

# THIẾT KẾ THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH VẬT LÝ NGHIÊN CỨU TƯƠNG TÁC SÓNG VỚI KẾT CẤU ĐÊ CỌC RỒNG MẶT CẮT HÌNH MÓNG NGỰA

Phạm Đức Hưng, Trần Đình Hòa, Nguyễn Mạnh Linh  
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa là giải pháp công trình bảo vệ bờ biển được đề xuất với mục tiêu giảm sóng từ xa. Bài báo trình bày phương pháp thiết kế thí nghiệm mô hình vật lý và xây dựng các kịch bản nghiên cứu nhằm đánh giá tương tác giữa sóng với kết cấu này.  
**Từ khóa:** Đê cọc rồng, hiệu quả giảm sóng, truyền sóng, phản xạ sóng

**Summary:** The horseshoe-shaped hollow pile dyke is a type of breakwater used to reduce wave energy from a distance. This paper presents the method of experimental design of the physical model and the development of research scenarios to evaluate the wave interaction with this structure.

**Keywords:** Hollow pile dyke, effect of wave reduction, wave transmission, wave reflection.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa [1] là giải pháp công trình xa bờ được đề xuất nhằm mục đích tiêu giảm sóng, hạn chế sạt lở bờ biển đồng thời tạo được bãi bồi phù sa phía sau công trình để khôi phục rừng phòng hộ ven biển (xem Hình 1).



Hình 1: Đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa [1]

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. Bên trong cấu kiện được thả lớp đá hộc để tiêu tán năng lượng sóng và tăng cường ổn định tổng thể công trình.

Mục tiêu chính của thí nghiệm mô hình vật lý là thiết lập được một bộ số liệu thí nghiệm làm cơ sở cho việc xây dựng các công thức kinh nghiệm hay bán kinh nghiệm cho phép đánh giá một cách tin cậy tương tác sóng với Đê cọc rồng mặt cắt hình móng ngựa. Hay nói cách khác công thức xác định hệ số phản xạ ( $K_r$ ), hệ số truyền sóng ( $K_t$ ), áp lực sóng tác dụng lên cấu kiện... với sự ảnh hưởng của các tham số phi thứ nguyên chi phối chính được xác định, phản ánh đúng quá trình vật lý tiêu hao năng lượng khi sóng truyền qua công trình đê cọc rồng.

## 2. CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH VẬT LÝ

Cơ sở lý thuyết của mô hình vật lý được xác lập trên cơ sở lý thuyết tương tự. Chỉ khi nào

Ngày nhận bài: 13/2/2023  
Ngày thông qua phản biện: 20/3/2023  
Ngày duyệt đăng: 21/4/2023

các điều kiện tương tự mà lý thuyết tương tự quy định thỏa mãn thì mới có thể căn cứ vào kết quả từ mô hình mà suy đoán kết quả tương ứng ở nguyên hình. Để mô hình tương tự với nguyên hình một cách hoàn toàn thì cần phải đầy đủ 3 đặc trưng tương tự: hình học, động học và động lực học.

### 2.1. Tương tự về hình học

Tương tự hình học giữa mô hình và nguyên hình là tương tự về hình dạng hình học, do đó bất kỳ độ dài tuyến tính tương ứng nào thì nguyên hình và mô hình phải có cùng tỷ lệ:

$$\frac{l_{N1}}{l_{M1}} = \frac{l_{N2}}{l_{M2}} = \dots = \frac{l_{Nn}}{l_{Mn}} = \lambda_l \quad (2.1)$$

Trong đó:

- $l_{N1}, l_{N2}, \dots, l_{Nn}$  là các độ dài tuyến tính của nguyên hình;
- $l_{M1}, l_{M2}, \dots, l_{Mn}$  là các độ dài tuyến tính của mô hình;
- $\lambda_l$  là hệ số tỷ lệ độ dài.

