

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH PHẢN XẠ CỦA KẾT CẤU ĐÊ CỌC RỒNG MẶT CẮT HÌNH MÓNG NGỰA TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ

Phạm Đức Hưng, Phan Đình Tuấn

Viện Thủy công

Trần Đình Hòa

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa là giải pháp công trình được đề xuất với mục tiêu giảm sóng xa bờ, bảo vệ bờ biển. Bằng phương pháp sử dụng thí nghiệm mô hình vật lý, bài báo đã trình bày kết quả nghiên cứu đặc tính phản xạ sóng của kết cấu đề xuất với các thông số sóng, mực nước và tỷ lệ lỗ rồng bề mặt cấu kiện khác nhau. Kết quả cho thấy, hệ số phản xạ sóng (K_r) từ 0,27-0,54 khi bề mặt tiếp sóng của cấu kiện được đục lỗ với tỷ lệ 15%-25%, giảm đáng kể so với trường hợp không đục lỗ bề mặt, với (K_r) từ 0,58-0,84 trong cùng điều kiện thí nghiệm.

Từ khóa: Đê cọc rồng, phản xạ sóng, hệ số phản xạ

Summary: The horseshoe-shaped hollow pile dyke is a type of breakwaters used to reduce wave energy from a distance. By employing physical model experiments, the paper presents research results on the wave reflection characteristics of this structure under different wave conditions, water levels and perforations. The results show that the wave reflection coefficient (K_r) ranges from 0.27 to 0.54 when the wave-facing surface of the component is perforated at a rate of 15%-25%, significantly reducing compared to the case without surface perforations, where (K_r) ranges from 0.58 to 0.84 under the same experimental conditions.

Keywords: Hollow pile breakwater, wave reflection, reflection coefficient

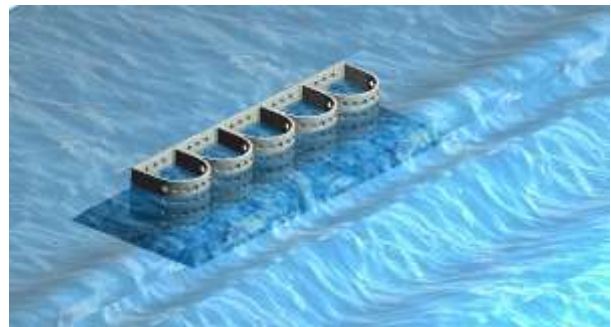
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đề hạn chế tình trạng xói lở đang diễn ra nghiêm trọng tại nhiều khu vực bờ biển nước ta trong những năm gần đây, nhiều giải pháp công trình bảo vệ đã được nghiên cứu và ứng dụng thử nghiệm. Trong đó đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa là một giải pháp công trình mới được đề xuất nhằm mục đích tiêu giảm sóng xa bờ, bảo vệ bờ biển (xem Hình 1).

Đơn nguyên cấu kiện Đê cọc rồng hình móng ngựa được tạo bởi 2 phần: Mặt tiếp sóng (phía biển) có dạng mặt cắt bán trụ tròn; Mặt khuất sóng (phía bờ) có dạng mặt cắt hình hộp, cả 2 mặt đều được đục lỗ rồng để hấp thụ và tiêu hao năng

lượng sóng. Phía trước và sau cấu kiện được gia cố bằng lớp đá hộc để chống xói chân [1].

Để đánh giá hiệu quả của công trình đê giảm sóng nói chung, ngoài tiêu chí về sóng truyền qua công trình, tiêu chí về sóng phản xạ phía trước công trình cũng hết sức quan trọng vì sóng phản xạ sóng là nguyên nhân chính gây ra hiện tượng xói chân và mất ổn định công trình.



Hình 1: Đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa

Ngày nhận bài: 28/6/2023

Ngày thông qua phản biện: 31/7/2023

Ngày duyệt đăng: 04/8/2023

Có rất nhiều các yếu tố ảnh hưởng đến sóng phản xạ sóng, có thể tổng hợp thành hai nhóm chính: Nhóm các tham số môi trường và nhóm các tham số đặc trưng hình học kết cấu [2]. Sử dụng phương pháp thí nghiệm trên mô hình vật lý với nhiều kích bản thay đổi các tham số khác nhau, nghiên cứu tập trung phân tích và đánh giá đặc tính phản xạ sóng của kết cấu đê cọc rỗng mặt cát hình móng ngựa với điều kiện đặc trưng vùng biển Tây đồng bằng sông Cửu Long.

2. BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM VÀ CÁC KỊCH BẢN NGHIÊN CỨU

2.1. Bố trí thí nghiệm

2.1.1. Lựa chọn điều kiện biên đầu vào thí nghiệm

a) Xác định điều kiện sóng thí nghiệm (độ cao và chu kỳ):

Theo số liệu sóng khu vực và phương pháp xác định quan hệ chiều cao sóng và chu kỳ của Nguyễn Xuân Hùng [3], Thiều Quang Tuấn [4] và phương pháp SPM (1984), tính toán và xác định được biên thí nghiệm ($H_s; T_p$) tại khu vực bờ biển Tây vùng đồng bằng sông Cửu Long như sau: $0,5m < H_s < 2,0m$, $4s < T_p < 8,0s$.

b) Độ dốc bãi [2]:

Bãi biển vùng đồng bằng sông Cửu Long nói chung là rất thoải, phạm vi cách bờ 200-300m cao trình bãi khoảng -1m đến -1.5m, độ dốc nhỏ $i < 1\%$, ảnh hưởng của độ dốc bãi không

đáng kể. Do vậy trong nghiên cứu thí nghiệm lựa chọn 1 độ dốc bãi điển hình cố định để thí nghiệm, $i=1/500$.

c) Độ sâu nước [2]:

Căn cứ vào số liệu quan trắc mực nước trạm Rạch Giá (biển Tây) và số liệu bảng B.6 trong phụ lục B-TCVN 9901: 2014 thấy rằng, với tần suất thiết kế điển hình khoảng 2%, mực nước dao động từ +0.8m đến +1.7m đối với khu vực biển Tây.

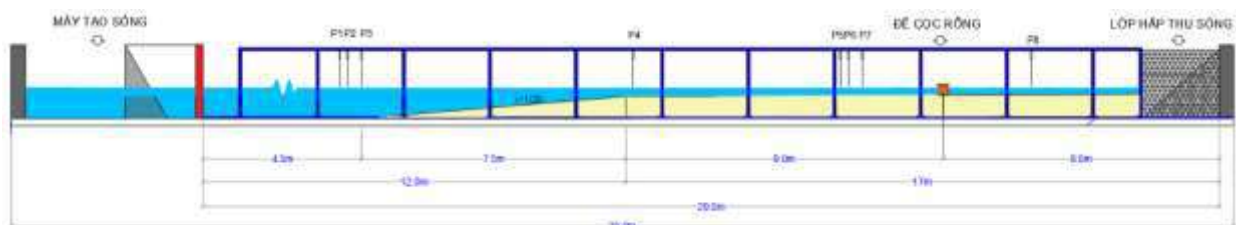
Với đặc trưng địa hình bãi khu vực biển Tây, địa hình bãi từ -0.8 đến -1.5m, do vậy độ sâu nước khu vực này nằm trong khoảng từ 2,2m đến 3,2m. Do vậy, để tổng quát, lựa chọn độ sâu nước thí nghiệm $d = (2 \div 3,5)$ m.

2.1.2. Lựa chọn tỷ lệ mô hình

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, năng lực của máy tạo sóng, để đáp ứng được mục tiêu và nội dung nghiên cứu, giảm thiểu sai số, tỷ lệ mô hình được chọn 1/12.

2.1.3. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện trong máng sóng tại Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển – Viện Khoa học thủy lợi Việt Nam. Căn cứ vào năng lực của thiết bị thí nghiệm, phương án bố trí thí nghiệm như sau (xem Hình 2):

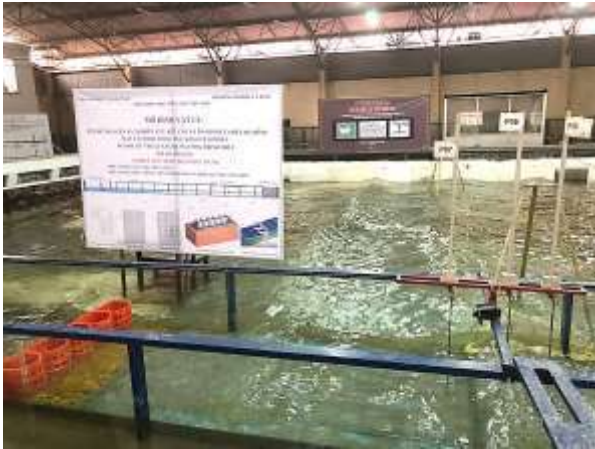


Hình 2: Sơ đồ bố trí thí nghiệm trên máng sóng [2]

