

TẢI TRỌNG SÓNG TÁC ĐỘNG LÊN CẤU KIỆN TIÊU SÓNG TRỤ RỘNG TẠI ĐỈNH ĐÊ BIỂN THEO LÝ THUYẾT VÀ THỰC NGHIỆM

Trần Văn Thái, Nguyễn Hải Hà, Nguyễn Thanh Tâm
Viện Thủy Công

Tóm tắt: Dọc bờ biển nước ta có nhiều công trình kè bảo vệ dạng mái nghiêng kết hợp tường đỉnh để giảm lưu lượng sóng tràn và giảm chiều cao đê giảm giá thành. Kết cấu tường đỉnh cao tạo ra sóng phản xạ lớn, lực tác động vào tường và phân mái nghiêng lớn. Xuất phát từ thực tế trên, nhóm nghiên cứu mũi nhọn “Công trình bảo vệ bờ biển, bờ sông” thuộc Viện Thủy Công đã đề xuất cấu kiện tiêu sóng hình trụ rộng trên đỉnh đê biển có nhiệm vụ tiêu sóng, giảm lưu lượng tràn, giảm chiều cao đập đê, giảm áp lực tác dụng lên phân mái nghiêng đảm bảo ổn định hơn. Cấu kiện tiêu sóng hình trụ rộng đặt trên đỉnh đê, trên mặt tiếp sóng có đục lỗ giảm sóng, vật liệu bằng bê tông cốt thép cường độ cao. Các cấu kiện được chế tạo hoàn chỉnh trong nhà máy và thi công lắp ghép nên đảm bảo chất lượng, giảm thời gian thi công. Bằng thí nghiệm mô hình, các tác giả đo đạc xác định tải trọng tác dụng của sóng lên cấu kiện tiêu sóng trụ rộng tại đỉnh đê trong mô hình vật lý cho kết quả phù hợp với lý thuyết của Tanimoto (1994a) [Error! Reference source not found.] trong điều kiện sóng không vỡ. Trường hợp sóng vỡ, tải trọng sóng không áp dụng theo lý thuyết của Tanimoto. Trong cùng điều kiện sóng vỡ tại vị trí mực nước, tải trọng sóng tác động lên cấu kiện tiêu sóng đỉnh chỉ bằng khoảng 14%-45% so với lực tác động lên tường đứng (Minikin) [[6]], [[7]].

Từ khóa: Cấu kiện tiêu sóng trụ rộng; tiêu giảm sóng; tải trọng sóng; mô hình vật lý

Abstract: Along the coast of Vietnam, there are many revetments of inclining slope type combined with top vertical seawall to reduce wave overtopping flow and the height of the revetments that lead to the decrease in investment. The structure of the top vertical seawall causes large reflected waves, creating large forces to the seawall and inclining slope. Based on these facts, the Research Team on "river bank and coast protection works" of Hydraulic Construction Institute proposed structures a wave dissipation structure of hollow cylinder type on the top of the sea dike which aims to dissipate the wave; reduce overtopping, embankment, and pressure on the slope that enhance the stability of the revetments. The hollow cylinder wave dissipation structure is arranged on the top of the sea-dike with the hollows on the seaside surface and made of high strength reinforced concrete. The structures are manufactured in the factory and assembled onsite, ensuring quality and shorter time of implementation. Experimental results show that the wave load acting on the wave dissipation structure of hollow cylinder type is similar to the analytical solution of Tanimoto in the case of the unbreaking wave. In respect of the breaking wave, the wave load computation cannot be applied by Tanimoto's solution. In the same condition of the breaking wave at the gauges, the load acting on the wave dissipation structure is about 14% of that acting on the vertical seawall.