### 2.2. Tương tự về động học

Tương tự về động học là tương tự trạng thái chuyển động giữa mô hình và nguyên hình. Vận tốc, gia tốc tại bất kỳ tương ứng nào giữa mô hình và nguyên hình bắt buộc phải song song với nhau và có cùng một hệ số tỷ lệ:

$$\frac{U_{N1}}{U_{M1}} = \frac{U_{N2}}{U_{M2}} = \dots = \frac{U_{Nn}}{U_{Mn}} = \lambda_U \quad (2.2)$$

$$\frac{a_{N1}}{a_{M1}} = \frac{a_{N2}}{a_{M2}} = \dots = \frac{a_{Nn}}{a_{Mn}} = \lambda_a \quad (2.3)$$

Trong đó:  $U$  và  $a$  là vận tốc và gia tốc;  $\lambda_U, \lambda_a$  là hệ số tỷ lệ của vận tốc và gia tốc.

### 2.3. Tương tự về động lực học

Tương tự về động lực học là tương tự về lực tác dụng giữa mô hình và nguyên hình. Lực tác dụng tại bất kỳ tương ứng nào giữa mô hình và nguyên hình bắt buộc phải song song với nhau và có cùng một hệ số tỷ lệ:

$$\frac{f_{N1}}{f_{M1}} = \frac{f_{N2}}{f_{M2}} = \dots = \frac{f_{Nn}}{f_{Mn}} = \lambda_f \quad (2.4)$$

Trong đó:  $f$  là lực tác dụng;  $\lambda_f$  là hệ số tỷ lệ về lực.

Để có được tương tự cơ bản về các yếu tố sóng, mô hình cần làm chính thái, luật tỷ lệ mô hình cần tuân theo tiêu chuẩn Froude.  $F=V/(gL)^{0.5}$  ( $V$  là vận tốc sóng;  $L$  là chiều dài sóng). Việc lựa chọn  $N_V = N_t = (N_L)^{0.5}$  theo phép phân tích thứ nguyên và định luật Pi – Buckingham giúp cho mô hình đảm bảo về chỉ số tương tự Froude tức là  $F_m = F_n$  ( $m$ : mô hình;  $n$ : nguyên hình).

## 3. THIẾT KẾ MÔ HÌNH VÀ XÂY DỰNG KỊCH BẢN THÍ NGHIỆM

### 3.1. Phân tích thứ nguyên xác định các tham số chi phối

Sử dụng phương pháp PI-PUCKINGHAM [2] để thiết lập các phương trình tổng quát thể hiện quan hệ giữa các tham số chi phối cơ bản với các đặc trưng về phản xạ và truyền sóng cũng như áp lực sóng tác động lên cấu kiện. Đây chính là cơ sở cho việc thiết kế các chuỗi thí nghiệm phục vụ cho phân tích kết quả, dẫn tới các công thức bán thực nghiệm. Các tham số cơ bản ảnh hưởng đến đặc tính phản xạ và truyền sóng qua kết cấu Đê cọc rỗng mặt cắt hình móng ngựa đó là:

#### a) Nhóm các tham số môi trường:

- + Chiều cao sóng,  $H_{m0}$  (sóng tới  $H_{m0,i}$ ; sóng phản xạ  $H_{m0,r}$  và sóng truyền  $H_{m0,t}$ )
- + Chu kỳ sóng,  $T_p$  (có thể là lựa chọn chu kỳ đỉnh phổ  $T_p$  hoặc chu kỳ đặc trưng phổ  $T_{m-1,0}$ ).
- + Góc sóng tới công trình,  $\beta$
- + Độ cao lưu không đỉnh đê,  $R_c$

#### b) Nhóm các tham số đặc trưng hình học kết cấu công trình:

- + Bề rộng cấu kiện,  $B$
- + Chiều cao lớp đá thả trong lòng,  $h_a$ ;

- + Tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt kết cấu,  $\varepsilon$  ;
- + Độ dốc bãi biển,  $i\%$