Cấu kiện đê cọc rỗng mặt cát hình móng ngựa được đặt ở khoảng cách 21m so với bản sóng. Sử dụng 8 đầu đo sóng ($P_1 - P_8$) kiểu điện trở

để ghi lại chiều cao sóng ở các vị trí khác nhau trong máng sóng. Cụ thể: 3 đầu đo $P_{1,2,3}$ để kiểm tra điều kiện sóng nước sâu, đầu đo P_4 để

đánh giá sự thay đổi phổ sóng khi chuyển tiếp từ vùng nước sâu vào vùng nước nông, các đầu đo P₅, P₆, P₇ dùng để phân tách sóng tới và sóng phản xạ trước công trình theo phương pháp của Mansard và Funke (1980) [5]. Đầu đo P₈ được đặt ở phía sau của đê cọc rỗng với khoảng cách từ (0.5-1). L_p để đo sóng truyền phía sau công trình.



Hình 3: Bố trí cấu kiện và đầu đo sóng trên máng sóng

2.1.4. Kịch bản thí nghiệm

Các phương án thí nghiệm được thiết lập dựa

Bảng 1: Kịch bản thí nghiệm mô hình vật lý

H _{m0} (m)	T _p (s)	d (m)	B (m)	ε□ (%)
0,07; 0,10; 0,13; 0,16	1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9	0,18; 0,22; 0,26; 0,30	0,24; 0,30; 0,36	0% -11,78%; 15%-11,78%; 20%-11,78%; 25%-11,78%

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của độ sâu nước đến đặc tính phản xạ của kết cấu

Sóng phản xạ sóng của kết cấu đê giảm sóng thường được định lượng bằng hệ số phản xạ, kí hiệu K_r, được tính toán theo công thức:

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \tag{1}$$

trên mục tiêu xác định các đặc trưng tương tác sóng với công trình như phản xạ, truyền sóng, tiêu hao năng lượng sóng...

Trên cơ sở đó lựa chọn các thông số về mặt kết cấu và thông số sóng (xem Bảng 1) như sau:

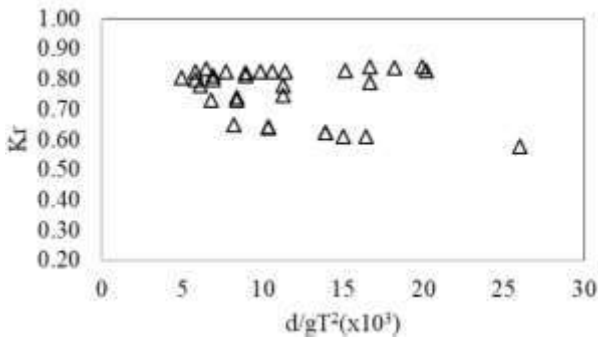
+ Về mặt kết cấu hình học: 3 bề rộng kết cấu đê cọc rỗng, 4 cặp tỷ lệ độ rỗng mặt trước và sau.

+ Về mặt thủy động lực học: 4 độ sâu nước; 5 chu kì sóng; 4 chiều cao sóng.

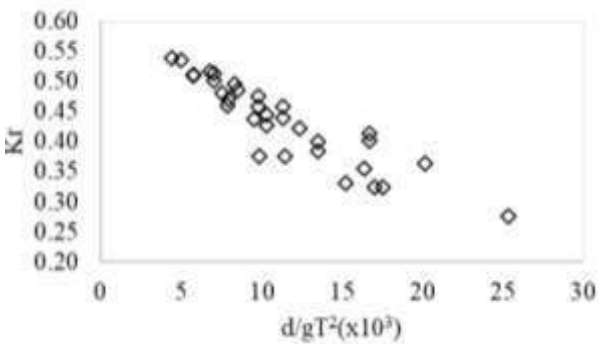
Các phương án thí nghiệm được tiến hành bởi sóng ngẫu nhiên (phổ JONSWAP) với khoảng (500-1000) con sóng, tần số lấy mẫu đối với các đầu đo chiều cao sóng là 20Hz. Số liệu sóng được thu thập theo thời gian thực và lưu trong máy tính thành các chuỗi số liệu dao động theo thời gian của từng đầu đo. Dựa trên cơ sở các file đó, phần mềm xử lý số liệu sẽ tính toán các yếu tố cần thiết như chiều cao sóng có nghĩa, chiều cao sóng trung bình, chiều cao sóng cực đại, tương ứng với các chu kỳ.