Keywords: hollow cylinder wave dissipation structure; wave dissipation; wave load; 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

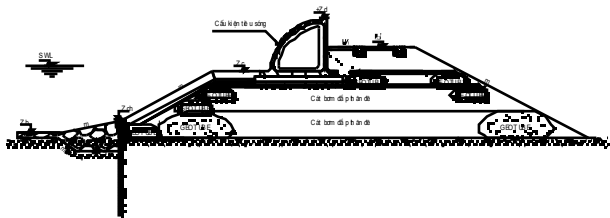
toàn cầu. Các điều kiện bão tố, ngập lụt được dự kiến sẽ tăng về cường độ và tần suất. Hơn nữa, do địa hình thấp vùng ven biển sẽ rất dễ bị ảnh hưởng bởi hiện tượng nước biển dâng. Để bảo vệ các khu dân cư ven biển, phòng chống sạt lở chúng ta làm kè bảo vệ mái

Ngày nhận bài: 25/5/2018

Ngày thông qua phản biện: 29/6/2018

Ngày duyệt đăng: 10/7/2018

ngiêng kết hợp tường đỉnh. 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, Nhóm nghiên cứu công trình bảo vệ bờ biển bờ sông thuộc Viện Thủy Công đề xuất cấu kiện tiêu sóng trên đỉnh đê biển (hình 1).



Hình 1. Mặt cắt đê quay lán biển có cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng trên đỉnh

Cấu kiện tiêu sóng đỉnh là giải pháp mới dựa trên nguyên mẫu của đê chắn sóng nửa vòng tròn (Tanimoto, 1994) [Error! Reference source not found.] với mục tiêu giảm sóng xa bờ. Cấu kiện tiêu sóng đỉnh với mục tiêu giảm sóng ngay trên đỉnh đê biển là cải tiến quan trọng trong điều kiện khan hiếm đất đắp đê tại các khu vực đồng bằng sông Cửu Long. Cấu kiện tiêu sóng trên đỉnh đê góp phần giảm chiều cao đắp đê, giảm ứng suất nền nên còn giảm thời gian và chi phí xử lý nền đê biển. Trong điều kiện cấu kiện đặt trên đỉnh đê biển, điều kiện biên sóng gió tương tác với công trình sẽ khác so với giải pháp xa bờ. Chính vì vậy cần phân tích đánh giá tải trọng sóng tác động lên cấu kiện để tối ưu kết cấu, tăng ổn định. Bài báo sẽ đi sâu vào phân tích tải trọng sóng lên cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng trên đỉnh đê theo lý thuyết và kiểm chứng kết quả tính toán với số liệu thí nghiệm trên mô hình vật lý.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU

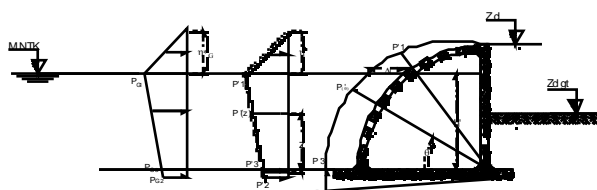
2.1. Phương pháp giải tích

Đối với cấu kiện tiêu sóng đỉnh, Tanimoto et al. (1994a) [Error! Reference source not

found.] đã áp dụng phương pháp của Goda với việc sử dụng hệ số hiệu chỉnh pha, λ_p để tính toán thay đổi hình học đê trụ rỗng trong tính toán áp lực sóng.

Giả sử một sự phân bố tuyến tính của áp lực sóng với giá trị cực đại P_{G1} ở mực nước tĩnh, P_{G4} ứng với chiều cao sóng dềnh η_G^* bên trên mực nước tĩnh và P_{G3} ở đáy biển (hình 2).

(a) Tính áp lực sóng cho cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng như 1 tường thẳng đứng có chiều cao tương ứng.



