

ỨNG DỤNG MÁNG SÓNG SỐ NGHIÊN CỨU SÓNG TƯƠNG TÁC VỚI ĐÊ CHẮN SÓNG

Phùng Đăng Hiếu^{1*}, Phan Ngọc Vinh², Nguyễn Văn Tài³, Dư Văn Toán¹,
Nguyễn Tân Đước¹, Nguyễn Thanh Hùng⁴

¹Viện Nghiên cứu quản lý biển và Hải đảo

125 Trung Kính, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

*E-mail: phunghieujp@gmail.com

²Viện Cơ học-Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

264 Đội Cấn, Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam

³Khoa Kỹ thuật biển-Đại học Thủy lợi

175 Tây Sơn, Đống Đa, Hà Nội, Việt Nam

⁴Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực sóng biển-Viện Khoa học Thủy lợi

Ngày nhận bài: 19-12-2012

TÓM TẮT: Bài báo trình bày các kết quả ứng dụng máng sóng số vào thí nghiệm sóng tương tác với đê chắn sóng hỗn hợp. Trước tiên, khái niệm về máng sóng số và cơ sở khoa học xây dựng máng sóng số được trình bày. Sau đó, các điều kiện thí nghiệm số kết hợp với thí nghiệm vật lý về sóng tương tác với đê chắn sóng được trình bày. Các kết quả của thí nghiệm vật lý, thí nghiệm số được phân tích, so sánh nhằm khẳng định tính đúng đắn của mô phỏng số và làm cơ sở cho những phân tích chi tiết khi sử dụng kết quả số để nghiên cứu tương tác sóng với đê chắn sóng hỗn hợp. Kết quả nghiên cứu cho thấy, máng sóng số có khả năng thực hiện các thí nghiệm số với các trường hợp sóng phi tuyến cao bao gồm cả sóng đổ và sóng tràn qua công trình. Các kết quả so sánh giữa thí nghiệm số và thí nghiệm vật lý cho thấy sự phù hợp tốt. Nghiên cứu cũng cho thấy bức tranh cấu trúc dòng chảy phức tạp trong chuyển động sóng và đặc biệt tại khu vực lân cận điểm sóng đổ. Sóng tràn có tính phi tuyến cao và ngay bản thân các thí nghiệm vật lý ở cùng điều kiện thí nghiệm cũng cho những kết quả phân tán nhất định.

Từ khóa: Sóng tràn, Đê chắn sóng, Thí nghiệm số, Thí nghiệm vật lý.

GIỚI THIỆU

Đê chắn sóng là một trong những giải pháp nhân tạo hữu ích thường được sử dụng để bảo vệ vùng bờ hoặc cảng biển khỏi sự tấn công của sóng lớn tới từ ngoài khơi [4, 6]. Thông thường trước khi công trình đê chắn sóng được đưa vào xây dựng, các kỹ sư thiết kế cần thiết tính toán kỹ lưỡng không chỉ kết cấu ổn định của đê chống chịu được sóng mà còn thiết kế cả hình dáng, cao độ đê sao cho hiệu quả nhất. Việc thiết kế đê chắn sóng thường thông

qua mẫu công trình lịch sử, các hướng dẫn trong tiêu chuẩn thiết kế và sự trợ giúp của các thí nghiệm vật lý trên mẫu thu nhỏ trong điều kiện phòng thí nghiệm [1]. Các thí nghiệm vật lý trên máng sóng thường rất tốn kém do chi phí điện nước, vật liệu xây đê và công lao động vất vả của người thực hiện thí nghiệm. Chính vì vậy, trong những năm gần đây, với sự trợ giúp của công cụ máy tính có tốc độ cao và phương pháp tính toán hiện đại, ở các nước tiên tiến đã xây dựng các phần mềm cho phép mô phỏng thí nghiệm vật lý trên máy tính nhằm thực hiện

những thí nghiệm số trong những trường hợp có thể thay thế thí nghiệm vật lý và do đó tiết kiệm chi phí [3, 4]. Phần mềm máy tính có thể tổng quát hoá và thiết kế chuyên cho thí nghiệm sóng như trong máng sóng, được gọi là máng sóng số.

