

NGHIÊN CỨU SÓNG TRÀN VÀ TƯƠNG TÁC SÓNG Ở MẶT CẮT ĐÊ BIỂN CÓ KẾT CẤU TIÊU SÓNG TRỤ Rỗng TẠI ĐỈNH BẰNG MÔ HÌNH VẬT LÝ

Trần Văn Thái, Phan Đình Tuấn

Viện Thủy công

Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu trên mô hình vật lý mặt cắt đê biển có kết cấu tiêu sóng trụ rỗng tại đỉnh ($1/4HTR$) bằng bê tông cốt thép cường độ cao trong điều kiện sóng, mực nước tại Hải Phòng - Việt Nam. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đã tìm ra được hệ số chiết giảm sóng $g_r = 0,48-0,56$ tương đương với đá đổ 2 lớp. Sử dụng g_r để tính toán lưu lượng sóng tràn khi thiết kế.

Từ khóa: Kết cấu tiêu sóng hình trụ rỗng; tiêu giảm sóng; sóng tràn; phản xạ; $1/4HTR$

Summary: This paper presents the study on the physical model of the sea dike cross-section with the wave dissipation hollow cylinder at the top of the dike ($1/4HTR$) in wave and water conditions in Hai Phong - Vietnam. Experimental research results have found the wave reduction factor g_r is equivalent to 2-layer pouring stone. Coefficient g_r is used to calculate the overtopping flow when designing.

Keywords: hollow cylinder; Dissipation of Wave; wave reduction; overtopping flow; $1/4HTR$

1. GIỚI THIỆU

Mặt cắt đê biển có kết cấu tiêu sóng ($1/4HTR$) trên đỉnh là mặt cắt được đề xuất bởi TS Trần Văn Thái và nhóm nghiên cứu mũi nhọn bảo vệ bờ biển của Viện Thủy Công, mặt cắt có cấu tạo như hình 1. Mặt cắt này có một số ưu điểm sau:

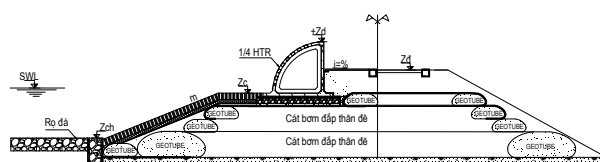
- Thay thế tường đỉnh bằng kết cấu tiêu sóng ($1/4HTR$) nên giảm sóng phản xạ, giảm sóng leo, giảm lực tác động lên tường, giảm lực tác động lên mái nên giảm được gia cố mái, mặt cắt nhỏ nhẹ phù hợp nền đất yếu.

- Giá thành đê biển giảm 30% so với kết cấu truyền thống.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sóng tràn và hệ số triệt giảm sóng của mặt cắt đê biển ở hình 1.

Cấu kiện ($1/4HTR$) được (Tanimoto, 1994) [[10]], [10] đề xuất với mục tiêu giảm sóng xa bờ. Bố trí mặt cắt đê biển có cấu kiện ($1/4HTR$)

với mục tiêu giảm sóng ngay trên đỉnh đê biển là cải tiến quan trọng trong điều kiện khan hiếm đất đắp đê đặc biệt là đê lấn biển trên nền đất yếu. Bài báo sẽ đi sâu vào phân tích kết quả thí nghiệm sóng tràn và tương tác sóng với công trình trên mô hình vật lý.



Hình 1: Mặt cắt đê biển có kết cấu tiêu sóng hình trụ rỗng trên đỉnh

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ SỐ LIỆU

2.1. 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 sông biển - Viện

Ngày nhận bài: 08/5/2019

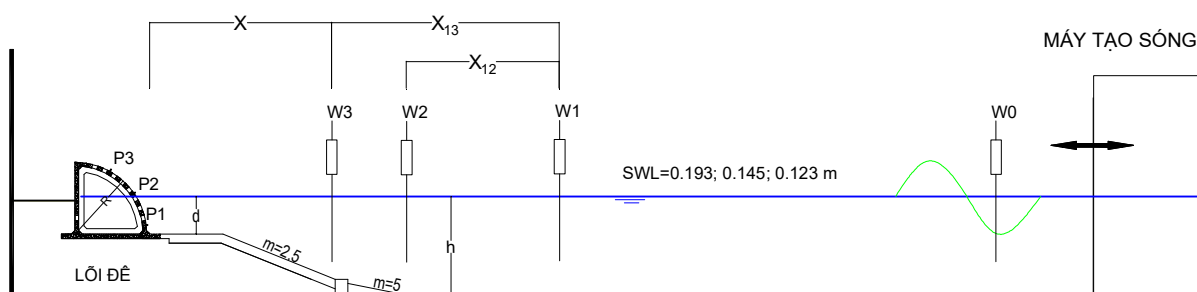
Ngày thông qua phản biện: 06/6/2019

Ngày duyệt đăng: 11/6/2019

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 $T_p=0,5\text{s} \div 5,0\text{s}$.