Hình 2. Sơ đồ tính áp lực sóng lên cấu kiện tiêu sóng

(b) Chuyển đổi áp lực sóng từ tường đứng lên cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng như sau:

$$\eta^* = \eta_G^* \quad (1)$$

$$P'_1 = \lambda_1 P_{G1} \quad (2)$$

$$P'_3 = \lambda_1 \lambda_p P_{G3} \quad (3)$$

$$P'_u = \lambda_1 \lambda_p P_{Gu} \quad (4)$$

Trong đó:

η_G^* : Chiều cao bên trên mực nước tĩnh ở đó cường độ áp lực sóng là 0 (m)

P_{G1} : Cường độ áp lực sóng ở mực nước tĩnh (kN/m^2)

P_{G3} : Cường độ áp lực sóng ở chân kết cấu (kN/m^2)

P_{Gu} : Áp lực đẩy nổi do sóng tác dụng tại chân kết cấu (kN/m^2)

P'_1 : Cường độ áp lực sóng ở mực nước tĩnh lên cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng (kN/m^2)

P'_3 : Cường độ áp lực sóng ở chân cầu kiện tiêu sóng trụ rỗng (kN/m^2)

P'_u : Áp lực đẩy nổi do sóng tác dụng tại chân cầu kiện tiêu sóng trụ rỗng (kN/m^2)

λ_1 : Hệ số hiệu chỉnh áp lực sóng cho các kết cấu đê phá sóng. Trong vùng sóng vỡ ở đó đê chắn sóng có khả năng tiêu sóng Tanimoto kiến nghị lấy $\lambda_1 = 0,8$ [**Error! Reference source not found.**]

λ_p : Hệ số hiệu chỉnh được xác định như sau:

$$\lambda_p = \cos^4(2\pi\Delta l/L) \quad (5)$$

Với: Δl : Là khoảng cách từ giao điểm của lực tại chân cầu kiện tiêu sóng trụ rỗng và lực tại mực nước tính với bề mặt cong cầu kiện tiêu sóng trụ rỗng (m).

L : Chiều dài sóng tính toán (m)

(c) Tính áp lực sóng tác dụng lên mặt ngoài cầu kiện tiêu sóng trụ rỗng từ các lực tác dụng lên từng điểm hướng tâm theo công thức:

$$P_{(\theta)} = P'_{(z)} \cos^n \theta \quad (6)$$

$n = 0$, khi kết cấu tiêu sóng có tường đỉnh

$n = 1$, khi kết cấu tiêu sóng không có tường đỉnh

Trong đó:

$P_{(\theta)}$: Là áp lực hướng tâm tại điểm trên mặt cong (kN/m^2)

$P'_{(z)}$: Là áp lực ngang theo phương z (**Error! Reference source not found.**) (kN/m^2)

θ : Là góc hợp bởi ngoại lực do sóng hướng về tâm và phương ngang (độ)

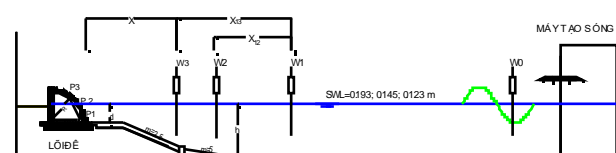
Từ áp lực sóng tác dụng lên từng điểm trên bề mặt kết cấu, tính tổng áp lực hướng tâm. Khi

kết cấu có lỗ ở phía dưới có diện tích lỗ từ 10% trở lên thì không cần thiết phải tính áp lực đẩy nổi.

2.2. Phương pháp thí nghiệm mô hình vật lý

Thí nghiệm mô hình mặt cắt đê biển có cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng trên đỉnh 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 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 $H_{\max} = 0.4\text{m}$ 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 1/20. Đối với cấu kiện tiêu sóng trụ rỗng bằng bê tông có độ nhám thực tế $\eta_{CKn} = 0,016$, theo tỷ lệ mô hình thì $\eta_{CKm} = 0,0097$ do đó khi chế tạo sử dụng kính hữu cơ có độ nhám tương đương $0,0097 \div 0,01$ như hình 4.