Trong đó: H_i chiều cao sóng tới và H_r là chiều sóng phản xạ trước công trình, các giá trị này được tính toán từ số liệu thu thập của 3 đầu đo P₅, P₆, P₇ theo phương pháp 3 điểm của Mansard và Funke (1980).

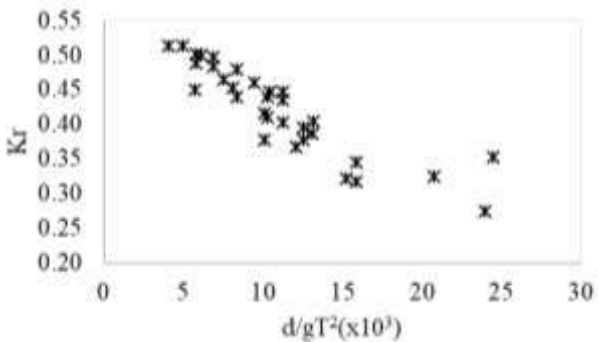
Nhận xét chung: Khi độ sâu nước tăng lên, hệ số phản xạ sóng có xu hướng giảm xuống trong tất cả trường hợp của chiều cao sóng và kết cấu đê cọc rỗng mặt cắt hình móng ngựa được thí nghiệm.



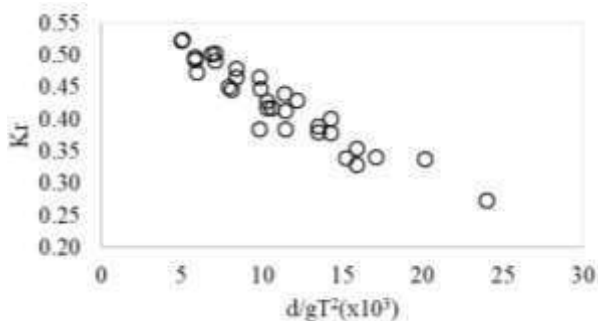
Hình 4: Quan hệ giữa $K_r \sim d/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \varepsilon=0\%-11,78\%$



Hình 5: Quan hệ giữa $K_r \sim d/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \varepsilon=15\%-11,78\%$



Hình 6: Quan hệ giữa $K_r \sim d/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \varepsilon=20\%-11,78\%$



Hình 7: Quan hệ giữa $K_r \sim d/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \varepsilon=25\%-11,78\%$

Trường hợp cấu kiện không đục lỗ bề mặt tiếp sóng, hệ số phản xạ K_r giảm từ 0,84 xuống 0,58 khi độ sâu nước thay đổi từ 0,18m đến 0,30m (Hình 4). Ở độ sâu nước thấp ($d=0,18m$ và $d=0,22m$), hệ số phản xạ không thay đổi nhiều ($K_r \sim 0,80$) và tương đương với công trình đê chắn sóng dạng tường đứng ($K_r=0,7-1,0$) theo Thompson, H.S. Chen và Lory.L. Hadley [5].

Trường hợp cấu kiện được đục lỗ bề mặt tiếp sóng là 15%, 20%, 25%, thì hệ số phản xạ K_r có sự suy giảm rõ rệt so với trường hợp không đục lỗ. Hình 5, 6, 7 cho thấy, khi độ sâu nước tăng lên, hệ số phản xạ giảm từ 0,54 xuống 0,27 với cùng điều kiện chiều cao và chu kỳ sóng thí nghiệm. Hệ số K_r lớn nhất ($K_r=0,54$) khi $d/gT^2 = 0,0044$ và nhỏ nhất khi $d/gT^2 = 0,0239$ ($K_r=0,27$).

