

**XÂY DỰNG CÔNG THỨC THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH  
HỆ SỐ ẢNH HƯỞNG CỦA MŨI HẮT SÓNG ĐẾN LƯU LƯỢNG  
TRÀN QUA ĐÊ BIỂN CÓ TƯỜNG ĐỈNH**

Nguyễn Văn Dũng<sup>1</sup>, Thiệu Quang Tuấn<sup>2</sup>, Lê Xuân Roanh<sup>2</sup>, Nguyễn Văn Thìn<sup>2</sup>

**Tóm tắt:** Lưu lượng tràn qua đỉnh đê có tường đỉnh không chỉ phụ thuộc vào độ lưu không  $R_c$ , độ dốc và độ nhám mà còn phụ thuộc vào vị trí, chiều cao và đặc điểm của mũi hắt sóng. Kết quả phân tích số liệu của 324 kịch bản thí nghiệm sóng tràn trong mô hình vật lý đã tìm ra công thức thực nghiệm xác định hệ số ảnh hưởng của mũi hắt sóng đến lưu lượng sóng tràn qua đê biển có tường đỉnh. Từ đó có thể tích hợp một cách tường minh vào công thức (Thiệu Quang Tuấn, 2013) cũng như (TAW, 2002) khi có tường đỉnh.

**Từ khóa:** Tường đỉnh; Mũi hắt, Sóng tràn; Đê biển, TAW-2002, Tuan 2013.

### 1. GIỚI THIỆU

Các kết quả điều tra đánh giá hiện trạng hư hỏng đê biển sau bão các tỉnh ven biển miền Bắc và Bắc Trung Bộ cho thấy sóng tràn qua đê gây hư hại mái trong là một trong những cơ chế phá hỏng đê biển phổ biến ở nước ta (Vũ Minh Cát và cộng sự, 2008) (Hình 1).

Công thức xác định lưu lượng sóng tràn (TAW, 2002), sau đó được tổng hợp (EurOtop, 2007) chưa xét đến ảnh hưởng của chiều cao tường và bề rộng thêm trước tường. (Thiệu Quang Tuấn, 2013) trên cơ sở (TAW, 2002), thông qua thí nghiệm trên mô hình vật lý đã

xây dựng được công thức thực nghiệm xác định ảnh hưởng của chiều cao tường và bề rộng thêm trước đến khả năng giảm lưu lượng sóng tràn. Trường hợp tường đỉnh có mũi hắt sóng vẫn chưa được (TAW, 2002) và (Thiệu Quang Tuấn, 2013) nghiên cứu. Theo kết quả nghiên cứu (Nguyễn Văn Dũng và cộng sự 2015), mũi hắt sóng có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng giảm lưu lượng sóng tràn trung bình qua đê biển. Vì vậy, cần thiết phải xét đến hệ số ảnh hưởng này trong công thức tính toán sóng tràn của (TAW, 2002) cũng như của (Thiệu Quang Tuấn, 2013).



*Hình 1. Đê biển Hậu Lộc, Thanh Hóa hư hỏng do bão số 7 năm 2005 (nguồn Internet)*

### 2. THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH VẬT LÝ MÁNG SÓNG

Các thí nghiệm mô hình vật lý sóng tràn qua

đê biển có tường đỉnh có mũi hắt sóng đã được triển khai trong máng sóng Hà Lan, Trường ĐH Thủy Lợi. Máng sóng có chiều dài 45m (hiệu quả 42m), rộng 1,0m và cao 1,2m. Máy tạo sóng được trang bị hệ thống hấp thụ sóng phản xạ

---

<sup>1</sup> Trường Đại học Hồng Đức.

<sup>2</sup> Trường Đại học Thủy Lợi.

chủ động Active Reflection Compensation (AUKEPC/ARC) và có khả năng tạo sóng ngẫu nhiên theo phổ với chiều cao lên tới 30cm, chu kỳ đỉnh phổ 3,0s.