$W0, W1, W2, W3$ là các đầu đo sóng
 $P1, P2, P3$ là các đầu đo áp lực
 $X, X12, X13$ là khoảng cách các đầu đo
 d là độ sâu nước tại chân kết cấu
 h độ sâu nước tại chân công trình

Hình 3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm mặt cắt đê có

cấu kiện tiêu sóng tại đỉnh



Hình 4. Thí nghiệm mô hình thủy lực mặt cắt đê có tiêu sóng hình trụ rỗng trên đỉnh

2.3. Số liệu thí nghiệm và tính toán

Sóng ngẫu nhiên có phổ JONSWAP dạng chuẩn có chiều cao biến đổi từ $H_s = 0.05\text{m}, 0.10, 0.15\text{m}$ và chu kỳ đỉnh phổ $T_p = 1.8$ đến 1.95s , độ sâu ngập nước d trước cấu kiện cũng được biến đổi với 3 cấp độ $0.0475\text{m}; 0.07\text{m}$ và 0.118m .

Trong mô hình vật lý thời gian của mỗi một phương án 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.

Kịch bản được thí nghiệm với các trường hợp sóng vỡ và không vỡ. Tính chất sóng được xác định thông qua tham số thể hiện tính chất của công trình và điều kiện tải trọng đó là chỉ số Iribaren hay còn gọi là chỉ số tương tự sóng

vỡ ζ . Chỉ số Iribaren là thước đo độ dốc tương đối giữa mái đê so với sóng:

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_m}} \quad (7)$$

Trong đó ζ được tính với chu kỳ T_p , độ dốc mái đê $\tan \alpha$, S_m đặc trưng độ dốc sóng:

$$S_m = \frac{2\pi H_s}{g T_p^2} \quad (8)$$

Giá trị của ζ quyết định tính chất tương tác của sóng với công trình. $\zeta \leq 2.0$ sóng bị nhảy vỡ (sóng vỡ) còn $\zeta > 2.0$ sóng dâng vỡ (sóng không vỡ). Các tác thực hiện 7 phương án thí nghiệm tương ứng với các trường hợp sóng mực nước như bảng 1.

Bảng 1. Các phương án thí nghiệm

Phương án thí nghiệm	Chiều cao sóng	Chu kỳ sóng	Mực nước	Độ sâu ngập nước	ζ	Sóng
	Hsm(m)	Tpm(s)	Zm(m)	d (m)		
PA1	0,15	1,945	0,193	0,118	1,72	Sóng vỡ
PA2	0,1	1,923			1,99	Sóng vỡ
PA3	0,05	1,878			2,72	Sóng không vỡ
PA4	0,15	1,86	0,145	0,070	1,90	Sóng vỡ
PA5	0,1	1,811			2,38	Sóng không vỡ
PA6	0,05	1,8			2,88	Sóng không vỡ

Phương án thí nghiệm	Chiều cao sóng	Chu kỳ sóng	Mực nước	Độ sâu ngập nước	ζ	Sóng
	Hsm(m)	Tpm(s)	Zm(m)	d (m)		
PA7	0,05	1,789	0,123	0,0475	3,36	Sóng không vỡ

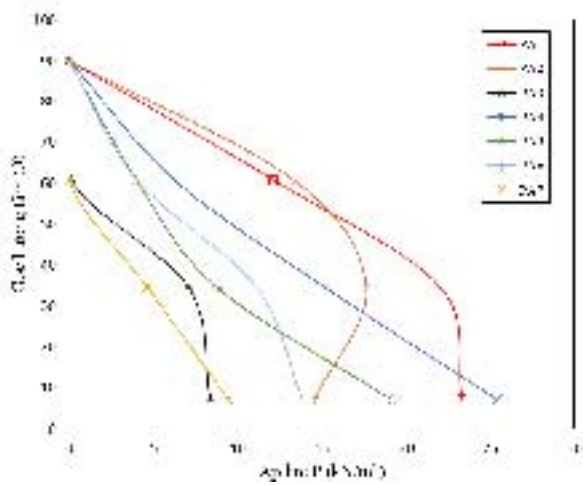
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Kết quả tính áp lực 4 trường hợp sóng không vỡ như phương án PA3, PA5, PA6, PA7 phù hợp với thí nghiệm theo bảng 2 và hình 7. Giá trị tổng áp lực theo thí nghiệm vật lý nhỏ hơn so với tính toán. Điều này cho thấy việc tiêu giảm sóng đồng thời giảm