Công trình được mô phỏng trên mô hình vật lý chính thái và tương tự theo tiêu chuẩn Froude,

tương tự nhám theo tiêu chuẩn Reynold. 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 3.



W_0, W_1, W_2, W_3 là các đầu đo sóng

P_1, P_2, P_3 là các đầu đo áp lực

X, X_{12}, X_{13} là khoảng cách các đầu đo

d là độ sâu nước tại chân kết cấu

h độ sâu nước tại chân công trình

Hình 2: Sơ đồ bố trí thí nghiệm mặt cắt đề có cấu kiện tiêu sóng tại đỉnh



Hình 3: Thí nghiệm mô hình thủy lực mặt cắt đề có tiêu sóng hình trụ rỗng trên đỉnh

2.2. 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 $1,95\text{s}$, 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 $0,118\text{m}$.

Trong mô hình vật lý thời gian của mỗi một

phương án thí nghiệm được lấy ít nhất 1000. T_p (1000 chu kỳ của 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*

Irribaren hay còn gọi là chỉ số tương tự sóng vỡ ζ . Chỉ số *Irribaren* là thước đo độ dốc tương đối giữa mái đê so với sóng:

$$\zeta = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{S_m}} \quad (1)$$

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

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

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). Trên mô hình, đã thực hiện 7 phương án thí nghiệm tương ứng với các trường hợp sóng, mực nước như Bảng 1.

Bảng 1 : Điều kiện thí nghiệm mô hình trong máng sóng

Điều kiện mặt cắt			Điều kiện biên		
Hình dạng	Thông số kết cấu	Độ dốc mái nghiêng tana	Chiều cao sóng H_s (m)	Chu kỳ sóng T_p (s)	Độ sâu nước d (m)
Đê mái nghiêng có (1/4HTR) tại đỉnh	$h_t = 0,2m$ $B_t = 0,18m$ $\varepsilon = 12\%$	0,4	0,05	1,8	0,245
			0,10	1,9	0,268
			0,15	2,0	0,316

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Sự ảnh hưởng (1/4HTR) tới sóng tràn

Kết quả thí nghiệm đo lưu lượng tràn

PA	H_{mo} (m)	S_0	tana	x_{0m}	q (l/s.m)	Sóng
1	0,15	0,025	0,374	1,70	0,11	vỡ
2	0,11	0,018	0,367	1,98	0,04	vỡ
3	0,05	0,009	0,352	2,68	0	không vỡ
4	0,14	0,027	0,446	1,94	0,03	vỡ
5	0,10	0,02	0,458	2,34	0,01	không vỡ
6	0,06	0,011	0,437	2,73	0	không vỡ
7	0,05	0,011	0,508	3,24	0	không vỡ

Theo TAW (2002) lưu lượng sóng tràn được xác định bằng các công thức sau:

$$\gamma_b \cdot \xi_{om} \leq 2,0 : \quad \frac{q}{\sqrt{g \cdot H_s^3}} = \frac{0,067}{\sqrt{\tan \alpha}} \gamma_b \xi_o \cdot \exp \left(-4,3 \frac{R_{cp}}{H_s} \cdot \frac{1}{\xi_o \gamma_b \gamma_f \gamma_\beta \gamma_v} \right) \quad (3)$$

$$2,0 < \gamma_b \cdot \xi_{om} \leq 7,0 : \quad \frac{q}{\sqrt{g \cdot H_s^3}} = 0,2 \cdot \exp \left(-2,3 \frac{R_{cp}}{H_s} \cdot \frac{1}{\gamma_f \gamma_\beta} \right) \quad (4)$$

$$\xi_{om} > 7,0 : \quad \frac{q}{\sqrt{g \cdot H_s^3}} = 0,21 \cdot \exp \left(\frac{R_{cp}}{\gamma_f \gamma_\beta H_s (0,33 + 0,022 \xi_o)} \right) \quad (5)$$

Trong đó:

q : lưu lượng sóng tràn trung bình m^3/s trên 1m dài đê.

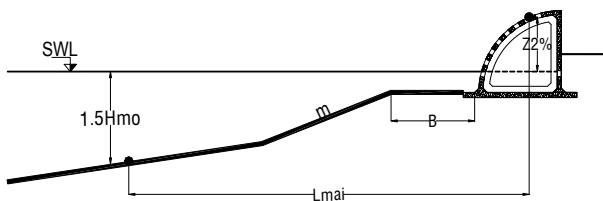
g : Gia tốc trọng trường

H_s : Chiều cao sóng đến chân công trình

R_c : Chiều cao từ mực nước tính toán đến đỉnh đê.