3.1.1. Thiết lập phương trình tổng quát về sóng truyền, sóng phản xạ qua kết cấu Đê cọc rỗng mặt cắt hình móng ngựa

Qua xác định những tham số chi phối cơ bản đến sóng truyền và sóng phản xạ qua kết cấu Đê cọc rỗng mặt cắt hình móng ngựa ở phần 3.1, chúng có thể viết dưới dạng quan hệ hàm số như sau:

$$f(H_{m0,i}, H_{m0,t}, T_{m-1,0}, B, R_c, \varepsilon, h_d) = 0 \quad (3.1)$$

Ở đây độ rỗng  $\varepsilon$  bản thân là đại lượng không thứ nguyên, nên có thể loại ra khỏi phân tích. Vì có hai thứ nguyên cơ bản là [L] và [T] ( $r = 2$ ) do vậy tổng số các đại lượng phi thứ nguyên sẽ bằng  $\Pi = n - r = 6 - 2 = 4$ . Nghĩa là biểu thức có thể được viết dưới dạng:

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4) = 0 \quad (3.2)$$

Chọn các thông số cơ bản là  $H_{m0,i}$  và  $T_{m-1,0}$  với thứ nguyên cơ bản [L] và [T].

$$\Pi_1 = H_{m0,i}^{x1} \cdot T_{m-1,0}^{y1} \cdot H_{m0,t}$$

$$\Pi_2 = H_{m0,i}^{x2} \cdot T_{m-1,0}^{y2} \cdot B \cdot g^{z2}$$

$$\Pi_3 = H_{m0,i}^{x3} \cdot T_{m-1,0}^{y3} \cdot R_c$$

$$\Pi_4 = H_{m0,i}^{x4} \cdot T_{m-1,0}^{y4} \cdot h_d$$

(a) Phiến hàm biểu thị các đại lượng xuất xứ

$$\Pi_1 = [L]^{x1} \cdot [T]^{y1} \cdot [L]$$

$$\Pi_2 = [L]^{x2} \cdot [T]^{y2} \cdot [L] \cdot [L]^{z2} \cdot [T]^{-2z2}$$

$$\Pi_3 = [L]^{x3} \cdot [T]^{y3} \cdot [L]$$

$$\Pi_4 = [L]^{x4} \cdot [T]^{y4} \cdot [L]$$

(b) Phiến hàm biểu thị dạng thứ nguyên các đại lượng xuất xứ

Tiến hành cân bằng thứ nguyên ta sẽ tìm được các đại lượng  $\Pi_i$  như sau:

$$\Pi_1 = \frac{H_{m0,t}}{H_{m0,i}}; \Pi_2 = \frac{B}{L_p} \quad (3.3)$$

$$\Pi_3 = \frac{R_c}{H_{m0,i}}; \Pi_4 = \frac{h_d}{H_{m0,i}}$$

Sử dụng các phép biến đổi tương đương trong phương pháp PI-BUCKINGHAM, công thức (3.2) được viết thành công thức (3.4) như sau:

$$f\left(\frac{H_{m0,t}}{H_{m0,i}}, \frac{B}{L_p}, \frac{R_c}{H_{m0,i}}, \frac{h_d}{H_{m0,i}}\right) = 0 \quad (3.4)$$

Như vậy hàm PI-BUCKINGHAM tổng quát xác định hệ số truyền sóng qua kết cấu Đê cọc rỗng có dạng:

$$K_t = \frac{H_{m0,t}}{H_{m0,i}} = f\left(\frac{B}{L_p}, \frac{R_c}{H_{m0,i}}, \frac{h_d}{H_{m0,i}}, \varepsilon\right) \quad (3.5)$$

Ta thấy hệ số truyền sóng là hàm phụ thuộc vào:

$\frac{R_c}{H_{m0,i}}$  : Độ cao lưu không đỉnh đê tương đối;

$\frac{B}{L_p}$  : Bề rộng buồng tương đối;

$\frac{h_d}{H_{m0,i}}$  : Chiều cao thả đá trong lòng tương đối;

Và  $\varepsilon$ : tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt cấu kiện Đê cọc rỗng;

