

# THIẾT LẬP MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM NGHIÊN CỨU SÓNG TRÀN QUA ĐÊ BIỂN CÓ KẾT CẤU HÌNH TRỤ RỒNG TẠI ĐỈNH Ở ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG

Phan Đình Tuấn  
Viện Thủy Công

**Tóm tắt:** Dọc bờ biển nước ta có nhiều công trình đê bảo vệ dạng mái nghiêng kết hợp tường đỉnh để giảm lưu lượng sóng tràn và giảm chiều cao đắp đê. Kết cấu tường đỉnh cao tạo ra sóng phản xạ lớn, lực tác động vào tường và phần mái nghiêng lớn. Xuất phát từ thực tế trên, tác giả và nhóm nghiên cứu thuộc Viện Thủy công đã đề xuất kết cấu hình trụ rồng tại đỉnh đê biển để nghiên cứu các thông số tương tác giữa sóng và kết cấu, trong đó có sóng tràn. Cấu kiện tiêu sóng hình trụ rồng tại đỉnh đê có mặt tiếp sóng được đục lỗ theo các tỷ lệ khác nhau, vật liệu bằng bê tông cốt thép hoặc cốt phi kim cường độ cao hoặc một số vật liệu mới.

**Từ khóa:** Cấu kiện trụ rồng; sóng tràn; tỷ lệ lỗ rồng; mô hình vật lý

**Summary:** There are a lot of coastal defence constructions along our country coastline in form of sea dike combined with a vertical wall to reduce overtopping discharge and the height of dikes. Vertical wall structures often create high reflection waves and forces on structures are also very big. Because of these reasons, author and others in a research group of Hydraulic Construction Institute had used a new structure called quarter circular breakwater to replace the vertical walls. Some of interaction characteristics between wave and structure were studied, especially in overtopping wave. The quarter circular breakwater, which was placed at the crest of dikes, has perforated at the sea side with different ratios. It can be made by reinforced concrete or high strength non – metallic as well as other new materials.

**Keywords:** hollow cylinder wave dissipation structure; wave dissipation; physical model

## 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, mất rừng phòng hộ xảy ra ngày càng nghiêm trọng. Hiện nay đê biển thường dạng mái nghiêng hoặc có kết hợp tường đỉnh, bề rộng mặt đê nhỏ, mái đê phía biển, phía đồng dốc và hầu hết đê đã mất rừng phòng hộ nên đối diện trực tiếp với biển. Theo kết quả thống kê từ các sự cố vỡ đê trong những năm vừa qua thì sóng tràn và sóng phản xạ đã gây hư hại mặt đê và mái đê là thường gặp;

Một giải pháp hữu hiệu để giảm sóng tràn qua đê

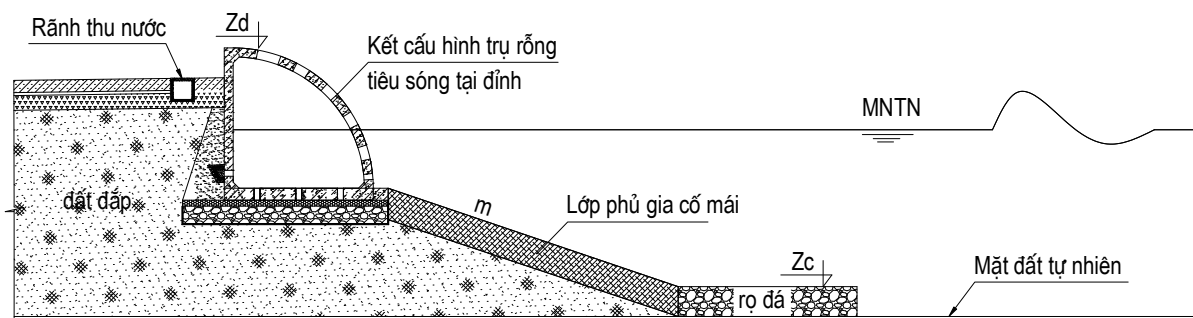
là xây tường đặt trên đỉnh đê. Tuy nhiên, kết cấu tường đỉnh cao tạo ra sóng phản xạ lớn, lực tác động vào tường và phần mái nghiêng lớn. Trước tình hình đó, tác giả và nhóm nghiên cứu thuộc Viện Thủy Công đã đề xuất mặt cắt đê biển có kết cấu hình trụ rồng tại đỉnh (Hình 1).

