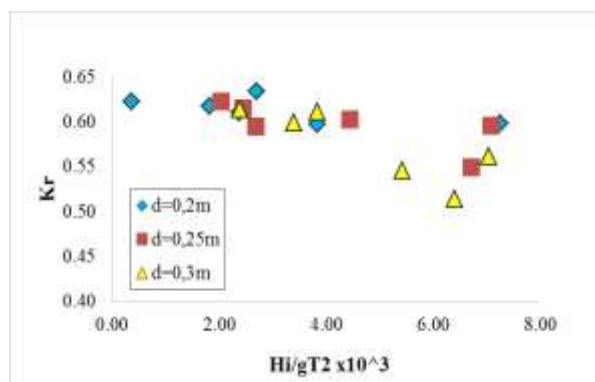
xạ sóng:

Hệ số phản xạ sóng giảm dần trong các kịch bản được thí nghiệm khi chiều cao sóng đến tăng lên. Trường hợp độ rỗng bề mặt 10%, tại độ sâu nước $d=0,3\text{m}$, độ dốc sóng $H_i/gT^2=0,0063$ cho hệ số phản xạ $K_r = 0,515$. Tại độ sâu nước $d=0,15\text{m}$, độ dốc sóng $H_i/gT^2 = 0,0019$, hệ số phản xạ $K_r = 0,656$.

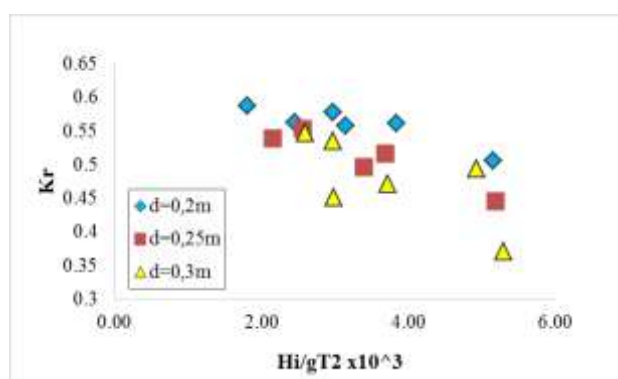
Trường hợp độ rỗng bề mặt 15%, hệ số phản xạ $K_r = 0,414$ tại độ sâu nước $d=0,3\text{m}$ và độ dốc sóng $H_i/gT^2 = 0,0051$. Tại độ sâu nước $d=0,15\text{m}$, độ dốc sóng $H_i/gT^2 = 0,0019$, hệ số phản xạ $K_r = 0,638$.

Khi độ rỗng bề mặt cấu kiện là 20%, tại độ sâu nước $d=0,3\text{m}$, độ dốc sóng $H_i/gT^2=0,0052$, hệ

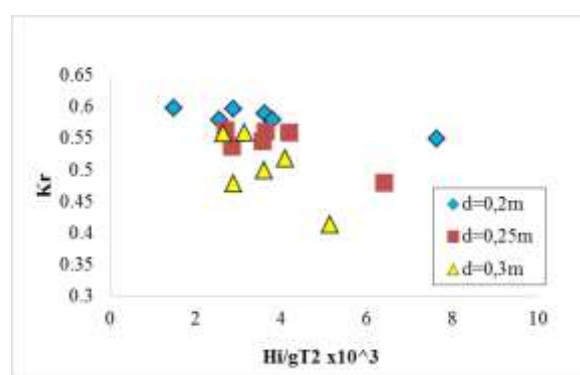
số phản xạ nhỏ nhất $K_r = 0,378$. Hệ số phản xạ lớn nhất đo được $K_r = 0,638$ tại độ sâu nước $d=0,15\text{m}$ và độ dốc sóng $H_i/gT^2 = 0,004$.