Phân tích tương tự đối với hệ số phản xạ sóng, ta có:

$$K_r = \frac{H_{m0,r}}{H_{m0,i}} = f\left(\frac{B}{L_p}, \frac{R_c}{H_{m0,i}}, \frac{h_d}{H_{m0,i}}, \varepsilon\right) \quad (3.6)$$

3.1.2. Thiết lập phương trình tổng quát về lực sóng tác dụng lên cấu kiện Đê cọc rỗng mặt cắt hình móng ngựa

Áp lực sóng tác dụng lên cấu kiện Đê cọc rỗng là thành phần quan trọng liên quan trực tiếp đến tính toán ổn định công trình. Các thành phần cơ bản chi phối đến áp lực sóng gồm các tham số độc lập sau:  $H_{m0}$ ,  $T_p$ ,  $d$ ,  $\beta$ ,  $g$ ,  $\rho$ ,  $\varepsilon$ .

Như vậy có thể viết dưới dạng quan hệ hàm số như sau:

$$f(P, H_{m0}, T_p, B, d, \beta, \varepsilon, g, \rho) = 0 \quad (3.7)$$

Trong đó: P là áp lực sóng, d là độ sâu nước,  $\rho$  là khối lượng riêng của nước, g là gia tốc trọng trường,  $\varepsilon$  là độ rỗng bề mặt cấu kiện đê cọc rỗng và  $\beta$  là góc sóng tới (là đại lượng phi thứ nguyên) nên không đưa vào phân tích.

Ở đây có ba thứ nguyên cơ bản là [L], [T] và [M] (r = 3) và có 7 biến độc lập, do vậy tổng số các đại lượng phi thứ nguyên sẽ bằng 4 (n - r = 7 - 3). Biểu thức (3.1) có thể được viết dưới dạng sau:

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4) = 0 \quad (3.8)$$

Chọn các thông số cơ bản là  $H_{m0}$ ,  $T_p$  và P với các thứ nguyên cơ bản là [L], [T] và [M] ta có:

$$\Pi_1 = H_{m0}^{x1} \cdot T_p^{y1} \cdot P^{z1} \cdot B$$

$$\Pi_2 = H_{m0}^{x2} \cdot T_p^{y2} \cdot P^{z2} \cdot d$$

$$\Pi_3 = H_{m0}^{x3} \cdot T_p^{y3} \cdot P^{z3} \cdot g$$

$$\Pi_4 = H_{m0}^{x4} \cdot T_p^{y4} \cdot P^{z4} \cdot \rho$$

(a) Phiên hàm các đại lượng xuất xứ

$$\Pi_1 = [L]^{x1} \cdot [T]^{y1} \cdot [M]^{z1} \cdot [L]^{-z1} \cdot [T]^{-2z1} \cdot [L]$$

$$\Pi_2 = [L]^{x2} \cdot [T]^{y2} \cdot [M]^{z2} \cdot [L]^{-z2} \cdot [T]^{-2z2} \cdot [L]$$

$$\Pi_3 = [L]^{x3} \cdot [T]^{y3} \cdot [M]^{z3} \cdot [L]^{-z3} \cdot [T]^{-2z3} \cdot [L] \cdot [T]^{-2}$$

$$\Pi_4 = [L]^{x4} \cdot [T]^{y4} \cdot [M]^{z4} \cdot [L]^{-z4} \cdot [T]^{-2z4} \cdot [M] \cdot [L]^{-3}$$

(b) Phiên hàm dạng thứ nguyên các đại lượng xuất xứ

Tiến hành cân bằng thứ nguyên ta sẽ tìm được các đại lượng  $\Pi_i$  như sau:

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \frac{B}{H_{m0}}; \Pi_2 = \frac{d}{H_{m0}}; \\ \Pi_3 &= \frac{T_p^2 \cdot g}{H_{m0}}; \Pi_4 = \frac{H_{m0}^2 \cdot P}{T_p \cdot P} \end{aligned} \quad (3.9)$$