Mặt cắt đê biển có kết cấu hình trụ rồng tại đỉnh là giải pháp mới với mục tiêu đánh giá tương tác với sóng ngay trên đỉnh đê biển 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. Kết cấu hình trụ rồng tại đỉnh đê góp phần đánh giá tương tác và hiệu quả của sóng với kết cấu, nhằm đưa ra các khuyến cáo trong kỹ thuật thiết kế đê ở Đồng bằng sông Cửu Long;

Ngày nhận bài: 19/6/2019

Ngày thông qua phản biện: 04/7/2019

Ngày duyệt đăng: 20/8/2019



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

Đến nay, các nghiên cứu ảnh hưởng của kết cấu hình trụ rỗng, đặc biệt là nghiên cứu tương tác giữa sóng - kết cấu và sóng tràn chưa đầy đủ. Việc hiểu rõ ảnh hưởng của cấu kiện với sóng tràn có ý nghĩa khoa học và thực tiễn, bổ sung luận cứ khoa học cho tiêu chuẩn kỹ thuật đê biển hiện nay. Để làm sáng tỏ điều này, cần thiết phải có nghiên cứu trên mô hình vật lý với những điều kiện về sóng và mực nước, hình thái mặt cắt, v.v... khác nhau. Bài viết trình bày kết quả nghiên cứu thiết lập phương trình thực nghiệm cũng như mô hình vật lý để nghiên cứu sóng tràn qua đê biển có kết cấu tiêu sóng tại đỉnh.

## 2. NỘI DUNG, MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU VÀ CÁCH TIẾP CẬN

### 2.1. Nội dung nghiên cứu

- Thiết kế mô hình thí nghiệm
- Thiết lập các trường hợp thí nghiệm
- Lập phương trình nghiên cứu thực nghiệm

### 2.2. Mục tiêu nghiên cứu

- Đánh giá sóng tràn của mặt cắt đê biển có kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh.
- Đánh giá sóng phản xạ của mặt cắt đê biển có kết cấu kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh.

## 3. THIẾT LẬP PHƯƠNG TRÌNH NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM

Saville (1995) là người đầu tiên đã đặt nền móng cho nghiên cứu sóng tràn bằng một loạt các series thí nghiệm với sóng đơn. Cho đến

nay đã có hàng vạn thí nghiệm đã và đang được tiến hành tại nhiều cơ sở nghiên cứu trên thế giới chủ yếu là các nước châu Âu. Các thí nghiệm đã ngày càng được thực hiện trong điều kiện tốt hơn, gần với điều kiện tự nhiên hơn như sóng ngẫu nhiên có phổ, tỷ lệ mô hình lớn, kết cấu công trình đa dạng.

Căn cứ vào tính chất của các mô hình nghiên cứu sóng tràn hiện nay đã được phân thành 2 dạng công thức (mô hình) thực nghiệm cơ bản như sau:

- Dạng A: sóng tràn là tham số của độ cao lưu không  $R_c$ :

$$Q^* = a \cdot \exp[-b \cdot \gamma \cdot R^*]$$

Trong đó  $Q^*$  là đại lượng không thứ nguyên của lượng sóng tràn trung bình  $q$ ,  $R^*$  là đại lượng không thứ nguyên của độ lưu không đỉnh đê  $R_c$ ,  $a$  và  $b$  là các hằng số thực nghiệm,  $\gamma$  là hệ số chiết giảm sóng tràn (nếu có) do các yếu tố kết cấu hình học công trình và tải trọng sóng.

- Dạng B: sóng tràn là tham số của độ cao sóng leo  $R_u$ :

$$Q^* = a \cdot \exp[-b \cdot \gamma \cdot \Delta R^*]$$

Gần như loại A, ở loại B sóng tràn được biểu diễn thông qua sự phụ thuộc với chiều cao sóng leo hoặc trong một số trường hợp là với sự thiếu hụt cao trình đỉnh đê  $\Delta R = (R_u - R_c)$ ,  $\Delta R^*$  là đại lượng được chuẩn hóa (không thứ nguyên) của  $\Delta R$ .

Ở nước ta, do điều kiện kinh tế còn thấp, nên đa phần đê biển được thiết kế cho phép tràn để giảm chiều cao đắp đê và chi phí xây dựng. Nên khi xây dựng phương pháp thí nghiệm và công thức thực nghiệm có đê biển có kết cấu tiêu sóng tại đỉnh. Công thức tổng quát lựa chọn là dạng A.