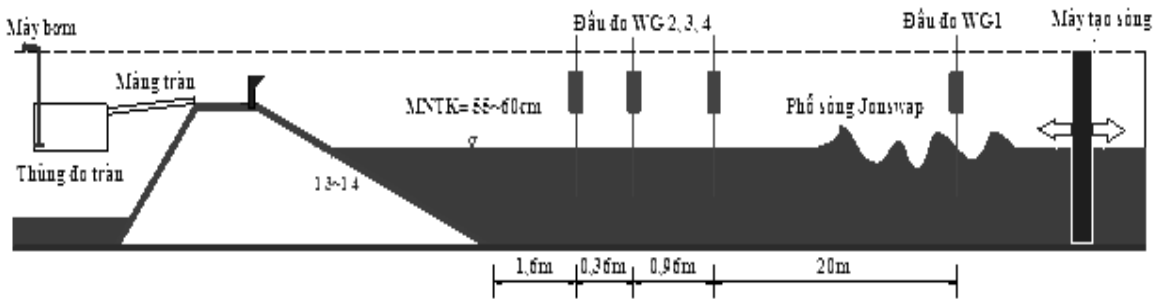
Mô hình đê và các tham số sóng thí nghiệm được lựa chọn có tỷ lệ mô hình là 1/10. Đê được chế tạo có chiều cao 70cm, với hai độ dốc phía biển 1/3 và 1/4 được kết hợp với ba chiều cao

tường W khác nhau là 6cm, 9cm, và 12cm. Đồng thời mũi hắt tường đỉnh có 3 góc nghiêng  $\beta$  khác nhau là  $0^\circ$ ,  $45^\circ$  và  $90^\circ$  và chiều cao mũi hắt  $h_n$  là 2cm, bề rộng mũi hắt là 2cm. Tường đỉnh có thể dịch chuyển để tạo ra các bề rộng thêm trước S khác nhau 0cm, 10cm và 25cm. Hình 2 minh họa quá trình bố trí thí nghiệm mô hình trong máng sóng.

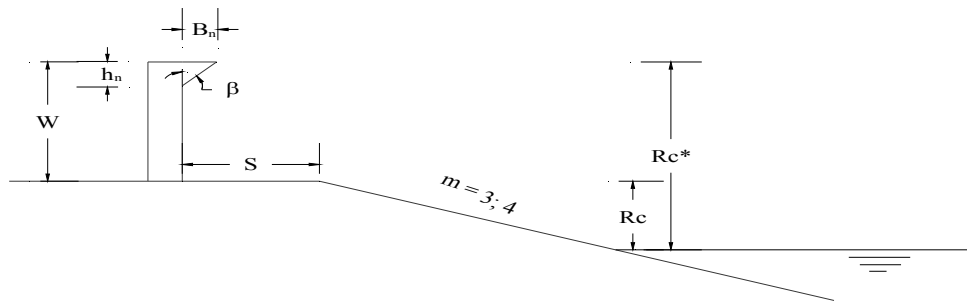
**Bảng 1. Tóm tắt các tham số thí nghiệm**

Mái đê phía biển	Các thông số sóng			W (cm)	S (cm)	D (m)	$\beta$ ( $^\circ$ )	$h_n$ (cm)	$B_n$ (cm)
	$H_{mo}$ (m)	$T_p$ (s)	Dạng phổ						
1/3	0.124, 0.148 và 0.178	1.422, 1.73 và 2.058	Jonswap	6, 9, 12	0, 10, 25	0.55, 0.60	0, 45, 90	2	2
1/4	0.124, 0.148 và 0.178	1.422, 1.73 và 2.058	Jonswap	6, 9, 12	0, 10, 25	0.55, 0.60	0, 45, 90	2	2

Tổng số: 324 kịch bản thí nghiệm



Hình 2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm mô hình vật lý



Hình 3. Mô phỏng các tham số đê và tường trong tính toán sóng tràn

Chương trình thí nghiệm được thực hiện với sự kết hợp của các yếu tố hình học đê và các tham số sóng và mực nước được tóm tắt như trong Bảng 1. Các thí nghiệm được thực hiện theo một trình tự biến đổi có hệ thống các tham số của tường đỉnh (S, W,  $\beta$ ) nhằm tạo điều kiện đánh giá ảnh hưởng của tường một cách thuận lợi hơn. Tổng cộng có 324 kịch bản thí nghiệm

với sóng ngẫu nhiên đã được thực hiện, mỗi thí nghiệm được kéo dài ít nhất là 1000 con sóng để tạo được đầy đủ miền dao động tần số của phổ sóng như mong muốn. Sóng đến và sóng phản xạ được phân tách theo phương pháp của (Zelt and Skjelbreia, 1992), trong đó sử dụng các số liệu ghi sóng của 03 đầu đo sóng đồng bộ được đặt phía trước đê (Hình 2).