Điều này có thể giải thích như sau: Đối với cấu kiện không đục lỗ bề mặt, ở độ sâu nước thấp, tương tác sóng với công trình chủ yếu diễn ra mạnh ở ngay mặt tiếp sóng, năng lượng sóng đến bị suy giảm một phần bởi sóng bị vỡ do địa hình bãi, cấu trúc hình học mặt cong của đê cọc rộng và lớp gia cố chân, còn đa số phần năng lượng còn lại không được hấp thụ nên gây ra sóng phản xạ lớn dẫn đến hệ số phản xạ lớn. Khi độ sâu nước lớn, năng lượng sóng đến được tiêu hao một phần bởi thể tích buồng và sóng truyền qua thân cấu kiện, do vậy hệ số phản xạ bị suy giảm.

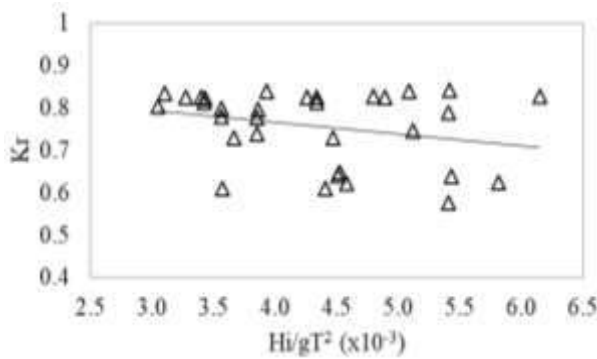
Ngược lại, đối với cấu kiện được đục lỗ trên bề mặt tiếp sóng, sóng tới được hấp thụ qua các lỗ rỗng này vào thân cấu kiện. Tại đây, một phần năng lượng sóng bị tiêu hao bởi thể tích buồng và phần năng lượng còn lại tạo thành sóng truyền phía sau công trình. Do vậy hệ số phản xạ nhỏ hơn nhiều so với trường hợp cấu kiện không đục lỗ.

3.2. Ảnh hưởng của chiều cao sóng tới đến đặc tính phản xạ

Với các kích bản được thí nghiệm có thể thấy

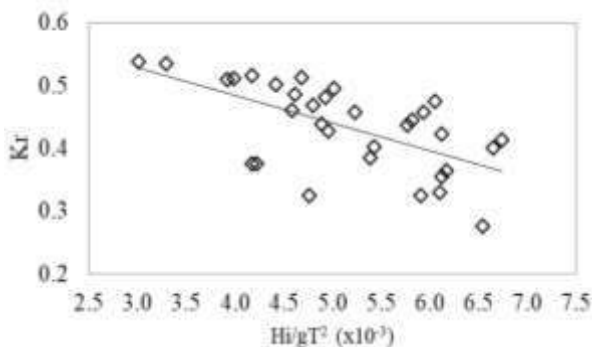
rằng, nhìn chung hệ số phản xạ có xu hướng giảm khi chiều cao sóng tới tăng lên.

Khi sóng đến có chiều cao nhỏ, với các cấu kiện đê cọc rộng mà bề mặt tiếp sóng không được đục lỗ, năng lượng sóng đến một phần bị tiêu hao do ma sát đáy, phần lớn bị phản xạ lại do sóng không vượt qua đỉnh cấu kiện. Hệ số phản xạ thu được lớn nhất $K_{r,max}=0,84$ khi $H_i=0,06m$ và $T_p=1,06s$ (Xem Hình 8).

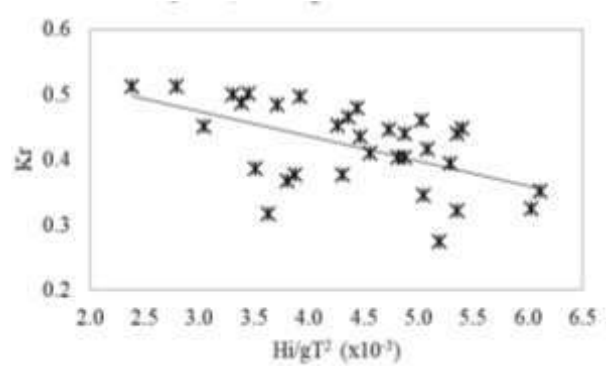


Hình 8: Quan hệ giữa $K_r \sim H_i/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \epsilon=0\%-11,78\%$

