

NGHIÊN CỨU SÓNG TRẦN VÀ ÁP LỰC SÓNG TÁC ĐỘNG LÊN TƯỜNG BIÊN CÓ MŨI HẮT SÓNG BẰNG MÔ HÌNH MÁNG SÓNG SỐ

Lê Đức Dũng

Viện Nghiên cứu Biển và Hải đảo

Trần Thanh Tùng

Trung tâm Kỹ thuật Biển và Phát triển Cảng

Nguyễn Quang Chiến

Khoa Kỹ thuật Biển

Tóm tắt: *Máng sóng số là công cụ rất hữu ích phục vụ nghiên cứu quá trình biến dạng sóng ở vùng ven bờ, tương tác sóng với công trình và thiết kế các công trình chắn sóng, bảo vệ bờ. Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu sóng trần và áp lực sóng tác động lên các dạng tường biển có mũi hắt sóng khác nhau và hiệu quả giảm sóng trần và áp lực sóng tác động lên các loại tường biển này. Mô hình máng sóng số được kiểm định bằng bộ số liệu thí nghiệm sóng trần và áp lực sóng trên mô hình vật lý máng sóng tại Trường Đại học Thủy lợi để đảm bảo độ tin cậy và tính chính xác của mô hình. Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình máng sóng số (MSS) đảm bảo độ chính xác và tin cậy cần thiết, thời gian tính toán nhanh và tiết kiệm kinh phí hơn so với phương pháp thí nghiệm trên mô hình vật lý.*

Từ khóa: *mô hình máng sóng số, sóng trần, áp lực sóng, tường định.*

Summary: *Numerical wave flumes are very useful tools to help investigate the wave deformation process nearshore, wave-structure interaction as well as design wave barrier and shore protection structures. This paper presents study results on wave overtopping and wave force on various types of wave-return seawalls, with the capability of reducing overtopping and wave forces on these wall types. The numerical wave flume MSS-2D has been verified with the data set of wave overtopping and wave force, measured in the scale model of Thuyloi University wave flume, to ensure the credibility and accuracy of the numerical model. The result shows that the numerical wave flume MSS-2D is enough accurate and reliable, with fast calculation time and more cost-effective compared to the physical modelling method.*

Keyword: *numerical wave flume, wave overtopping, wave pressure, wave-return seawall*

1. MỞ ĐẦU

Tính toán mô phỏng biến dạng sóng ở vùng ven bờ và tương tác sóng với công trình biển là vấn đề khó và có ý nghĩa thực tiễn cao, giúp thiết kế và lựa chọn kết cấu và dạng mặt cắt ngang (MCN) phù hợp cho các công trình biển

nổi chung và cho các tường biển nổi riêng. Nghiên cứu đánh giá định lượng sóng trần và áp lực sóng tác động lên tường biển có mũi hắt là cơ sở quan trọng để lựa chọn các dạng MCN phù hợp cho từng khu vực.

Việt Nam có đường bờ biển dài hơn 3260 km, tập trung nhiều thành phố, khu đô thị, khu du lịch nghỉ dưỡng ven biển. Hầu hết các thành phố, khu đô thị, các khu du lịch ven biển ở

Ngày nhận bài: 01/10/2019

Ngày thông qua phản biện: 15/10/2019

Ngày duyệt đăng: 16/10/2019

Việt Nam đều đang áp dụng giải pháp tường biển để bảo vệ dải ven bờ. Số lượng và quy mô của các tường biển này là khá lớn, nhưng do được xây dựng qua nhiều thời kỳ và do hạn chế về kỹ thuật, lại xây dựng tại vùng thường xuyên chịu tác động của sóng, bão nên tường biển thường xuyên bị hư hỏng, gây ảnh hưởng đáng kể tới công đồng dân cư ven biển cũng như gây thiệt hại tới cơ sở hạ tầng của các khu đô thị, du lịch ven biển. Hàng năm, các địa phương phải đầu tư kinh phí rất lớn để sửa chữa, xây dựng lại những tường biển bị hư hỏng này.