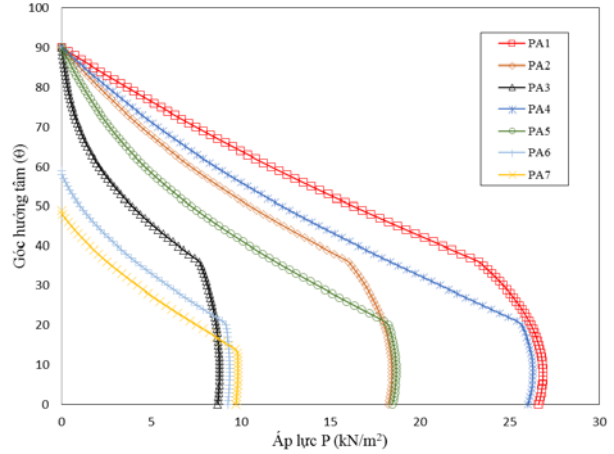
áp lực của kết cấu rất tốt. Các hệ số hiệu chỉnh λ_1 chưa đánh giá đúng được khả năng tiêu giảm sóng của kết cấu khi tính áp lực. Nhìn chung, sai số trên là có thể chấp nhận được, đặc biệt có các trường hợp tính toán và thí nghiệm xấp xỉ bằng như PA3, PA6, PA7 (hình 7).

Bảng 2. Kết quả xác định áp lực sóng lên kết cấu (nguyên hình)

Phương án	Hs (m)	Tp (s)	ζ	Sóng	Kết quả thí nghiệm (kN /m ²)			Kết quả tính giải tích (kN /m ²)		
					P ₁	P ₂	P ₃	P _{T1}	P _{T2}	P _{T3}
PA1	3.06	8.81	1.64	Sóng vỡ	23.32	22.03	12.13	26.85	23.63	11.34
PA2	2.12	8.63	1.98	Sóng vỡ	14.54	17.62	13.33	18.42	16.25	6.97
PA3	1.03	8.36	2.68	Sóng không vỡ	8.37	9.41	1.63	8.81	7.80	1.98
PA4	2.89	8.26	1.94	Sóng vỡ	15.17	25.42	6.25	26.28	18.99	8.32
PA5	2.06	8.18	2.34	Sóng không vỡ	19.13	8.76	3.98	18.66	12.48	4.47
PA6	1.04	8.08	2.82	Sóng không vỡ	9.84	7.11	0	9.38	4.54	0
PA7	1.06	8.04	3.24	Sóng không vỡ	9.45	4.63	0	9.83	2.92	0



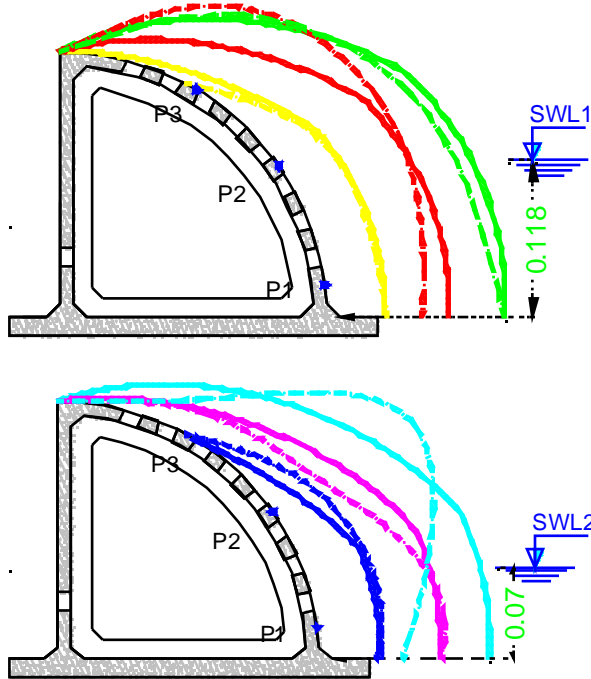
Hình 5. Kết quả thí nghiệm phân bố áp lực động khi có sóng