Trong nghiên cứu này, máng sóng số xây dựng trong đề tài nghiên cứu cơ bản do quỹ NAFOSTED tài trợ được sử dụng để thực hiện một số thí nghiệm số tương tác giữa sóng và đê chắn sóng mái nghiêng và kết hợp với số liệu thí nghiệm trên máng sóng thực nhằm kiểm chứng, khẳng định khả năng áp dụng của máng sóng số đã xây dựng. Các đại lượng sóng được sử dụng trong nghiên cứu đó là hệ số phản xạ sóng, phân bố độ cao sóng và lượng nước tràn qua đê chắn sóng. Chi tiết kết quả của nghiên cứu này được trình bày dưới đây.

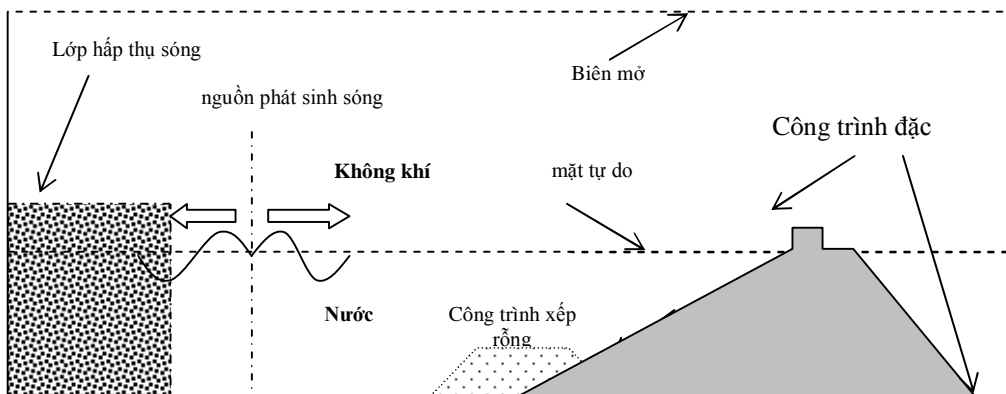
MÔ TẢ MÁNG SÓNG

Cấu trúc của máng sóng số

Máng sóng số được hiểu là phần mềm máy tính có khả năng thực hiện được các thí nghiệm sóng tương tự như thực hiện trên máng sóng thực. Đa số các công trình chắn sóng được xây dựng ở khu vực

nước không sâu lắm và gần bờ, do đó máng sóng số cần thiết phải thực hiện được đầy đủ các thí nghiệm về sóng trong vùng nước nông bao gồm cả các quá trình sóng phức tạp như sóng đồ, sóng leo, sóng tràn và tương tác sóng phi tuyến với công trình. Hơn nữa, việc thí nghiệm sóng cần có sóng phát sinh trong máng với điều kiện sóng bất kỳ theo yêu cầu thí nghiệm, do đó, máng sóng số cũng cần có bộ phận tạo sóng tương tự như máng sóng vật lý.

Để đảm bảo thí nghiệm sóng tương tự như điều kiện thực tế thì bộ phận tạo sóng phải đảm bảo không làm phản xạ sóng thứ cấp tức là phải hấp thụ được sóng phản xạ từ phía công trình thí nghiệm và không cho sóng phản xạ này quay trở lại phía công trình. Điều này đòi hỏi phải xây dựng được biên tạo sóng không phản xạ trong máng sóng số (nếu tạo được biên tạo sóng như vậy sẽ là điểm cải tiến của máng sóng số so với máng sóng vật lý có băng tạo sóng). Máng sóng số đã xây dựng trong đề tài 105.12-2010.08 đã đáp ứng được những điểm nêu trên. Dưới đây là sơ đồ cấu trúc của máng sóng số (xem hình 1).



Hình 1. Sơ đồ cấu trúc máng sóng số

Các phương trình cơ bản sử dụng

Tính toán mô phỏng sóng trong vùng ven bờ, sóng đồ và tương tác sóng với công trình biển là vấn đề rất khó và có ý nghĩa thực tiễn cao phục vụ cho việc ước lượng, đánh giá được các tác động của sóng, hiểu được những tác động hữu hiệu của công trình trong việc chắn sóng bảo vệ bờ cũng như đánh giá được chức năng của công trình tương tác với sóng. Thường thì sóng tương tác với công trình trong khu vực ven bờ liên quan đến rất nhiều quá

trình thủy động lực phức tạp như sóng đồ, rỏi, sóng leo, sóng tràn và tương tác phi tuyến giữa sóng với sóng. Chính vì vậy, để mô phỏng được sóng tương tác với công trình, cần thiết phải xuất phát từ hệ phương trình đủ mạnh và ít giả thiết giới hạn nhất và đảm bảo mô phỏng được tốt các quá trình nêu trên [2, 3].