Một ví dụ điển hình là khu du lịch Đồ Sơn thành phố Hải Phòng, tường biển đã được xây dựng từ khá lâu với kết cấu đơn giản. Ngay sát với tường là vỉa hè, đường giao thông và nhà cửa. Trong điều kiện triều cường hay có bão, gió mùa đông bắc mực nước dâng cao và sóng tác động mạnh lên tường tạo sóng bắn tóe cao bay qua tường gây nguy hiểm cho dân cư, phương tiện giao thông và các công trình xây dựng phía sau tường.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu sóng tràn và áp lực sóng tác động lên công trình

tường đê bằng mô hình máng sóng số (MSS). Mô hình MSS được thiết lập và kiểm định độ tin cậy với bộ số liệu đo đạc từ các thí nghiệm trên mạng sóng vật lý tại Trường Đại học Thủy lợi với các dạng mặt cắt ngang tường biển điển hình đã xây dựng ở Việt Nam và kịch bản sóng đại diện cho từng mùa ở dải bờ biển nước ta. Kết quả nghiên cứu trên mô hình MSS giúp làm sáng tỏ quá trình tương tác sóng với công trình, tương tác sóng với địa hình ở vùng ven bờ và giúp đề xuất lựa chọn các dạng mặt cắt ngang tường biển hợp lý cho mỗi vùng miền.

2. MÔ HÌNH MÁNG SÓNG SỐ

2.1 Các phương trình sử dụng trong mô hình máng sóng số

Mô hình MSS được xây dựng từ hệ phương trình Navier-Stokes cho chất lỏng không nén. Do việc xây dựng máng sóng chỉ quan tâm đến hai chiều: chiều theo phương truyền sóng (trục x) và chiều thẳng đứng (trục z) nên ở đây bỏ qua chiều vuông góc với phương truyền sóng để tiết kiệm thời gian tính toán cũng như tài nguyên bộ nhớ máy tính. Hệ phương trình 2 chiều được viết như sau:

- Phương trình liên tục

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial z} = q \quad (1)$$

- Phương trình bảo toàn động lượng trong hệ Navier-Stokes

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial uu}{\partial x} + \frac{\partial wu}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \nu_c \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu_c \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right\} - D_x u + g_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial uw}{\partial x} + \frac{\partial ww}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \nu_c \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \nu_c \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right\} - D_z w - g + g_z \quad (3)$$

Trong đó: t là thời gian, x và z là các tọa độ ngang và đứng; u , w là các thành phần vận tốc theo phương ngang và phương đứng; ρ là mật độ chất lỏng; p là áp suất; ν_c là hệ số nhớt động học (tổng của nhớt phân tử và nhớt rối); g là gia tốc trọng trường; q là số hạng nguồn; q_u , q_w là nguồn động lượng theo phương x và z

và D_x , D_z là các hệ số suy giảm năng lượng theo phương x và z .

Chi tiết về cơ sở thuật toán của mô hình MSS xem tại [3].

2.2 Cấu trúc mô hình máng sóng số

Để thuận tiện trong quá trình sử dụng mô

hình máng sóng số để tính toán, cấu trúc của mô hình được chia ra thành các các phần chính sau:

- Wave Channel Inputs: dùng để thiết lập kích thước máng sóng, các dạng công trình rỗng, công trình đặc trong máng sóng.

- Input Waves Condition: dùng để thiết lập các điều kiện về sóng để đưa vào tính toán, bao gồm: kiểu sóng (đều hay không đều), thời gian tính toán sóng, vị trí nguồn tạo sóng trong máng.

- Output Wave Gauges: dùng để thiết lập vị trí các đầu đo sóng, vị trí đo sóng tràn, kích thước miền xuất ra kết quả tính toán về vận tốc dòng chảy, áp suất sóng, dao động mặt nước.