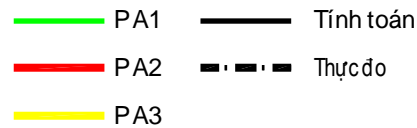
Hình 6. Kết quả tính toán phân bố áp lực động khi có sóng

Kết quả thí nghiệm và tính toán đã biểu hiện được sự phân bố áp lực lên kết cấu tiêu sóng trụ rỗng. Áp lực lớn nhất có xu thế ở gần mực nước tĩnh. Sự ảnh hưởng của độ sâu nước tới

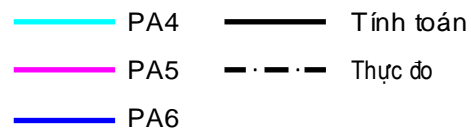
áp lực rất rõ. So sánh phương án thí nghiệm với cùng chiều cao sóng H_s , độ sâu nước thay đổi áp lực giảm dần khi mực nước được hạ thấp, như hình 5 và hình 6.

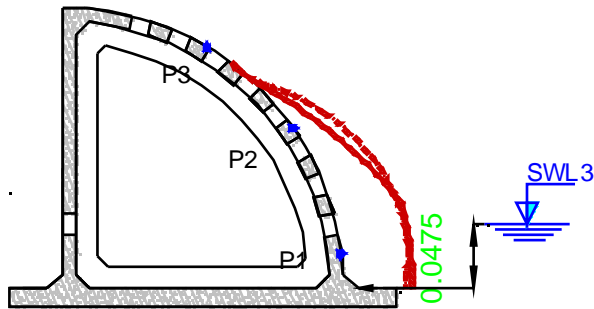


a. Biểu đồ áp lực thực đo và tính toán với độ ngập nước $d=0.118$, chiều cao sóng thay đổi $H_s=0.05m$, $H_s=0.10m$, $H_s=0.15m$ tương ứng với các phương án PA1, PA2, PA3.



b. Biểu đồ áp lực thực đo và tính toán với độ ngập nước $d=0.07$, chiều cao sóng thay đổi $H_s=0.05m$, $H_s=0.10m$, $H_s=0.15m$ tương ứng với các phương án PA4, PA5, PA6.





Hình 7: Biểu đồ áp lực tác động lên cầu kiện giữa thực đo và tính toán

c. Biểu đồ áp lực thực đo và tính toán với độ ngập nước $d=0.0475$, chiều cao sóng thay đổi $H_s=0.05m$ tương ứng với phương án PA7

— PA7 ————— Tính toán
 - - - - - Thực đo

Tuy nhiên, đối với các trường hợp sóng vỡ PA1, PA2, PA4 tải trọng sóng theo thí nghiệm lớn bất thường so với tính toán lý thuyết. Hiện tượng sóng vỡ đã tác động làm biến đổi biểu đồ áp lực thông thường. Đây là hiện tượng bất lợi cho công trình. Việc tính toán dự báo đúng tải trọng

sóng trong trường hợp này là rất khó. Trên thế giới, đã có rất nhiều các nhà khoa học đã nghiên cứu đánh giá áp lực sóng vỡ lên công trình. Với kết cấu tường đứng, tác giả A. Kortenhau, H. Oumeraci dựa trên thí nghiệm mô hình vật lý đã xây dựng bảng phân loại tải trọng tác dụng [[3]].