Sử dụng các phép biến đổi tương đương

trong phương pháp PI-BUCKINGHAM, công thức (3.8) được viết thành công thức (3.10) như sau:

$$f\left(\Pi_1, \Pi_2, \frac{1}{\Pi_3 \cdot \Pi_4}, \beta, \varepsilon\right) = 0 \quad (3.10)$$

Thay các công thức tính  $\Pi_i$  ở (3.9) vào công thức (3.10) ta được công thức (3.11):

$$\frac{P}{\rho \cdot g \cdot H_{m0}} = f\left(\frac{B}{H_{m0}}, \frac{d}{H_{m0}}, \beta, \varepsilon\right) \quad (3.11)$$

## 3.2. Thiết kế thí nghiệm

3.2.1. Lựa chọn điều kiện biên đầu vào thí nghiệm

a) Khu vực nghiên cứu điển hình: bờ biển Tây đồng bằng sông Cửu Long

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

Theo kết quả nghiên cứu của đề tài ĐTĐL.CN-09/17 và luận án TS Nguyễn Anh Tiến (2021), chế độ thủy-hải văn tại khu vực bờ biển Tây vùng Đồng bằng sông Cửu Long có các đặc trưng như sau:

Sóng xa bờ: Chiều cao sóng ( $H_s$ ) phân bố theo các mức chính là:  $H_s \leq 0,5m$  (~50%);  $0,5m < H_s < 2,0m$  (~49,5%);  $H_s > 2,0m$  (~0,5%). Chu kỳ  $T_p = 2 - 4s$  (~80%).

Sóng gần bờ:

Chiều cao sóng ( $H_s$ ) phân bố theo các mức chính là:  $H_s \leq 0,5m$  (~70%);  $0,5m < H_s < 2,0m$  (~30%);  $H_s > 2,0m$  (~0%). Chu kỳ  $T_p = 2 - 5s$  (~93%).

Theo các nghiên cứu của Thiệu Quang Tuấn [4], Nguyễn Xuân Hùng [3] và phương pháp SPM (1984), quan hệ giữa chu kỳ và chiều cao sóng như sau:

Nguyễn Xuân Hùng (1999)	$H = 3,64 \cdot 10^{-4} \cdot T^{5,164}$	Áp dụng sóng nói chung cho khu vực Nam Bộ
Tuấn & Linh (2015)	$T_p = 1,15 + 4,5 \cdot H_s^{0,34}$	Áp dụng cho sóng mùa gió Đông Bắc
	$T_p = 1,5 + 4,5 \cdot H_s^{0,28}$	Áp dụng cho sóng mùa gió Tây Nam
SPM (1984)	$T_p = 12,1 \sqrt{\frac{H_s}{g}}$	Áp dụng cho sóng bão

Dựa trên các yếu tố này, tính toán và lựa chọn biên thí nghiệm:  $0,5m < H_s < 2,0m$ ,  $4s < T_p < 8,0s$

c) Độ dốc bãi:

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,  $i = 1/500$ .

d) Độ sâu nước:

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.

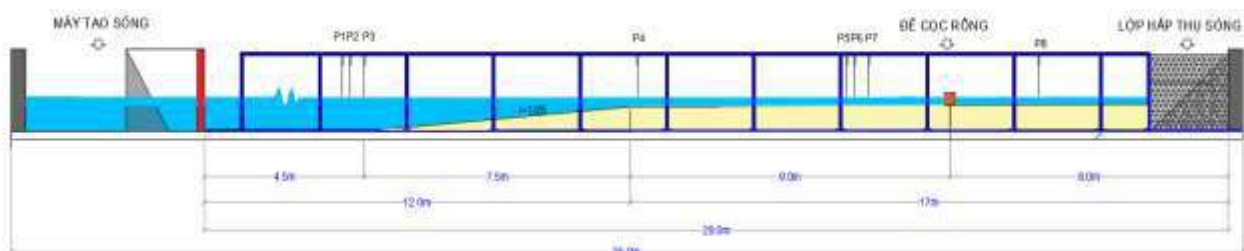
Với đặc trưng địa hình bãi khu vực biển Tây, địa hình bãi từ -0.8 đến -1.5m, do vậy độ sâu nước khu vực này nằm trong khoảng từ 2,2m đến 3,2m. Do vậy, để tổng quát, lựa chọn độ sâu nước thí nghiệm  $d = (2 \text{ :- } 3,5)m$ .