Với mục đích nghiên cứu là kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh đê biển và áp dụng là cải tạo và xây dựng mới các đê biển cụ thể hiện có, các tham số độ dốc mái, độ nhám mái dưới cơ là không đổi, nên bỏ qua trong nghiên cứu.

- Chiều cao sóng tính toán:  $H_s$
- Chu kỳ sóng tính toán:  $T_p$
- Độ cao lưu không đỉnh đê:  $R_c$
- Độ sâu nước:  $d$
- Tỷ lệ lỗ rỗng bề mặt:  $\varepsilon$
- Chiều cao kết cấu:  $h_w$
- Gia tốc trọng trường:  $g$
- Lưu lượng tràn qua đê:  $q$

Ma trận thứ nguyên được trình bày bảng sau:

**Bảng 1: Ma trận thứ nguyên cơ bản**

|     | $H_s$ | $T_p$ | $R_c$ | $d$ | $h_w$ | $q$ | $g$ |
|-----|-------|-------|-------|-----|-------|-----|-----|
| [L] | 1     | 0     | 1     | 1   | 1     | 2   | 1   |
| [T] | 0     | 1     | 0     | 0   | 0     | -1  | -2  |
| [M] | 0     | 0     | 0     | 0   | 0     | 0   | 0   |

Số thứ nguyên cơ bản là  $r = 2$

Số đại lượng phi thứ nguyên độc lập  $\Pi = 7 - 2 = 5$

$$\Pi = H_s^{x_1} T_p^{x_2} R_c^{x_3} d^{x_4} h_w^{x_5} q^{x_6} g^{x_7}$$

$$\begin{cases} x_1 + x_3 + x_4 + x_5 + 2x_6 + x_7 = 0 \\ x_2 - x_6 - 2x_7 = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Dựa trên hệ phương trình (1), chọn 5 cặp giá trị  $x$  để giải tìm ra 5 đại lượng  $\Pi$ . Kết quả được trình bày bảng dưới

**Bảng 2: Kết quả xác định đại lượng phi thứ nguyên**

|         | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ | $X_7$ | Hàm $\Pi$                                       | Kết quả $\Pi$                                      |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| $\Pi_1$ | 1     | -2    | 0     | 0     | 0     | 0     | -1    | $H_s^1 T_p^{-2} R_c^0 d^0 h_w^0 q^0 g^{-1}$     | $\frac{H_s}{gT_p^2}$ Độ dốc sóng                   |
| $\Pi_2$ | 1     | 0     | 0     | -1    | 0     | 0     | 0     | $H_s^1 T_p^0 R_c^0 d^{-1} h_w^0 q^0 g^0$        | $\frac{H_s}{d}$ Hệ số sóng vỡ                      |
| $\Pi_3$ | -1    | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | $H_s^{-1} T_p^0 R_c^1 d^0 h_w^0 q^0 g^0$        | $\frac{R_c}{H_s}$ Chiều cao lưu không tương đối    |
| $\Pi_4$ | -3/2  | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     | -1/2  | $H_s^{-3/2} T_p^0 R_c^1 d^0 h_w^0 q^1 g^{-1/2}$ | $\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}}$ Lưu lượng tràn tương đối |
| $\Pi_5$ | -1    | 0     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     | $H_s^{-1} T_p^0 R_c^0 d^0 h_w^1 q^0 g^0$        | $\frac{h_w}{H_s}$ Chiều cao tương đối              |

Như vậy, hàm PI-Buckingham tổng quát có dạng:

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = f\left(\frac{H_s}{gT_p^2}, \frac{H_s}{d}, \frac{R_c}{H_s}, \frac{h_w}{H_s}\right) \quad (2)$$

$$\frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = f\left(\frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{2\pi H_s}{gT_p^2}}}, \frac{H_s}{d}, \frac{R_c}{H_s}, \frac{h_w}{H_s}, \varepsilon\right) \quad (3)$$

Xét thêm đại lượng  $\varepsilon$ ,  $\tan \alpha$  ta được:

$$\rightarrow \frac{q}{\sqrt{gH_s^3}} = f\left(\xi, \gamma, \frac{R_c}{H_s}, \frac{h_w}{H_s}, \varepsilon\right) \quad (4)$$

Phương trình (4) được sử dụng để nghiên cứu về khả năng chiết giảm sóng tràn trước sự biến đổi của điều kiện sóng, mực nước và hình thái mặt cắt đê biển.