α : Góc nghiêng trung bình xác định như hình 4

$$\tan \alpha = (1.5H_{m0} + Z_{2\%}) / (L_{mai} - B)$$



Hình 4: Xác định góc nghiêng mái dốc trung bình (TAW 2002)

Các đại lượng không thứ nguyên sau đây đã được sử dụng để vẽ các đồ thị sóng tràn

Trường hợp sóng vỡ:

Trục tung: lưu lượng tràn phi thứ nguyên

$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}} \sqrt{\frac{S_0}{\tan \alpha}}$$

Trục hoành: độ lưu không của đỉnh đê phi thứ nguyên

$$\frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\xi_{0m}} \frac{1}{\gamma_f}$$

Trường hợp sóng không vỡ:

Trục tung: lưu lượng tràn phi thứ nguyên

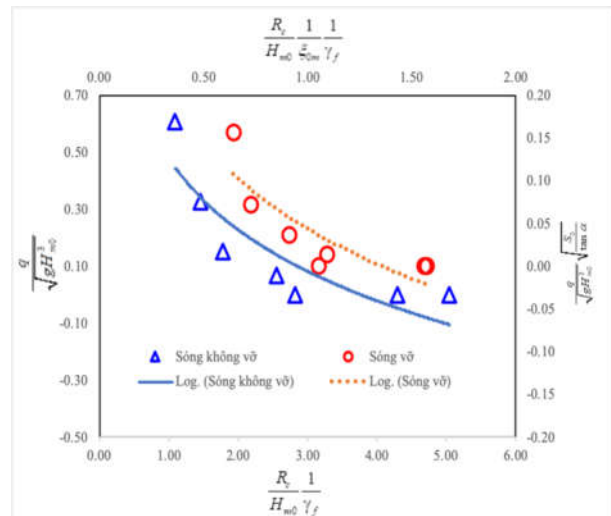
$$\frac{q}{\sqrt{gH_{m0}^3}}$$

Trục hoành: độ lưu không của đỉnh đê phi thứ nguyên

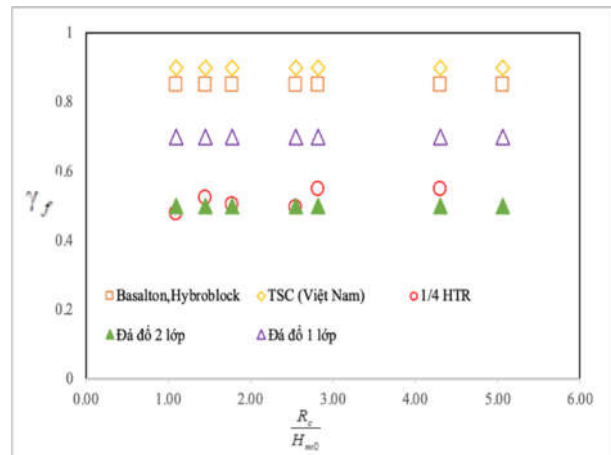
$$\frac{R_c}{H_{m0}} \frac{1}{\gamma_f}$$

Dựa trên tương quan các tham số sóng với lưu lượng tràn và hệ số chiết giảm sóng tràn g_f . Sử dụng công thức 3, 4 tính lưu lượng tràn. Một hệ số chiết giảm sóng tràn kinh nghiệm cho

$1/4HTR$ đã được xác định. So sánh nghiên cứu trước đây đã được công bố về hệ số g_f trong TAW (2002). Kết quả cho thấy $1/4HTR$ có khả năng chiết giảm sóng tràn tốt tương đương với bảo vệ đá đổ 2 lớp.



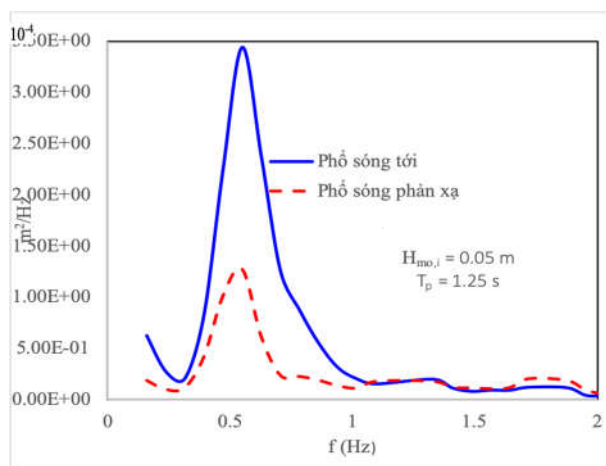
Hình 5: Sóng tràn qua đê có $1/4HTR$ tại đỉnh, sóng vỡ và không vỡ ứng với chu kỳ $T_{m-1,0}$