Do việc xây dựng máng sóng chỉ quan tâm đến hai chiều (chiều theo hướng truyền sóng và chiều thẳng đứng), 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. Trên thực tế, các máng thí nghiệm vật lý cũng có tính đồng nhất theo phương vuông góc với phương truyền sóng và các nghiên cứu chủ yếu theo các điều kiện bất lợi nhất, đó là khi sóng tới trực diện với công trình. Do đó, chúng ta chỉ quan tâm đến hai chiều ox và oz , bỏ qua chiều oy .

Hệ phương trình mô tả được tương tác sóng với môi trường xốp được quan tâm sử dụng để xây dựng mô hình toán. Dựa trên hệ phương trình Navier-Stokes, Sakakiyama và Kajima đã phát triển một hệ phương trình mở rộng cho dòng chảy không ổn định trong môi trường rỗng, trong đó lực cản do môi

trường xốp được mô hình hoá thông qua lực kéo và lực quán tính gia tăng do sức cản trong lớp xốp. Hệ phương trình đề xuất của Sakakiyama và Kajima [5] dưới dạng 2D như sau:

Hệ phương trình 2D mở rộng cho môi trường xốp (theo chiều đứng và chiều ngang)

Phương trình liên tục

$$\frac{\partial \gamma_x u}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_z w}{\partial z} = q \gamma_v \quad (2.1)$$

Phương trình bảo toàn động lượng trong hệ Navier-Stokes (theo phương x và z):

$$\lambda_v \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial \lambda_x u u}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_z w u}{\partial z} = -\frac{\gamma_v}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \gamma_x v_e \left(2 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z v_e \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial x} \right) \right\} - D_x u - R_x + q_u \quad (2.2)$$

$$\lambda_v \frac{\partial w}{\partial t} + \frac{\partial \lambda_x u w}{\partial x} + \frac{\partial \lambda_z w w}{\partial z} = -\frac{\gamma_v}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left\{ \gamma_x v_e \left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \right) \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z v_e \left(2 \frac{\partial w}{\partial z} \right) \right\} - D_z w - R_z - \gamma_v g + q_w \quad (2.3)$$

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; v_e là hệ số nhớt động học (tổng của nhớt phân tử và nhớt rối); g là gia tốc trọng trường; q là nguồn khối lượng; q_u , q_w là nguồn động lượng theo phương x và z . γ_v là độ xốp; γ_x , γ_z là thành phần độ xốp đại diện chiếu lên các mặt vuông góc với các trục x và z .

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

R_x , R_z : Hệ số kéo (cản) do lực cản tác động của môi trường xốp gây ra.

λ_v , λ_x , λ_z được xác định từ các tham số γ_v , γ_x , γ_z như sau:

$$\left. \begin{aligned} \lambda_v &= \gamma_v + (1 - \gamma_v) C_M \\ \lambda_x &= \gamma_x + (1 - \gamma_x) C_M \\ \lambda_z &= \gamma_z + (1 - \gamma_z) C_M \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

với C_M là hệ số quán tính.

Các lực cản R_x và R_z được xác định theo biểu thức sau:

$$R_x = \frac{1}{2} \frac{C_D}{\Delta x} (1 - \gamma_x) u \sqrt{u^2 + w^2} \quad (2.5)$$

$$R_z = \frac{1}{2} \frac{C_D}{\Delta z} (1 - \gamma_z) w \sqrt{u^2 + w^2} \quad (2.6)$$

Δx , Δz là kích thước lưới ngang và đứng của lưới trong môi trường xốp; C_D là hệ số kéo.

Điều kiện biên phi tuyến và phương pháp VOF

Biên mặt tự do phân cách nước và khí trong chuyển động sóng là dạng biên phi tuyến rất khó giải. Trong nghiên cứu này đã sử dụng phương pháp VOF (Volume Of Fluid) để giải quyết. Phương pháp VOF đưa ra một hàm F đánh dấu miền chất lỏng. Ý nghĩa vật lý của hàm F là phần thể tích của ô lưới được chiếm chỗ bởi nước. Các giá trị bằng 1 của hàm F tương ứng với ô lưới chứa đầy nước, giá trị 0 của hàm F có nghĩa ô lưới không chứa nước. Những ô lưới có giá trị của hàm F nằm trong khoảng từ 0 đến 1 phải chứa bề mặt phân cách nước - khí (hay mặt tự do). Như vậy, ở mỗi thời điểm nếu biết được phân bố đúng của hàm F ta có thể xác định được vị trí của mặt nước. Như thế, việc xác định bề mặt tự do tiến triển sẽ bao gồm hai bước:

Bước 1, mặt tự do được xấp xỉ bằng các đoạn thẳng trong ô lưới dựa vào thông tin của hàm VOF;

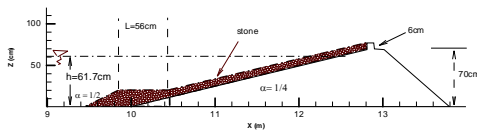
Bước 2, bề mặt tự do được tính lại hay tiến triển thông qua việc biến đổi của hàm VOF theo thời gian do tác động của trường vận tốc. Phương trình 2D của hàm VOF thoả mãn điều kiện biên động học và bảo toàn hàm VOF được xác định như sau:

$$\frac{\partial \gamma_v F}{\partial t} + \frac{\partial u \gamma_x F}{\partial x} + \frac{\partial w \gamma_z F}{\partial z} = qF \quad (2.7)$$

ở đây qF là nguồn phát sinh F nào đó.

Thiết lập thí nghiệm

Trong thí nghiệm số, điều kiện thí nghiệm được thiết lập tương tự như thí nghiệm vật lý trên máng sóng thực. Đối với thí nghiệm sóng tương tác với đê chắn sóng hỗn hợp ở đây, đê chắn sóng được xây trong máng sóng vật lý với mái đê trong thân đê làm bằng gỗ có độ dốc $\frac{1}{4}$ kéo từ đáy có độ sâu 0,617m lên đến độ cao 0,70m trên mặt nước tĩnh và nổi với tường đứng có đỉnh cao 0,143m trên mực nước tĩnh. Tại chân mái đê đổ lớp đá cục có kích thước 3×4 cm, mái đê lát đá dày 0,1m với đá cục kích thước 4×6 cm. Sóng đưa vào có chu kỳ $T_i = 1,6$ s độ cao $H_i = 0,173$ m. Thí nghiệm được thực hiện cho các con sóng tràn qua đê và đo lượng nước tràn của từng con sóng, và dao động mực nước tại điểm đo sóng tới được ghi lại để so sánh kiểm nghiệm mô hình số. Kích thước, cấu trúc đê cũng như điều kiện thí nghiệm được trình bày trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ thí nghiệm sóng tương tác với công trình

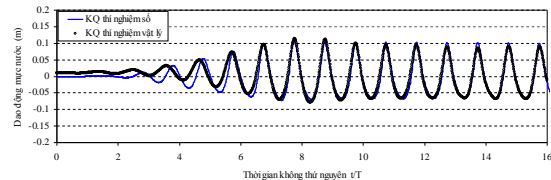
KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

So sánh thí nghiệm số với thí nghiệm vật lý

Thí nghiệm số trên máng sóng số được thiết đặt với điều kiện tương tự như đã thí nghiệm trong máng sóng vật lý (máng sóng thực). Trong thí nghiệm vật lý với điều kiện mô tả ở trên (hình 2) thì sóng đều đưa vào máy tính điều khiển máng sóng có chu kỳ 1,6 giây, độ cao 0,14m. Tuy nhiên, sau khi thực hiện thí nghiệm vật lý và đo kết quả dao động thực tế tại điểm đo sóng thì xác định được sóng sinh ra trong máng sóng có chu kỳ là $T = 1,6$ s nhưng độ cao sóng là 0,173m chứ không phải là 0,14m như đưa vào. Chính vì vậy, việc thí nghiệm số cũng phải

sử dụng sóng tới có độ cao tương tự như thí nghiệm vật lý để đảm bảo có điều kiện đầu vào tương tự.

Dao động mực nước do sóng tại hai điểm đo cách vị trí tường đỉnh đê là -6m được sử dụng để so sánh kết quả tính toán và thí nghiệm vật lý. Trên hình 3 trình bày so sánh dao động mực nước do sóng giữa thí nghiệm số và thí nghiệm vật lý.