### 3. TAW (2002) VÀ TUẤN (2013)

Lưu lượng sóng tràn trung bình qua đê biển

trong trường hợp sóng vỡ ( $\xi_{0m} < 2.0$ ) theo (TAW, 2002):

$$Q^* = \frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} = \frac{0.067}{\sqrt{\tan \alpha}} \cdot \xi_{0m} \cdot \exp\left(-4.75 \cdot \frac{R_c}{H_{m0}} \cdot \frac{1}{\xi_{0m}} \cdot \frac{1}{\gamma_v}\right) \quad (1)$$

Trong đó:

+ q: Lưu lượng đơn vị sóng tràn trung bình thời gian (l/s trên m dài);

+  $H_{m0}$ : Chiều cao sóng tại chân công trình(m);

+  $\gamma_\beta$ : Hệ số chiết giảm do ảnh hưởng của góc sóng tới;

+  $\gamma_r$ : Hệ số chiết giảm do độ nhám của vật liệu bảo vệ mái;

+  $\gamma_b$ : Hệ số chiết giảm do cơ;

+  $\gamma_v$ : Hệ số chiết giảm sóng do tường đứng, được xác định theo:

+  $\gamma_v = 1,35 - 0.0078 \alpha_w$  khi độ dốc mặt ngoài tường :  $\alpha_w = 45^\circ - 90^\circ$

+  $\gamma_v = 1,0$  khi  $\alpha_w = 45^\circ$

+  $\gamma_v = 0,65$  khi  $\alpha_w = 90^\circ$  (tường dốc đứng)

Hệ số ảnh hưởng tổng hợp của tường  $\gamma_v$  theo (Thiều Quang Tuấn, 2013):

$$\frac{1}{\gamma_v} = \frac{1}{\gamma_w} \cdot \frac{1}{\gamma_s} = \left(1 + 1.6 \frac{W}{R_c} \frac{1}{\xi_{0m}}\right) \cdot \left(1 + \frac{1}{8} \frac{S}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_{0m}}\right) \quad (2)$$

Trong đó:

+  $\gamma_w$ : Hệ số chiết giảm do ảnh hưởng của chiều cao tường đỉnh W;

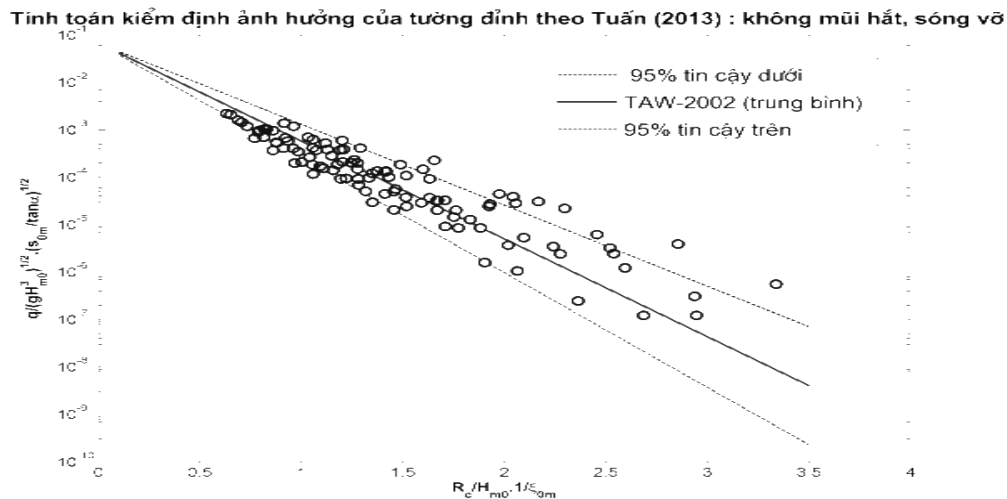
+  $\gamma_s$ : Hệ số chiết giảm do ảnh hưởng của thềm trước S;

+ W: chiều cao tường đỉnh (cm);

+ S: Bề rộng thềm trước (cm).

### 4. KIỂM ĐỊNH SỐ LIỆU THÍ NGHIỆM TRƯỜNG HỢP TƯỜNG ĐỈNH KHÔNG CÓ MŨI HẮT SÓNG

Sử dụng bộ số liệu sóng tràn ứng với trường hợp không có mũi hắt ( $\beta = 0$ ), tính toán hệ số chiết giảm ảnh hưởng của tường chắn theo công thức (2) đã được tích hợp vào công thức (1), kết quả so sánh được thể hiện qua Hình 4.