Hình 10: Quan hệ giữa K_r với H_i/gT^2 , trường hợp độ rỗng 10%



Hình 11: Quan hệ giữa K_r với H_i/gT^2 , trường hợp độ rỗng 20%



Hình 12: Quan hệ giữa K_r với H_i/gT^2 , trường hợp độ rỗng 15%

Ảnh hưởng của độ rỗng bề mặt cấu kiện đến hệ số phản xạ sóng

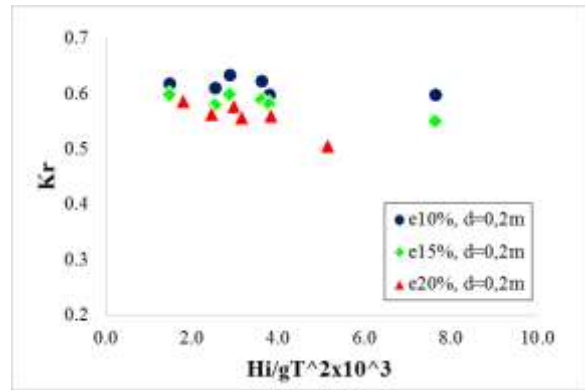
Trong các thí nghiệm với các kịch bản độ sâu nước, chiều cao sóng được tiến hành, kết quả đo đạc tính toán cho thấy hệ số phản xạ sóng có xu hướng giảm dần khi tỷ lệ diện tích lỗ rỗng bề mặt cấu kiện tăng lên. Hệ số phản xạ lớn nhất $K_r=0,634$ khi diện tích lỗ rỗng bề mặt cấu kiện là 10%, tại độ sâu nước $d=0,2\text{m}$ với chiều cao sóng thí nghiệm là $H_s=0,1\text{m}$. Ngược lại, khi tăng tỷ lệ diện tích lỗ rỗng bề mặt cấu kiện lên 20%, hệ số phản xạ sóng đo được là nhỏ nhất, $K_r=0,371$ tại độ sâu nước

$d=0,3\text{m}$ và chiều cao sóng thí nghiệm $H_s=0,1\text{m}$.

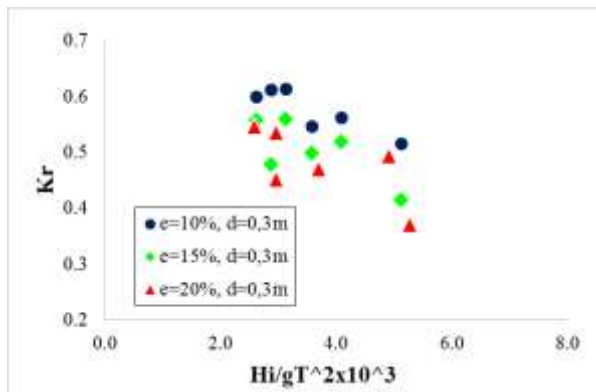
Ngoài ra có thể nhận thấy rằng, ở độ sâu nước thấp $d=0,2\text{m}$, hệ số phản xạ không bị ảnh hưởng nhiều bởi tỷ lệ diện tích lỗ rỗng bề mặt cấu kiện, khi tăng diện tích lỗ rỗng từ 10% lên 20%, hệ số phản xạ chỉ giảm được không đáng kể từ 5% đến 10%.

Tuy nhiên độ rỗng ảnh hưởng rõ nét đến hệ số phản xạ sóng ở độ sâu nước lớn hơn. Kết quả thí nghiệm cho thấy, tại độ sâu nước $d=0,25\text{m}$, hệ số phản xạ giảm từ 6% đến 13% khi tăng

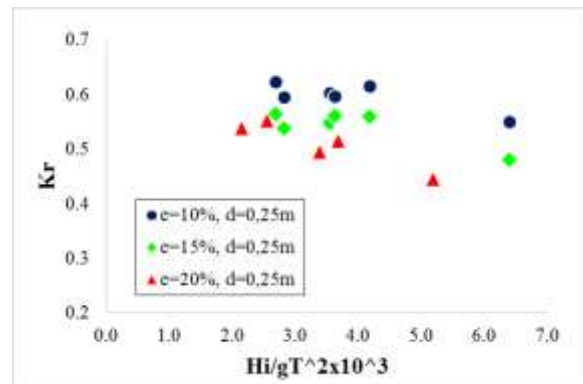
tỷ lệ lỗ rỗng từ $e=10\%$ lên $e=15\%$ và từ 10% đến 20% khi tăng tỷ lệ lỗ rỗng lên gấp đôi (từ $e=10\%$ lên $e=20\%$). Đặc biệt tại độ sâu nước $d=0,3\text{m}$, tỷ lệ lỗ rỗng là 15% , hệ số phản xạ $K_r = 0,414$ (giảm 22%) so với giá trị $K_r = 0,514$ đo được khi tỷ lệ độ rỗng là 10% . Khi tỷ lệ lỗ rỗng tăng lên 20% , giá trị K_r min = $0,371$, giảm 28% so với hệ số phản xạ trường hợp tỷ lệ độ rỗng là 10% .