#### 4. XÁC ĐỊNH KỊCH BẢN THÍ NGHIỆM

Kịch bản thí nghiệm được xây dựng dựa trên công thức (4) với các yếu tố ảnh hưởng tới xác định sóng tràn như độ cao lưu không  $R_c$ , độ rỗng kết cấu, thông số sóng. Dựa trên tổng quan hiện trạng về giải pháp bảo vệ và thông số hải văn:

Thông số mặt cắt (kết cấu, độ dốc bãi),

- Kích thước máng sóng  $B \times H \times L = 2 \times 1,5 \times 37$  m (chiều dài sử dụng 29m)

- Máy tạo sóng ( $H=3 \div 18$ cm;  $T_p=1 \div 5$ s)

- Độ sâu nước (d) đảm bảo đánh sóng  $H_s/d \leq 0,45$

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

Trên cơ sở hiện trạng, kịch bản thí nghiệm xây dựng với kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh được thí nghiệm với 3 tỷ lệ rỗng 11%; 13% và 15%. Độ sâu nước 0,3m; 0,35 và 0,40m. Chiều cao sóng cũng được lựa chọn tối thiểu là 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. 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

**Bảng 3: Tổ hợp chương trình thí nghiệm kết cấu tiêu sóng đỉnh**

| Mặt cắt thí nghiệm             | Các thông số sóng |       | Độ cao lưu không $R_c$ (cm) | Chiều cao kết cấu $h_w$ (cm) | Hệ số rỗng $\varepsilon(\%)$ | Mái dốc đê phía biển | Độ dốc bãi |
|--------------------------------|-------------------|-------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|----------------------|------------|
|                                | H (cm)            | T (s) |                             |                              |                              |                      |            |
| Kết cấu hình trụ rỗng tại đỉnh | 10                | 1,3   | 5                           | 23,5                         | 11                           | 1/3                  | 1/250      |
|                                | 12,5              | 1,7   | 10                          |                              | 13                           |                      |            |
|                                | 15                | 2,1   | 15                          |                              | 15                           |                      |            |

Tổ hợp lại thí nghiệm với 3 chiều cao sóng x 3 chu kỳ x 3 độ cao lưu không x 3 độ rỗng kết cấu là 81 kịch bản.

#### 5. THIẾT KẾ, BỐ TRÍ MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

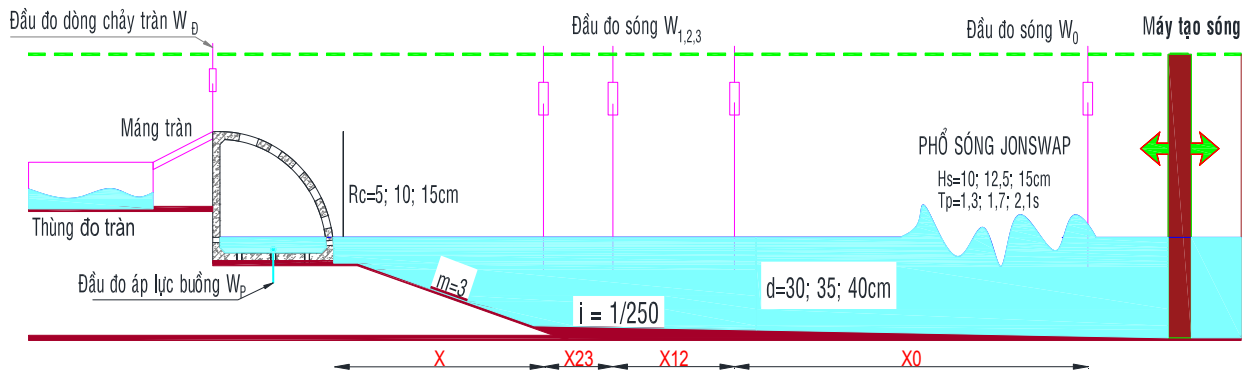
Thí nghiệm mô hình mặt cắt đê biển có cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng tại đỉnh được tiến hành trên máng sóng của Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Quốc gia về Động lực học sông biển – Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam. Máng sóng có chiều dài 37m, chiều cao 1,8m, chiều rộng 2m. Máy tạo sóng có thể tạo ra sóng đều, 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  $H_{max}=0,4$ m và chu kỳ từ  $T_p=0,5$ s ÷ 5,0s.