Hình 4. Kiểm định số liệu thí nghiệm Bảng 1 với trường hợp tường đỉnh không có mũi hắt sóng theo Thiều Quang Tuấn (2013) và TAW-2002

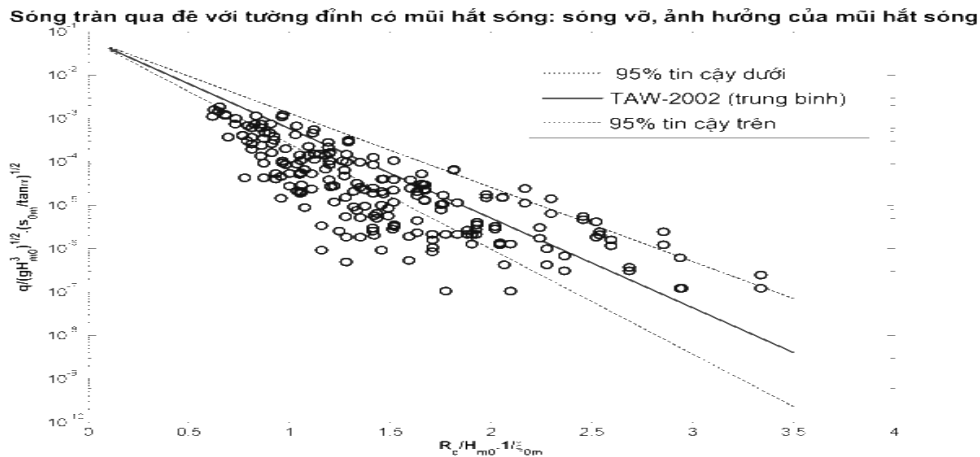
Kết quả thể hiện trên Hình 4 cho thấy ảnh hưởng của tường đỉnh trên đê trong trường hợp không có mũi hắt được tính toán theo công thức

(2) đủ độ tin cậy. Do đó có thể kế thừa công thức này để mở rộng cho trường hợp khi tường đỉnh có mũi hắt.

## 5. PHÂN TÍCH MỨC ĐỘ ẢNH HƯỞNG CỦA MŨI HẮT SÓNG ĐẾN SÓNG TRÀN QUÁ ĐÊ BIỂN

Số liệu thí nghiệm sóng tràn trong trường hợp tường đỉnh có mũi hắt sóng (góc mũi hắt  $\beta = 45^\circ$  và

$90^\circ$ ) được kiểm định với công thức (2) tích hợp vào công thức (1) thể hiện như Hình 5. Kết quả cho thấy mũi hắt sóng có ảnh hưởng đáng kể đến lưu lượng sóng tràn qua đê biển và do vậy cần thiết phải kể đến ảnh hưởng này trong hệ số ảnh hưởng tổng hợp  $\gamma_v$ .



Hình 5. Ảnh hưởng của mũi hắt của tường đỉnh đến sóng tràn qua đê biển

## 6. PHƯƠNG PHÁP MỚI XÁC ĐỊNH HỆ SỐ ẢNH HƯỞNG TỔNG HỢP CỦA TƯỜNG ĐỈNH CÓ MŨI HẮT

Do ảnh hưởng của mũi hắt sóng và thêm trước phụ thuộc vào nhau và coi ảnh hưởng của chiều cao tường là độc lập (Nguyễn Văn Dũng và cộng sự, 2015), trên cơ sở kế thừa công thức (2) thì hệ số chiết giảm của tường đỉnh có mũi hắt được thể hiện như sau:

$$\frac{1}{\gamma_v} = \frac{1}{\gamma_w} \cdot \frac{1}{\gamma_{s,\beta}} \quad (3)$$

Trong đó  $\gamma_{s,\beta}$  là hệ số chiết giảm do ảnh hưởng của thêm trước và mũi hắt sóng của tường.

Hệ số chiết giảm của mũi hắt và thêm trước  $\gamma_{s,\beta}$  có thể được xác định như (4):

$$\frac{1}{\gamma_{s,\beta}} = 1 + \frac{1}{8} \frac{S}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_{0m}} + a_\beta = \frac{1}{\gamma_{s,\beta=0}} + a_\beta \quad (4)$$

với  $a_\beta$  là hệ số kể đến sự ảnh hưởng của mũi hắt,  $\gamma_{s,\beta=0}$  là hệ số chiết giảm của thêm trước khi không có mũi hắt (xác định theo công thức (1)).

Từ (4), hệ số ảnh hưởng của mũi hắt và thêm  $a_\beta$  có thể được xác định như sau:

$$a_\beta = \frac{1}{\gamma_{s,\beta}} - \frac{1}{\gamma_{s,\beta=0}} \quad (5)$$

Nhìn chung  $a_\beta$  là hàm số phức hợp phụ thuộc vào bề rộng tương đối  $S/H_{m0}$ ,  $\xi_{0m}$ , góc mũi hắt  $\beta$  và chiều cao mũi hắt tương đối  $h_n/W$ .

$$a_\beta = F\left(\frac{S}{H_{m0}}, \xi_{0m}, \beta, \frac{h_n}{W}\right) \quad (6)$$

Phương trình (6) được xác định dựa vào các số liệu thí nghiệm cùng với các điều kiện biên ràng buộc của  $a_\beta$  như sau:

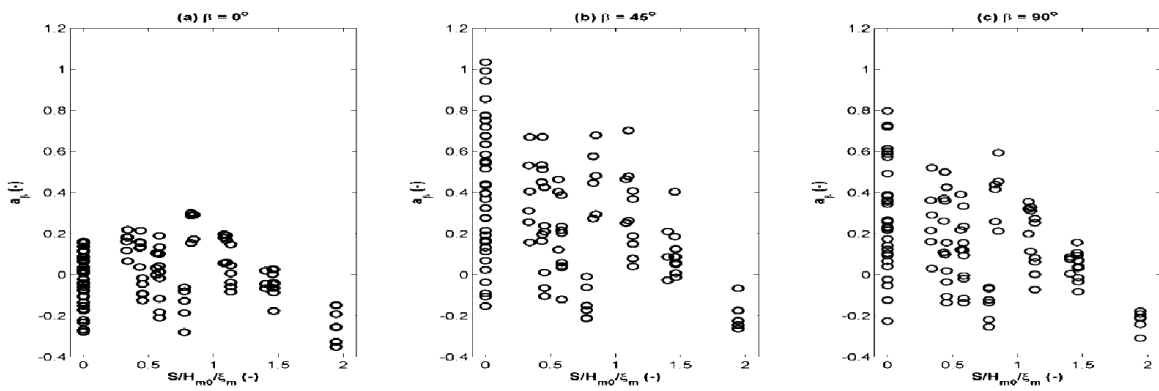
$$\begin{aligned} a_\beta &= 0 && \text{khi } \beta = 0 \\ a_\beta &= a_{\beta_{\max}} && \text{khi } \beta > 0 \text{ \& } S = 0 \end{aligned} \quad (7)$$

Hệ số ảnh hưởng tổng hợp của tường  $\gamma_v$  từ số liệu thí nghiệm so với đường chuẩn của (TAW, 2002).

$$\gamma_v = \frac{\log(Q_{TAW})}{\log(Q_m)} \quad (8)$$

với  $Q_{TAW}$  và  $Q_m$  lần lượt là lưu lượng sóng tràn phi thứ nguyên xác định theo đường chuẩn của (TAW, 2002) không kể đến ảnh hưởng của tường (vế phải của (1) với  $\gamma_v = 1.0$ ) và lưu lượng sóng tràn phi thứ nguyên đo đạc được (vế trái của (1)).

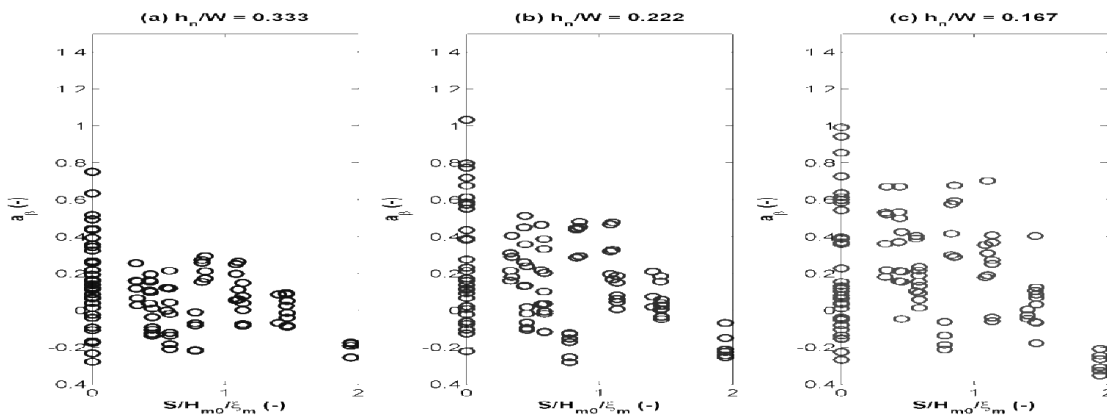
Kết quả phân tích sự phụ thuộc của  $a_\beta$  với chiều rộng thêm tương đối ứng với các góc hắt sóng  $\beta$  khác nhau được thể hiện như Hình 6.