Bảng 3: Phân loại tải trọng theo A. Kortenhau (et al) [[3]]

PA	L (m)	hs (m)	d (m)	hb* (m)	Hs (m)	Hs* (m)	B (m)	B* (m)	Type
1	65.52	6.31	2.36	0.37	3.06	0.48	4	0.06	Impact load
2	64.02	6.31	2.36	0.37	2.12	0.34	4	0.06	Impact load
3	61.77	6.31	2.36	0.37	1.03	0.16	4	0.06	Quasi-stand wave
4	56.69	5.35	1.40	0.26	2.89	0.54	4	0.07	Impact load
5	56.07	5.35	1.40	0.26	1.80	0.34	4	0.07	Quasi-stand wave
6	55.31	5.35	1.40	0.26	1.04	0.19	4	0.07	Quasi-stand wave
7	52.90	4.90	0.95	0.19	1.06	0.22	4	0.08	Quasi-stand wave

Theo kiến nghị của Kortehaus [[3]], phương pháp tính Tanimoto (1994a) [Error! Reference source not found.] không áp dụng cho các trường hợp sóng vỡ như bảng 4. Khi sóng vỡ thì tải trọng cực hạn (khi sóng vỡ) lên tường đứng gấp gần 4 lần tải trọng sóng bình thường (khi sóng không vỡ) như hình 8. Đây là một trong những nguyên nhân chính gây đổ vỡ một số công trình kè dạng tường đứng, hoặc kè mái nghiêng kết hợp tường đứng cao hiện nay.

Minikin (1955, 1963) [[6]], [[7]] đã xây dựng quy trình tính toán tải trọng sóng vỡ dựa theo kết quả quan trắc công trình thực tế. Phương pháp của Minikin xác định tải trọng động cực hạn rất lớn so với tải trọng động của sóng bình thường. Tải trọng động lớn nhất tác dụng tại mực nước

xác định theo công thức (9), tổng tải trọng sóng lên tường xác định theo công thức (10),

$$p_m = 101w \frac{H_b}{L_b} \frac{d_\epsilon}{D} (D + d_\epsilon) \quad (9)$$

$$R_m = \frac{p_m H_b}{3} \quad (10)$$

Trong đó:

P_m : tải trọng sóng động lớn nhất (kNm)

d_s : độ sâu nước trước tường (m)

D: Độ sâu nước tại vị trí cách tường bằng một bước sóng (m)

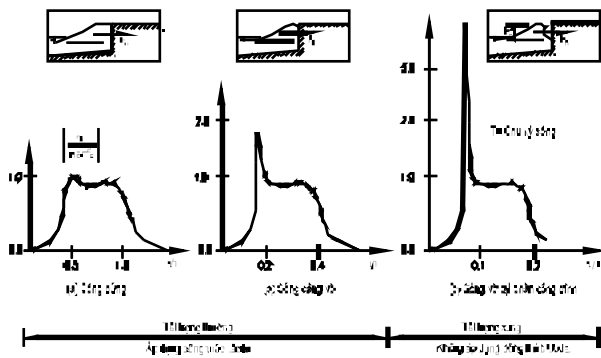
L_D : chiều dài sóng tại vị trí độ sâu nước D (m)

Trong bảng 5 trình bày so sánh giá trị tính toán theo công thức Minikin và thực đo tại đầu đo P2 (đầu đo gần mức nước).

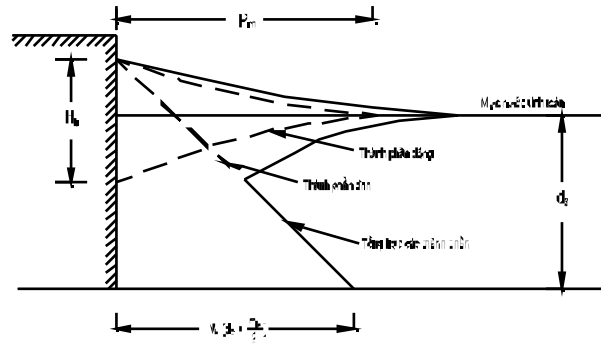
Bảng 4. Bảng so sánh giá trị tính toán theo công thức Minikin và thực đo

PA	Thực đo	Tính theo Minikin
1	22.03	153.26
2	17.62	108.26
4	25.42	58.41

Với cấu kiện tiêu sóng đỉnh thì khi sóng với tải trọng sóng cực hạn chỉ gấp 1,2-1,5 lần tải trọng sóng bình thường theo phương án thí nghiệm PA1, PA2, PA4 thể hiện trên hình 7 a và b. Trong cùng điều kiện sóng vỡ tại vị trí mực nước, tải trọng sóng tác động lên cấu kiện tiêu sóng đỉnh chỉ bằng khoảng 14%-45% so với lực tác động lên tường đứng theo Minikin (bảng 5). Như vậy, có thể thấy khả năng giảm áp lực của kết cấu là rất tốt.