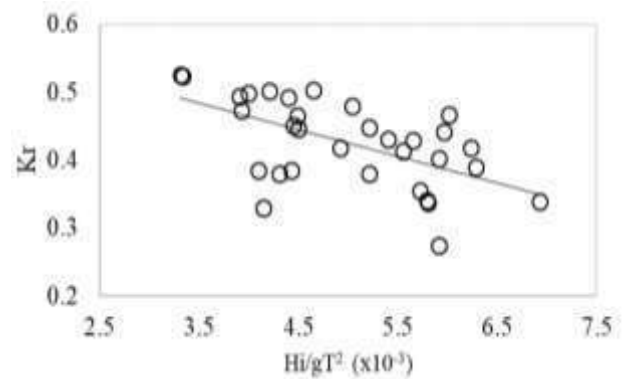
Xu hướng tương tự đối với trường hợp cấu kiện được đục lỗ, khi chiều cao sóng tới H_i tăng từ 0,06m đến 0,16m, hệ số phản xạ giảm từ $K_r=0,54-0,28$ (trường hợp bề mặt tiếp sóng được đục lỗ 15%, Hình 9); từ 0,51-0,28 (trường hợp bề mặt tiếp sóng được đục lỗ 20%, Hình 10) và $K_r=0,52-0,28$ (trường hợp bề mặt tiếp sóng được đục lỗ 25%, Hình 11)



Hình 9: Quan hệ giữa $K_r \sim H_i/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \epsilon=15\%-11,78\%$



Hình 10: Quan hệ giữa $K_r \sim H_i/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \epsilon=20\%-11,78\%$



Hình 11: Quan hệ giữa $K_r \sim H_i/gT^2$ trường hợp $B=0,24m, \epsilon=25\%-11,78\%$

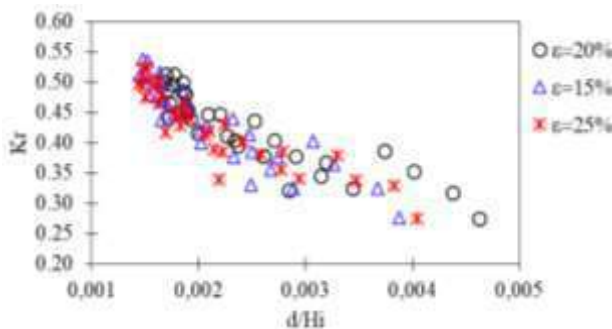
Hệ số phản xạ sóng cũng có sự khác biệt rõ rệt giữa cấu kiện đục lỗ và không đục lỗ bề mặt tiếp sóng. Cụ thể là, trong cùng điều kiện thông số sóng thí nghiệm, hệ số phản xạ lớn nhất thu được cho các kịch bản cấu kiện được đục lỗ chỉ bằng 64% so với trường hợp cấu kiện có bề mặt tiếp sóng kín hoàn toàn.

3.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt đến đặc tính phản xạ

Căn cứ vào kết quả thí nghiệm thể hiện trên Hình 12, có thể nhận xét rằng mức độ ảnh hưởng của tỷ lệ lỗ rỗng trên bề mặt tiếp sóng của cấu kiện đê cọc rộng mặt cắt hình móng ngựa đến hệ số phản xạ sóng K_r là không rõ rệt.

Cụ thể là với cùng điều kiện thí nghiệm, khi

thay đổi tỷ lệ lỗ rỗng trên bề mặt tiếp sóng của cấu kiện từ 15%, 20%, 25%, hệ số phản xạ không có sự khác biệt nhiều, $K_{r,max} \sim 0,54$; $K_{r,min} \sim 0,27$ (Hình 12). Điều này có thể nhận định sơ bộ rằng với các tỷ lệ lỗ rỗng trên bề mặt thí nghiệm, sóng đến đa phần không bị cản trở và được hấp thụ vào phía trong buồng tiêu sóng (thân đê cọc rỗng). Do vậy yếu tố bề rộng buồng tiêu sóng (B) cũng sẽ chi phối và ảnh hưởng đến hệ số phản xạ. Mặt khác khi so sánh với trường hợp không đục lỗ mặt trước, hệ số phản xạ có sự suy giảm rõ rệt (từ $K_r \sim 0,8$ xuống $K_r \sim 0,5$) như đã trình bày ở trên, do vậy cũng có thể nhận định khả năng hệ số phản xạ sóng K_r có thể thay đổi rõ rệt hơn với tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt tiếp sóng nhỏ hơn 15%.