Hình 6. Sự phụ thuộc của  $a_\beta$  với bề rộng thêm và góc mũi hắt sóng

Như vậy, với cùng một góc hắt sóng ( $\beta$  không đổi, Hình 6b hoặc 6c),  $a_\beta$  giảm chậm theo quy luật phi tuyến với bề rộng thêm tương đối  $S/H_{m0}/\xi_{0m}$ . Giá trị  $a_\beta$  lớn nhất ứng với trường hợp không có thêm trước ( $S = 0$ ). Khi có cùng một bề rộng thêm,  $a_\beta$  có xu thế tăng nhanh theo  $\beta$  khi  $\beta$  tăng từ 0 đến  $45^\circ$  và sau đó giảm chậm

khi  $\beta$  tăng từ trên  $45^\circ$  đến  $90^\circ$ . Sự thay đổi của  $a_\beta$  theo  $\beta$  với  $\beta > 45^\circ$  là không nhiều, chứng tỏ  $a_\beta$  đạt giá trị cực đại tương ứng với góc hắt  $\beta > 45^\circ$ . Sự tăng giảm này của  $a_\beta$  tương tự như quy luật hình sin. Giá trị góc  $\beta$  đem lại  $a_{\beta, \max}$  sẽ được xác định dựa trên sự phù hợp nhất của hàm  $a_\beta$  với các số liệu thực nghiệm.



Hình 7. Sự phụ thuộc của  $a_\beta$  với bề rộng thêm và chiều cao mũi tương đối.

Nhìn chung có thể thấy rằng ảnh hưởng của chiều cao tương đối của mũi hắt có ảnh hưởng yếu đến hệ số chiết giảm tổng hợp. Với cùng một bề rộng thêm tương đối thì  $a_\beta$  giảm chậm khi  $h_n/W$  tăng. Quan hệ nghịch biến này có quy

luật tương tự như dạng hàm mũ.

Dựa vào những phân tích nêu trên chúng ta có thể đưa ra phương trình quan hệ giữa  $a_\beta$  với các tham số chi phối của nó theo (9) như sau:

$$a_\beta = c \cdot \tanh\left(\frac{H_{m0}}{S}\right) \cdot (\xi_m)^{n_1} \cdot \exp\left(-\frac{h_n}{W}\right) \sin(n_2 \cdot \beta) \quad (9)$$

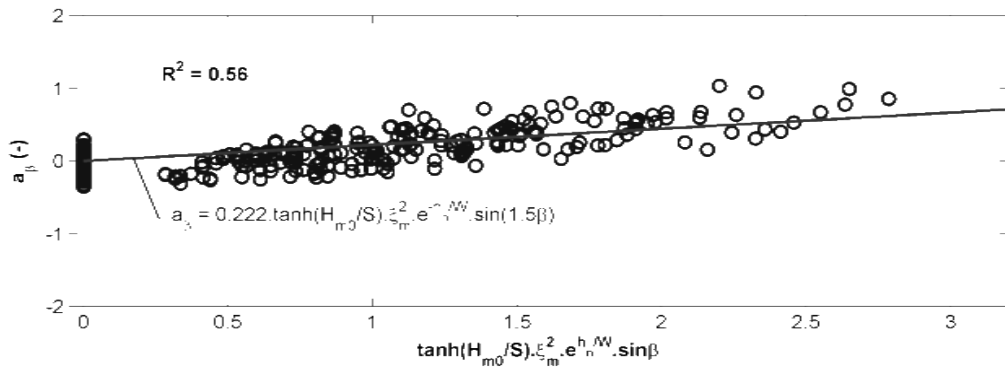
trong đó  $c$  là hệ số kinh nghiệm xác định theo phương pháp hồi quy với các số liệu thí nghiệm,  $n_1$  và  $n_2$  ( $n_2 > 1$  theo kết quả phân tích từ (Hình

5) là các hằng số được xác định theo phương pháp thử dần theo quy luật ảnh hưởng sao để đem lại sự phù hợp nhất của hàm.

Kết quả phân tích hồi quy nhiều biến sử dụng Matlab cho kết quả các hằng số  $n_1 = 2.0$  và  $n_2 = 1.5$  và hệ số thực nghiệm  $c = 0.222$ . Công thức (9) có thể được viết lại như sau:

$$a_\beta = 0.222 \cdot \tanh\left(\frac{H_{m0}}{S}\right) \cdot (\xi_m)^2 \cdot \exp\left(-\frac{h_n}{W}\right) \sin(1.5 \cdot \beta) \quad (10)$$

Với  $n_2 = 1.5$  có nghĩa là khi  $\beta = 90^\circ/1.5 = 60^\circ$  thì ảnh hưởng của mũi hất là lớn nhất (tức  $\sin(1.5\beta) = 1.0$ ). Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của (Doorslaer và De Rouck, 2010).