- Save Wave Channel: dùng để lưu lại các thiết lập trong mô hình máng sóng

Run Experiment: chạy chương trình máng sóng với các điều kiện đã thiết lập.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Các kịch bản tính toán

Để tính toán sóng tràn và áp lực sóng tác động lên tường biển các mũi hắt, đánh giá hiệu quả làm việc của từng loại tường và đề xuất lựa

chọn được loại tường biển phù hợp với vùng miền, đề tài nghiên cứu mã số TD 145-17 đã xây dựng các kịch bản tính toán cho 4 loại tường biển điển hình ở Việt Nam với 3 kịch bản sóng, đại diện cho vùng miền và đại diện cho thời kỳ gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. Các dạng tường biển này bao gồm:

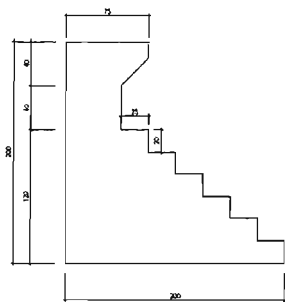
- Tường đứng đơn giản liền khối không có mô nhô và có mô nhô, đại diện cho các dạng tường biển đã xây dựng ở Bắc Bộ, ví dụ như tại Đồ Sơn, Hải Phòng

- Tường đứng hỗn hợp không có mô nhô và có mô nhô: đại diện cho các dạng tường biển đã xây dựng ở Bắc Trung Bộ, ví dụ như tại bãi biển Thiên Cẩm, Hà Tĩnh

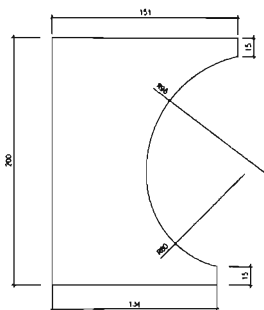
- Tường bậc thang không có mô nhô và có mô nhô: đại diện cho kiểu tường biển đã xây dựng tại bãi biển Cửa Tùng, Quảng Trị

- Tường mặt cong không có mô nhô và có mô nhô: đại diện cho kiểu tường biển đã xây dựng ở thành phố Nha Trang, Khánh Hòa.

Trong khuôn khổ của bài báo này, mô hình máng sóng số được thực hiện để tìm hiểu tương tác giữa sóng và hai loại tường: bậc thang và mặt cong.



Hình 1: Tường bậc thang có mô nhô



Hình 2: Tường mặt cong có mô nhô

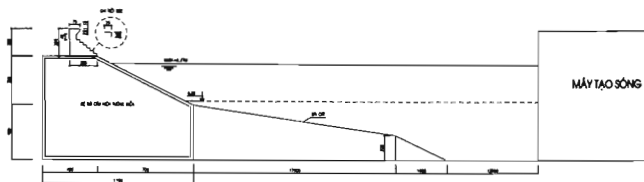
Điều kiện sóng: nghiên cứu đã lựa chọn 3 kích bản sóng đại diện cho 2 thời kỳ gió mùa đông bắc và thời kỳ gió mùa tây nam và cho khu vực bờ biển Nam Trung Bộ để mô phỏng.

a) Kích bản sóng 1: $H_s = 18$ cm và $T = 2$ s.

b) Kích bản sóng 2: $H_s = 17$ cm và $T = 1,6$ s.

c) Kích bản sóng 3: $H_s = 16$ cm và $T = 1,5$ s.

Máng sóng được thiết lập với kích thước tương tự như máng sóng tại Phòng thí nghiệm thủy lực tổng hợp của Trường Đại học Thủy lợi. Các kích thước chi tiết xem tại Hình 3.

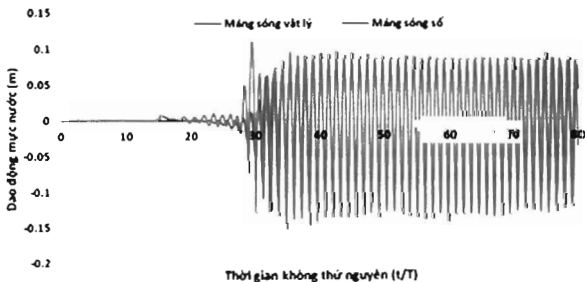


Hình 3: Kích thước máng sóng

3.2 Kết quả so sánh giữa thí nghiệm vật lý và máng sóng số

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình MSS, nghiên cứu đã tiến hành so sánh các kết quả mô phỏng trên mô hình MSS với các kết quả thí nghiệm trên mô hình vật lý máng sóng. Các thông số thiết lập cho mô hình MSS là tương tự như trong mô hình vật lý máng sóng,