Hình 12: Quan hệ giữa $K_r \sim d/H_i$, trường hợp $B=0,24m$

So sánh chi tiết trong điều kiện cụ thể đối với từng kịch bản thí nghiệm nhận thấy tỷ lệ lỗ rỗng 15% có hệ số phản xạ lớn hơn so với tỷ lệ lỗ rỗng 20% và 25%.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Với 128 kịch bản thí nghiệm được thực hiện bài bản trên mô hình vật lý máng sóng trong phạm vi bao quát rộng của các điều kiện tham số sóng, mực nước vùng biển Tây đồng bằng sông Cửu Long nhằm đo đạc và tính toán hệ số

phản xạ đối với cấu kiện Đê cọc rỗng mặt cắt hình móng ngựa (bề rộng $B=0,24$, cao $0,3m$, mặt khuất sóng được đục lỗ 11,78% và mặt tiếp sóng tỷ lệ lỗ rỗng thay đổi từ 0%, 15%, 20%, 25%), một số nhận xét về các yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính phản xạ sóng như sau:

Yếu tố độ sâu nước: Khi độ sâu nước thí nghiệm tăng lên từ $0,18m$ lên $0,3m$, hệ số phản xạ sóng có xu hướng giảm đi. Nhìn chung quan hệ là nghịch biến, hệ số phản xạ giảm từ $0,84-0,58$ cho trường hợp cấu kiện không đục lỗ bề mặt và giảm từ $0,54-0,28$ với các cấu kiện có bề mặt tiếp sóng được đục lỗ.

Yếu tố chiều cao sóng tới: Hệ số phản xạ sóng có xu hướng giảm xuống khi chiều cao sóng tới tăng lên trong tất cả các trường hợp độ ngập nước và tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt cấu kiện được thí nghiệm. Hệ số phản xạ $K_{r,min} = 0,27$ khi $H_i = 0,06m$.

Yếu tố tỷ lệ lỗ rỗng: Các kết quả phân tích cho thấy hệ số phản xạ sóng (K_r) đạt được từ $0,27-0,54$ khi bề mặt tiếp sóng của cấu kiện được đục lỗ với tỷ lệ 15%-25%, giảm đáng kể so với trường hợp không đục lỗ bề mặt, với (K_r) từ $0,58-0,84$ trong cùng điều kiện thí nghiệm.

Khi đánh giá riêng cho các trường hợp bề mặt cấu kiện được đục lỗ thấy rằng: Khi tăng tỷ lệ diện tích lỗ rỗng trên bề mặt cấu kiện, hệ số phản xạ có xu hướng giảm. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng của tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt tiếp sóng đến hệ số phản xạ sóng là không đáng kể.

Kiến nghị: Tiếp tục bổ sung làm rõ ảnh hưởng của bề rộng buồng tiêu sóng (B) đến hệ số phản xạ và xây dựng mối tương quan giữa các yếu tố này nhằm xây dựng công thức bán thực nghiệm xác định hệ số phản xạ K_r cho kết cấu đê cọc rỗng nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phạm Đức Hưng, Trần Đình Hòa, Nguyễn Ngọc Nam, “Đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa – giải pháp công nghệ mới trong bảo vệ bờ biển” Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy Lợi, số 69, pp. 2-7, 2021;
- [2] Phạm Đức Hưng, Trần Đình Hòa, Nguyễn Mạnh Linh, “Thiết kế thí nghiệm mô hình vật lý nghiên cứu tương tác sóng với kết cấu đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa” Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy Lợi, số 77, pp. 2-8, 2023;
- [3] Nguyễn Xuân Hùng (1999), Động lực học công trình biển, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội;
- [4] Thiều Quang Tuấn, Đặng Thị Linh (2017), “Quan hệ chu kỳ và chiều cao của sóng gió mùa vùng biển Bắc và Bắc Trung Bộ nước ta”. Tạp chí khoa học thủy lợi;
- [5] Mansard (1980), The measurement of incident and reflected spectra using a least square method, Proceedings of the 17th ICCE, ASCE 1, 154–172;
- [6] 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. 245-2.