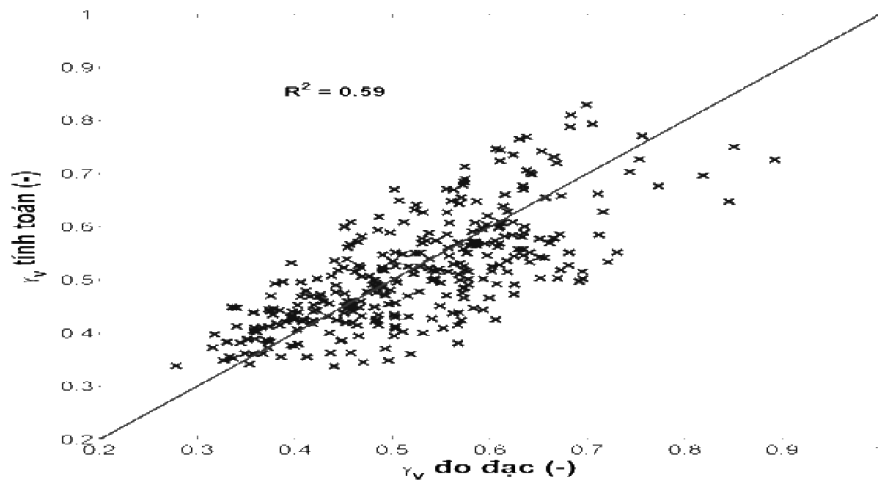


Hình 8. Đường hồi quy hàm số thực nghiệm xác định hệ  $a_\beta$

Đường hồi quy của (10) với các số liệu thực nghiệm được thể hiện trên Hình 8 với hệ số hồi quy khá tốt  $R^2 = 56\%$  (so với tính ngẫu nhiên và bất định cao của sóng tràn qua tường đỉnh).

Với hệ số ảnh hưởng của thêm và mũi hất xác

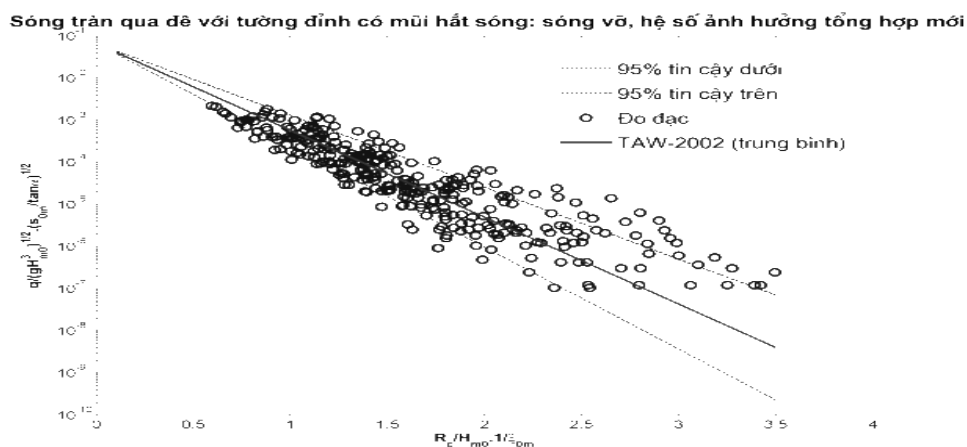
định theo (10), hệ số chiết giảm  $\gamma_{s,\beta}$  theo (4), chúng ta có thể dễ dàng xác định hệ số chiết giảm tổng hợp của tường đỉnh  $\gamma_v$  theo (3). So sánh  $\gamma_v$  giữa kết quả tính toán và thực đo được thể hiện ở trên Hình 9 với mức độ phù hợp khá tốt  $R^2 = 59\%$ .



Hình 9. Hệ số ảnh hưởng tổng hợp của tường đỉnh có mũi hất sóng  $\gamma_v$ : thực đo và tính toán

Toàn bộ số liệu thí nghiệm sóng tràn sau khi đã kể đến hệ số ảnh hưởng tổng hợp của tường đỉnh  $\gamma_v$  xác định theo (3) được thể hiện ở Hình 10. So sánh kết quả giữa Hình 10 và Hình 5 có thể thấy rằng việc kể đến ảnh

hưởng của mũi hất thông qua hệ số ảnh hưởng tổng hợp giữa mũi hất và thêm trước đã đem lại mức độ tin cậy cao trong tính toán sóng tràn trong trường hợp tường đỉnh trên đê có mũi hất sóng.



Hình 10. Sóng tràn qua đê biển với hệ số ảnh hưởng tổng hợp mới cho tường đỉnh có mũi hắt

## 7. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Các kết quả nghiên cứu thực nghiệm cho thấy (TAW, 2002) chưa mô tả xác đáng ảnh hưởng của tường đỉnh đến sóng tràn qua đê biển. Việc sử dụng độ dốc mái đê quy đổi khi có tường tỏ ra không phù hợp, tạo ra hiện tượng sóng không vỡ giả, làm giảm độ tin cậy của (TAW, 2002).