### 3.2.2. 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.

### 3.2.3. Bố trí thí nghiệm

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

Cấu kiện đê cọc rỗng mặt cắt hình móng ngựa được đặt ở khoảng cách 21m so với bản sóng. Sử dụng 8 đầu đo sóng (P1 – P8) kiểu điện trở để ghi lại chiều cao sóng ở các vị trí khác nhau

trong máng sóng. Cụ thể: 3 đầu đo P1,2,3 để kiểm tra điều kiện sóng nước sâu, đầu đo P4 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 rộng với khoảng cách từ (0.5-1).  $L_p$  để đo sóng truyền phía sau công trình.

Đầu đo áp lực sóng tác dụng lên mặt trước cấu kiện: Trên mặt đứng dọc theo trục cấu kiện, bố trí tối thiểu 3 vị trí đầu đo áp lực: Vị trí tại mực nước tĩnh, vị trí tại chân cấu kiện và vị trí tại đỉnh cấu kiện. Trên mặt bằng, bố trí tối thiểu 3 vị trí đầu đo áp lực: Vị trí vuông góc với hướng sóng tới ( $0^\circ$ ), vị trí hợp với hướng sóng tới  $30^\circ$  và vị trí hợp với hướng sóng tới  $60^\circ$ .

### 3.2.4. Kịch bản thí nghiệm

Các phương án thí nghiệm được thiết lập dựa trên mục tiêu nghiên cứu bao gồm:

- Khả năng tiêu giảm sóng qua kết cấu;
- Phân bố áp lực sóng lên bề mặt cấu kiện đê cọc rộng hình móng ngựa;

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 rộng, 4 cặp tỷ lệ độ rộng mặt trước và sau.

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

**Bảng 1: Kịch bản thí nghiệm mô hình vật lý**

$H_{m0}$ (m)	$T_p$ (s)	d (m)	B (m)	$\varepsilon_{\square}$ (%)
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%

Các phương án thí nghiệm được tiến hành bởi sóng không đều khoảng (500-1000) con sóng, tần số lấy mẫu đối với các đầu đo chiều cao sóng là 20Hz, đầu đo áp lực là 500Hz. Số liệu sóng và áp lực 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.

## 4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày phương pháp thiết kế thí nghiệm mô hình vật lý nhằm đánh giá tương tác sóng với kết cấu Đê cọc rộng mặt cắt hình móng ngựa. Trên cơ sở đánh giá các tham số

hình học và thủy động lực học ảnh hưởng đến quá trình tương tác giữa sóng với kết cấu, lựa chọn phương pháp phân tích phi thứ nguyên (định lý Pi) để xác định mối quan hệ giữa hệ số phản xạ ( $K_r$ ), hệ số truyền sóng ( $K_t$ ), áp lực sóng lên kết cấu với các đặc trưng thủy động lực học của sóng. Với đặc trưng khu vực nghiên cứu, lựa chọn các được điều kiện biên thí nghiệm và tỷ lệ mô hình phù hợp, từ đó thiết kế được sơ đồ bố trí thí nghiệm và xây dựng các kịch bản nghiên cứu.

Bước tiếp theo sẽ tiến hành triển khai thí nghiệm và đo đạc thu thập số liệu, phân tích kết quả và xây dựng mối quan hệ giữa các yếu tố hình học và thủy động lực học về các mặt phản xạ, truyền sóng, tiêu hao năng lượng sóng, áp lực lên cấu kiện.

**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] Lương Phương Hậu, Trần Đình Hợi (2003), Lý thuyết thí nghiệm mô hình công trình thủy, Nhà xuất bản Xây dựng Hà Nội;
- [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.