bao gồm: kiểu tường đứng đơn giản liền khối không có mô nhô, độ sâu nước $d = 70$ cm, chiều cao sóng $H_s = 10$ cm, chu kỳ sóng $T = 1,2$ s. Tiến hành trích xuất chiều cao sóng trên mô hình MSS tại các vị trí đặt đầu đo sóng trong mô hình vật lý máng sóng để kiểm tra độ tin cậy của mô hình.



Hình 4: Kết quả so sánh dao động sóng tại đầu đo WG6

Hình 4 trình bày kết quả so sánh chiều cao sóng giữa mô hình MSS với mô hình vật lý tại vị trí đặt đầu đo sóng WG6 là đầu đo gần công trình nhất. Độ chính xác của kết quả tính toán từ mô hình so với số liệu thực đo được đánh giá bằng sai số trung bình quân phương (RMSE). Tại đầu đo WG6 là $RMSE = 0,008$ m; cho thấy dao động sóng giữa mô hình máng sóng số và mô hình vật lý khá tương đồng. Tại thời điểm ban đầu có một số sự sai khác đáng kể, nguyên nhân là do phương pháp phát sinh sóng tăng dần giữa thí nghiệm vật lý và mô hình máng sóng số có sự khác nhau. Tuy nhiên, sau khi ổn định thì dao động sóng giữa mô hình vật lý và mô hình máng sóng số tương đồng về độ cao và pha. Như vậy kết quả này cho phép sử dụng mô hình máng sóng số để nghiên cứu và tính toán cho các kịch bản khác nhau.

3.3 Kết quả tính toán sóng tràn trên mô hình MSS

Trên cơ sở các kịch bản thiết lập về điều kiện dạng tường đỉnh, điều kiện sóng và điều kiện về máng sóng, tiến hành tính toán và đưa các kết quả về lượng sóng tràn và áp lực sóng tác động lên công trình. Trong ba kịch bản tính toán đã nêu ở mục 3.1, chỉ có kịch bản sóng 1: $H_s = 18$ cm và $T = 2$ s là cho kết quả có sự xuất hiện sóng tràn nên bài báo sẽ tập trung trình bày và đánh giá các kết quả của kịch bản này.

Với kiểu tường bậc thang có mô nhô và không có mô nhô quá trình lan truyền sóng không có sự khác khi đi qua công trình dẫn đến lưu lượng tràn qua công trình không chênh lệch nhiều giữa hai loại tường.

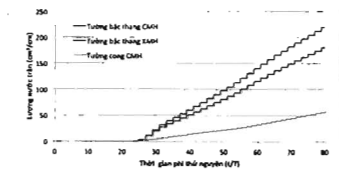
Với kiểu tường mặt cong có mô nhô và không có mô nhô, quá trình lan truyền sóng qua công trình có sự khác biệt khá lớn. Khi sóng truyền đến công trình tường cong có mô nhô sóng sẽ bị hắt lại, làm cho lượng sóng tràn

qua công trình khá nhỏ, trong khi với công trình tường cong không có mô nhô sóng truyền đến công trình và tiếp tục vượt qua công trình làm cho lưu lượng tràn với dạng công trình này khá lớn.

Kết quả tính toán lượng sóng tràn đối với trường hợp tường bậc thang và tường cong có mũi hắt và không có mũi hắt được thể hiện ở Bảng 1 và Hình 5.