Kết quả kiểm tra từ bộ số liệu của 324 thí nghiệm cho thấy ảnh hưởng của tường đỉnh trên đê trong trường hợp không có mũi hắt có thể được tính toán đủ tin cậy theo công thức (2). Do vậy có thể kế thừa phương pháp này để mở rộng cho trường hợp khi tường đỉnh có

mũi hắt. Trên cơ sở công thức (2), quá trình phân tích từ chuỗi số liệu thí nghiệm cho thấy ảnh hưởng của mũi hắt đến lưu lượng tràn qua đê là khá đáng kể, đồng thời mức độ chi phối của tường đỉnh có mũi hắt là không giống nhau khi thay đổi thêm trước (S), góc nghiêng của mũi hắt và chiều cao tương đối cũng ảnh hưởng đáng kể đến lưu lượng tràn qua đê. Điều này đã gợi mở cho việc đề xuất một hệ số ảnh hưởng tổng hợp mới, được phát triển từ công thức (2). Hệ số tổng hợp này là hàm số phức hợp phụ thuộc vào bề rộng tương đối  $S/H_{m0}$ ,  $\xi_{0m}$ , góc mũi hắt  $\beta$  và chiều cao mũi hắt tương đối  $h_n/W$ .

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

Vũ Minh Cát và cộng sự (2008), “Nghiên cứu đề xuất mặt cắt ngang đê biển hợp lý với từng loại đê và phù hợp với điều kiện từng vùng từ Quảng Ninh đến Quảng Nam”, Báo cáo tổng hợp đề tài NCKH cấp Bộ, Hà Nội.

Nguyễn Văn Dũng, Lê Xuân Roanh, Thiệu Quang Tuấn (2015), *Nghiên cứu ảnh hưởng của mũi hắt đến lưu lượng sóng tràn qua đê biển*, Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường số 50 (9/2015).

EurOtop (2007), “*Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual*”, Environment Agency UK/Expertise Network Waterkeren NL/Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen, DE.

Pozueta, B., Van Gent, M.R.A., Van den Boogaard, H.F.P. and Medina, J.R. (2004), “*Neural network modelling of wave overtopping at coastal structures*”, Proc. 29th Int. Conf. Coastal Eng.(ICCE 2004), ASCE, Lisbon, Portugal, pp. 4275-4287.

TAW-2002 (2002), “*Technical report wave run-up and wave overtopping at dikes*”, Technical Advisory Committee on Flood Defence, The Netherlands.

Thiệu Quang Tuấn(2013), Trang 23, “*Ảnh hưởng của tường đỉnh đến lưu lượng sóng tràn qua đê biển*”, Báo cáo khoa học thường niên trường Đại học Thủy lợi 2013.

Van Doorslaer K. and De Rouck J. (2010), “Reduction of wave overtopping on a smooth dike by means of a parapet”, *Coastal Eng.*(ICCE 2010).

Verhaeghe, H., Van der Meer, J.W., Steendam, G.J., Besley, P., Franco, L. and Van Gent, M.R.A. (2003), “Wave overtopping database as the starting point for a neural network prediction method”, *ASCE, Proc. Coastal Structures 2003*, Portland, pp. 418-430. WL, 2004. DELFT-AUKEPC users’ manual, DELTARES, [www.detares.nl/nl/software/1029548/aukepc](http://www.detares.nl/nl/software/1029548/aukepc).

Zelt, J.A. and Skjelbreia, J.E. (1992), “Estimating incident and reflected wave fields using an arbitrary number of wave gauges”, *Proc. 23rd Int. Conf. Coastal Eng., ASCE*, pp. 777-789

**Abstract:**

**RESEARCH EFFECTS OF CROWN-WALLS HAVING NOSE TO WAVE OVERTOPPING DISCHARGES THROUGH SEA-DIKES.**

*Overtopping discharge on top of sea dike with crown wall is not ally depended free board  $R_c$ , slope of dike, roughness but also related to location, height and shape of the crown wall. Based on the 324 random scenarioexperiment of physical wave flume modeling we have founded an empirical formula to determine the impacts of the nose of crown-walls to wave overtopping discharge through sea-dikes. Therefore the research results also made more clearly Thieu Quan Tuan’ formula (2013) as well as TAW- 2002 in case of crown wall.*

**Keywords:** crown - walls, Nose, wave overtopping, Sea-dikes, TAW-2002, Tuan 2013.

---

*BBT nhận bài: 25/4/2016*

*Phản biện xong: 15/6/2016*