Hình 13: Ảnh hưởng của tỷ lệ lỗ rỗng e đến hệ số K_r , trường hợp $d=0,2\text{m}$



Hình 14: Ảnh hưởng của tỷ lệ lỗ rỗng e đến hệ số K_r , trường hợp $d=0,3\text{m}$



Hình 15: Ảnh hưởng của tỷ lệ lỗ rỗng e đến hệ số K_r , trường hợp $d=0,25\text{m}$

4. KẾT LUẬN

Bằng thí nghiệm trên mô hình vật lý máng sóng, phân tích kết quả đo đặc tính toán hệ số phản xạ, một số nhận xét về các yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính phản xạ sóng của cấu kiện tiêu sóng đỉnh như sau:

Khi độ sâu nước tăng lên, hệ số phản xạ sóng có xu hướng giảm đi. Hệ số phản xạ K_r giảm từ $0,634$:- $0,515$ khi d/gT^2 tăng từ $0,0057$:- $0,0218$, từ $0,597$:- $0,414$ khi d/gT^2 tăng từ $0,0061$:- $0,0168$ và từ $0,578$:- $0,371$ khi d/gT^2 tăng từ $0,0059$:- $0,0168$ tương ứng với các tỷ lệ diện tích lỗ rỗng bề mặt cấu kiện lần lượt là 10% ; 15% và 20% .

Hệ số phản xạ sóng có xu hướng tăng lên khi độ lưu không tương đối đỉnh đê (R_c/H_i) tăng lên trong tất cả các trường hợp chiều cao và độ rỗng bề mặt cấu kiện được thí nghiệm. Hệ số phản xạ K_r nhỏ nhất khi $R_c/H_i = 1,1$ và K_r lớn nhất khi $R_c/H_i = 2,5$.

Ngoài ra, các kết quả đo đạc cũng cho thấy khi tăng tỷ lệ diện tích lỗ rỗng trên bề mặt cấu kiện tiêu sóng, hệ số phản xạ có xu hướng giảm. Tuy nhiên mức độ giảm sóng phản xạ chỉ rõ ràng ở độ sâu nước lớn $d=0,3\text{m}$ (K_r giảm từ 22% - 28% khi tỷ lệ diện tích lỗ rỗng tăng từ 10% lên 15% và 20% tương ứng). Ở độ sâu nước thấp hơn ($d=0,2\text{m}$) mức độ giảm hệ số phản xạ không đáng kể, từ 6% đến 13% khi tỷ lệ diện tích lỗ rỗng bề mặt cấu kiện tăng từ 10% lên 20% .

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mansard, E, P, D., and Funke, E, R, (1980), The Measurement of Incident and Reflected Spectra Using a Least Square Method, Proc, 17th Coastal Eng, Conf,, Sydney, Australia, vol, 1, pp, 154-172;
- [2] Hanbin Gu, Xuelian Jiang and Yanbao Li (2008), Research On Hydraulic Performances Of Quarter Circular Breakwater, Chinese-German Joint Symposium on Hydraulic and Ocean Engineering, August 24-30, 2008, Darmstadt.
- [3] Balakrishna K, Arkal Vittal Hegde, Binumol S (2015), Reflection and Dissipation Characteristics of Non-overtopping Quarter Circle Breakwater with Low-mound Rubble Base, Journal of Advanced Research in Ocean Engineering 1(1) (2015) 044-054.
- [4] ArkalVittal Hegde, Sharhabeel P.S. and Sooraj Mohan (2015), Stability of a Perforated Quarter Circle Breakwater, International Journal of Ocean and Climate Systems, Volume 6, Number 4 - 2015