Hình 8. Tải trọng sóng tác động lên tường đứng theo A. Kortzenhaus (et al) [[3]]



Hình 9. Biểu đồ tải trọng sóng vỡ lên tường đứng theo Minikin [[6]], [[7]]

4. KẾT LUẬN

Bài báo đã trình bày bảy phương án thí nghiệm mô hình ứng với ba trường hợp mực nước và ba chiều cao sóng nhằm xác định lực tác động của sóng lên cấu kiện tiêu sóng hình trụ rỗng đặt tại đỉnh đê. Kết quả cho thấy tải trọng sóng tác dụng lên cấu kiện tiêu sóng hình trụ rỗng phù hợp với lý thuyết của Tanimoto (1994a) trong điều kiện sóng không vỡ. Trường hợp sóng vỡ, tải trọng sóng không áp dụng theo lý thuyết của Tanimoto. Với cùng điều kiện sóng vỡ tại vị trí mực nước, tải trọng sóng tác động lên cấu kiện tiêu sóng đỉnh chỉ bằng khoảng 14%-45% so với lực tác động lên tường đứng theo Minikin (1955, 1963). Giải pháp tiêu sóng hình trụ rỗng đặt tại đỉnh đê ra có kết cấu bao mặt tiếp sóng có đục lỗ để tiêu giảm sóng, giảm lưu lượng tràn và quan trọng là giảm chiều cao đập đê biển trong điều kiện đê đập trên nền đất yếu. Cấu kiện chế tạo bằng bê tông cốt thép cường độ cao, chế tạo hoàn chỉnh trong nhà máy và thi công lắp ghép nên đảm bảo chất lượng, giảm thời gian thi công.

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”. Tuyển 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] A.Kortenhaus, H.Oumeraci, N.W.H. Allsop; K.J. McConnell; P.H.A.J.M. Van gelder; P.J. Hewson; m.walkden; g. Müller; m. Calabrese; d. Vicinanza (2001). Wave Impact Loads – Pressures and forces. EM_1110-2-1100. Chapter 5.1 P1-P35.
 - [4] Arkal vital Hegde, L.Ravikiran (2013). Wave-structure interaction for submerged quarter-circle breakwater of different radii-reflection characteristics. World academy of science, engineering and technology international journal of mechanical and mechatronics engineering. Vol:7, No:7.
 - [5] Goda, Y., 1974. New wave pressure formulae for composite breakwater. Copenhagen, ASCE, pp. 282 1702-1720
 - [6] Minikin, R.R., Breaking waves: A comment on the Genoa Breakwater, Dock and Harbour Authority, London, 1955, pp. 164-165
 - [7] Minikin, R.R., Winds, Waves and Maritime Structures: Studies in Harbour Making and in the Protection of Coasts, 2nd rev. ed., Griffin, London, 1963, 294 pp.
 - [8] Tanimoto, Namerikawa, Ishimaru and Sekimoto, 1989, A hydraulic experiment study of semi-circular Caisson breakwaters, Report of The Port And Harbour Research Institute, Vol: 28, No.2
 - [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
 - [10] Hanbin Gu, Xuelian Jiang, 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, pp.21-25
 - [11] Xe-LianJiang, Qing-Ping Zou, Na Zhang (2017). Wave load on submerged quarter-circular and semicircular breakwaters under irregular waves. Coastal Engineering 121 (2017) 265–277
 - [12] JIANG Xue-lian, ZOU Qing-ping, SONG Ji-ning (2017). Peak Dynamic Pressure on Semi- and Quarter-Circular Breakwaters Under Wave Troughs. China Ocean Eng., 2017, Vol. 31, No. 2, P. 151–159