Hình 6: Quan hệ độ lưu không tương đối và hệ số chiết giảm sóng tràn

Sự ảnh hưởng kết cấu tới sóng phản xạ

Việc tách miền tần số xử lý các bản ghi đồng thời từ một số máy đo sóng vì nó giải quyết các phương trình tương quan theo phương pháp bình phương tối thiểu. Phương pháp cơ bản được mô tả bởi Mansard & Funke (1980, 1987) và được mở rộng bởi Zelt & Skjelbreia (1992)



Hình 7: Biến đổi phổ sóng tới và sóng phản xạ trong quan trắc mô hình vật lý

Qua hình 5 phổ sóng tới và sóng phản xạ trường hợp sóng tới $H_{mo} = 0,05$ m, $T_p = 1,25$ s, năng lượng sóng lớn nhất tập trung chủ yếu ở dải phổ có tần số 0.4Hz đến 0.8Hz. Phổ sóng phản xạ có dạng dẹt, năng lượng đỉnh phổ lớn nhất đã giảm chưa bằng 1/3 phổ sóng tới. Theo Thompson et al (1996), hệ số phản xạ cho kết cấu đá đổ mái nghiêng giảm từ 30-50% như vậy 1/4HTR có khả năng giảm sóng tương đương đá đổ mái nghiêng. Hình 8 thí nghiệm sóng tới sóng và hình 9 sóng rút cho thấy khả năng tiêu giảm sóng của loại cấu kiện này.



Hình 8: Sóng tới



Hình 9: Sóng rút

Lực tác động lên cấu kiện 1/4HTR, theo [2]: Tải trọng sóng tác dụng lên cấu kiện tiêu sóng hình trụ rỗng 1/4HTR 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 1/4HTR chỉ bằng khoảng 14%-45% so với lực tác động lên tường đứng theo Minikin (1955, 1963).

4. KẾT LUẬN

Mặt cắt đê biển có kết cấu tiêu sóng hình trụ rỗng đặt tại đỉnh đê (1/4HTR) là mặt cắt được TS Trần Văn Thái đề xuất áp dụng để xây dựng các đê lấn biển trên nền đất yếu, có thể thay thế cho một số đê có mái nghiêng và tường chắn sóng dạng thẳng đứng để giảm sóng phản xạ, giảm sóng leo, giảm lực tác động lên tường, giảm lực tác động lên mái nên giảm được gia cố mái, mặt cắt nhỏ nhẹ phù hợp nền đất yếu. Kết quả nghiên cứu trong phòng thí nghiệm đã cho thấy hệ số chiết giảm sóng $g_f \sim 0,48-0,56$ và hệ số sóng phản xạ tương đương giải pháp 2 lớp đá

đồ mái nghiêng truyền thống.

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 rồng 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] Trần Văn Thái, Nguyễn Hải Hà, Nguyễn Thanh Tâm, Tải trọng sóng tác dụng lên cấu kiện đê trụ rồng tại đỉnh đê theo lý thuyết và thực nghiệm, Tạp chí khoa học và công nghệ Thủy lợi số T7/2018.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Goda, Y., 1974. New wave pressure formulae for composite breakwater. Copenhagen, ASCE, pp. 282 1702-1720
- [7] Minikin, R.R., Breaking waves: A comment on the Genoa Breakwater, Dock and Harbour Authority, London, 1955, pp. 164-165
- [8] 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.
- [9] 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
- [10] 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
- [11] 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
- [12] 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
- [13] 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

- [14] CEM-US, 2002. Coastal Engineering Manual, U.S. Army Corps of Engineers, Engineer Manual 1110-2 1100, Washington D.C., USA.
- [15] EurOtop, 2007. Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual, Environment Agency UK/Expertise Netwerk Waterkeren NL/Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen DE.
- [16] TAW, 2002. Technical report wave run-up and wave overtopping at dikes, Technical Advisory Committee on Flood Defence, The Netherlands.
- [17] Van Gent, M.R.A., 2001. Wave runup on dikes with shallow foreshores. J. Waterw. Port Coastal Ocean Eng., ASCE, 127, 5, pp. 254-262.
- [18] Thompson, Laurence C. and Thompson, M. Terry and Egesdal, Steven M. 1996. Sketch of Thompson, a Salish Language. In Goddard, Ives (ed.), Handbook of American Indians. Volume 17: Languages, 609-643. Washington: Smithsonian Institute.