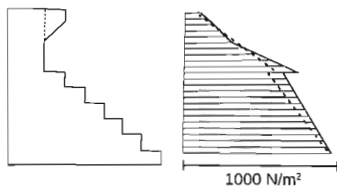
Bảng 1: Lưu lượng tràn trung bình theo thời gian

TT	Công trình	Lưu lượng tràn trung bình ($\text{cm}^3/\text{cm/s}$)
1	Tường bậc thang có mũi hắt	3,00
2	Tường bậc thang không có mũi hắt	3,60
3	Tường cong có mũi hắt	0,83



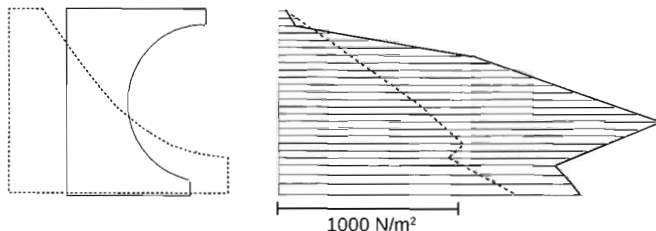
Hình 5: Quá trình lưu lượng tràn theo thời gian

Kết quả tính toán áp lực sóng tác động lên công trình đối với trường hợp tường bậc thang có mũi hắt và không có mũi hắt được thể hiện ở Hình 6; đối với trường hợp tường cong có mũi hắt và không có mũi hắt – được thể hiện ở Hình 7.



Hình 6: Biểu đồ phân bố áp suất sóng lên tường bậc thang

Đường liền nét: tường có mũi hắt;
đường đứt nét: tường không mũi hắt



Hình 7: Biểu đồ phân bố áp suất sóng lên tường cong.

Đường liền nét: tường có mũi hắt; đường đứt nét: tường không mũi hắt

Trên cơ sở kết quả tính toán sóng tràn và áp lực sóng tác động lên các dạng tường đỉnh có thể thấy rằng:

Lượng sóng tràn trong trường hợp tường đỉnh có mũi hắt nhỏ hơn so với tường đỉnh không có mũi hắt.

- Sóng có tác động mạnh nhất đến phần chân của tường đỉnh trong cả hai trường hợp có và không có mũi hắt. Áp lực sóng trong trường hợp tường đỉnh có mũi hắt lớn hơn so với tường đỉnh không có mũi hắt.

- Trong 4 dạng tường đỉnh thì tường đỉnh mặt cong có mũi hắt là loại tường có khả năng giảm sóng tràn hiệu quả nhất, thời điểm bắt đầu tràn cũng muộn hơn so với các dạng công trình còn lại.

6. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu 4 dạng tường biển có kết cấu mũi hắt khác nhau cho thấy sóng tràn và áp lực sóng lên tường biển mặt cong có mũi hắt có hiệu quả giảm sóng tràn lớn nhất tuy nhiên áp lực sóng tác động lên dạng công trình này lại là lớn nhất. Do đó, việc lựa chọn loại công trình cho phù hợp với từng khu vực cần phải xem xét cả hai khía cạnh là khả năng giảm sóng và khả năng chịu áp lực. Việc sử dụng mô hình máng sóng số để nghiên cứu, tính toán sóng tương tác công trình đặc biệt là sóng tràn và áp lực sóng tác động lên công trình đã cho kết quả tương đối chính xác so với mô hình vật lý. Như vậy mô hình máng sóng số cho phép các nhà nghiên cứu đưa ra được các đánh giá một cách nhanh chóng, hiệu quả và tiết kiệm về kinh phí cũng như thời gian hơn so với các phương pháp khác.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự hỗ trợ của Đề tài khoa học và công nghệ “Nghiên cứu chế tạo cấu kiện tường biển có mũi hắt sóng phục

vụ xây dựng công trình bảo vệ bờ đảo và bờ các khu đô thị và khu du lịch ven biển”, Mã số TĐ145-17.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Sakakiyama T., Kajima R., 1992. Numerical simulation of nonlinear waves interacting with permeable breakwaters. Proc. 23rd Int. Conf, Coastal Eng, ASCE, 1992, pp. 1, 517-1,530.
- [2] TAW, 2002. Technical Report Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes. Technical Advisory Committee on Flood Defenses. Delft, the Netherlands, 2002. pp.1-50.
- [3] Phùng Đăng Hiếu, nnk, 2013. Ứng dụng mảng sóng số nghiên cứu sóng tương tác với đê chắn sóng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Biển, tập 13, Số 3, 2013: 227-233, ISSN: 1859-3097.