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. Việc lựa chọn  $N_v = N_t = (N_L)^{0.5}$  theo phép phân tích thứ nguyên và định luật Buckingham  $\Pi$  giúp cho mô hình đảm bảo về chỉ số tương tự Froude tức là  $F_m = F_n$  (m: mô hình; n: nguyên hình). Tỷ lệ mô hình được lựa chọn dựa trên năng lực máng song và thông số điều kiện biên được

trình bày bảng 3. Từ đó tỷ lệ mô hình được chọn  $N_L = 10$  (tỷ lệ dài, tỷ lệ cao),  $N_t = (N_L)^{0.5} = 3,16$  (tỷ lệ thời gian),  $N_v = 3,16$  (tỷ lệ vận tốc). Đối với cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng bằng

bê tông có độ nhám thực tế  $\eta_{CK_n} = 0,016$ , theo tỷ lệ mô hình thì  $\eta_{CK_m} = 0,0097$  do đó khi chế tạo sử dụng kính hữu cơ có độ nhám tương đương  $0,0097 \div 0,01$  như Hình 2.



Hình 2: Bố trí đầu đo sóng

3 đầu đo  $W1, W2, W3$  được bố trí để xác định sóng đến, phản xạ tuân thủ theo lý thuyết của Mansard và Funke (1980). Các yêu cầu về khoảng cách đầu đo sau đây phải được thực hiện để loại bỏ giá trị bất thường trong phép đo.

$L$  - 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  $n=1,2,\dots$ ;

Ngoài ra, thùng chứa nước và máng thu tràn được bố trí bao trọn trên 1 đơn vị chiều dài số

nguyên (1m) để có thể đo được chính xác lượng tràn đơn vị trong thí nghiệm.

## 6. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày các phương án thí nghiệm mô hình ứng với các trường hợp về mực nước, sóng và thông số kết cấu. Dựa trên các nguyên tắc phân tích thứ nguyên, một phương trình nghiên cứu thực nghiệm để xác định lưu lượng tràn đơn vị có ảnh hưởng của kết cấu tiêu sóng đỉnh đã được thiết lập. Trên cơ sở đó, sau khi tiến hành thí nghiệm để có thể xác định được công thức thực nghiệm riêng áp dụng trong thiết kế đê biển có kết cấu tiêu sóng tại đỉnh.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Thái, Nguyễn Hải Hà, Phạm Đức Hưng, Nguyễn Duy Ngọc, Phan Đình Tuấn, Nguyễn Thanh Tâm và nnk (2016), “Nghiên cứu giải pháp đê rỗng giảm sóng gây bồi kết hợp trồng rừng ngập mặn bảo vệ bờ biển Tây tỉnh Cà Mau để góp phần bảo vệ nâng cao hiệu quả công trình”. Tuyến tập khoa học công nghệ năm 2016, Phần 1: Kết quả nghiên cứu khoa học và công nghệ phục vụ phòng tránh thiên tai, xây dựng và bảo vệ công trình, thiết bị thủy lợi, thủy điện, trang 251-266.
- [2] 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.

- [3] 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 trí khoa học thủy lợi.
- [4] TAW, (2002) technical report wave run-up and wave overtopping at dikes, Technical Advisory Committeemon water defences, the NetherLands
- [5] TAW, (2003) Leidraad Kunstwerken, B2 Kerende hoogte, technical Advisory Committeemon water defences, the NetherLands
- [6] Hee Min The and Vengatesan Venugopal: “Wave Transformation by a Perforated Free Surface Semicircular Breakwater in Irregular Waves”.
- [7] Hee Min Teh, Vengatesan Venugopal, Tom Bruce: “ Hydrodynamic performance of a free surface semicircular perforated breakwater”
- [8] Mansard (1980), The measurement of incident and reflected spectra using a least square method, Proceedings of the 17th ICCE, ASCE 1, 154–172.
- [9] Tanimoto, K., Takahashi, S., (1994). Japanese experiences on composite breakwaters. Proc. Intern. Workshop on Wave Barriers in Deepwaters. Port and Harbour Research Institute, Yokosuka, Japan, pp. 1–22.