Hình 3. So sánh dao động sóng đưa vào thí nghiệm

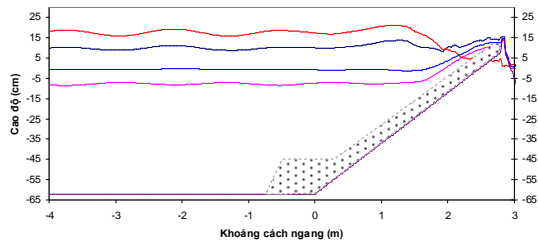
Kết quả giữa thí nghiệm vật lý và thí nghiệm số cho sóng tới khá tương tự. Tại thời điểm ban đầu khoảng 7 con sóng tới thì dao động sóng giữa thí nghiệm vật lý và thí nghiệm số có sự khác biệt đáng kể. Lý do là do phương pháp phát sinh sóng tăng dần khác nhau giữa máng sóng vật lý và máng sóng số nên cho kết quả dao động mực nước do sóng khác nhau. Tuy nhiên, sau đó khi sóng đưa vào đạt biên độ ổn định thì dao động mực nước trong thí nghiệm số và thí nghiệm vật lý khá phù hợp (hình 3). Kết quả này cho phép thực hiện những so sánh tiếp theo giữa kết quả thí nghiệm vật lý và thí nghiệm số cho đại lượng sóng tràn vì nếu đầu vào không giống nhau thì kết quả sóng tràn đương nhiên khác nhau. Từ hình 3 cũng cho thấy: ở thời điểm ban đầu mực nước trung bình trong thí nghiệm vật lý bị dâng lên so với mực nước tĩnh. Nguyên nhân do sự di chuyển về phía trước của băng tạo sóng ở thời điểm ban đầu đã tạo ra một sóng dài hơn chu kỳ sóng tới và làm dâng mực nước lên. Trong khi đó, phương pháp tạo sóng trong máng sóng số không gây ra hiện tượng này. Việc tạo sóng dài trong máng sóng vật lý ở thời điểm ban đầu sẽ dẫn đến khả năng làm gia tăng sóng tràn qua công trình. Kết quả so sánh dao động mực nước khẳng định thí nghiệm số có khả năng mô phỏng tốt dao động sóng như trong máng sóng vật lý.

Hệ số phản xạ của đê và phân bố vận tốc trong sóng

Việc mô phỏng sóng trong máng sóng số cho phép dễ dàng xác định được các đại lượng sóng như phân bố độ cao sóng, trường vận tốc trong chuyển động sóng, và dễ dàng xác định được hệ số phản xạ sóng của công trình.

Ứng dụng máng sóng số nghiên cứu sóng ...

Trên hình 4 trình bày phân bố độ cao sóng trên kênh dẫn và trên thân đê.



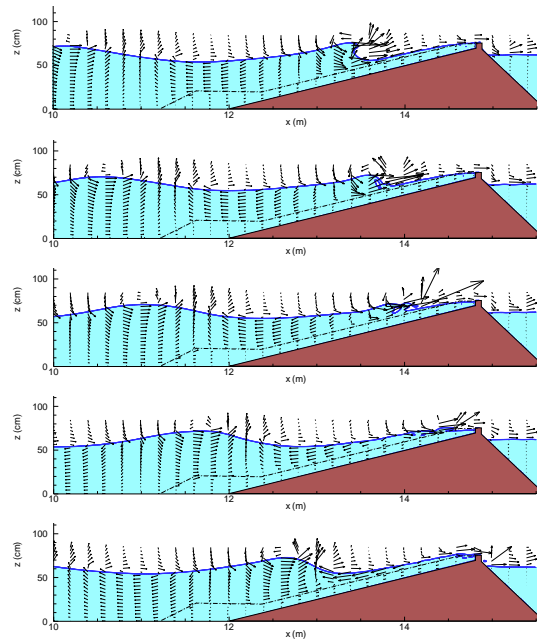
Hình 4. Phân bố độ cao sóng, đường đỉnh sóng, mực nước trung bình, đường chân sóng (theo thứ tự các đường từ trên xuống dưới)

Từ phân bố độ cao sóng trong kênh, theo phương pháp xác định hệ số phản xạ theo lý thuyết kết hợp tuyến tính của sóng tới và sóng phản xạ ta có thể xác định dễ dàng hệ số phản xạ của đê chắn sóng thông qua độ cao sóng cực đại và độ cao sóng cực tiểu trong khoảng $\frac{1}{2}$ độ dài sóng trên khu vực không có sóng đứng. Công thức xác định hệ số phản xạ như sau:

$$Kr = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max} + H_{\min}} \quad (3.1)$$

Từ phân bố độ cao sóng hình 4, ta xác định được trong một khoảng $\frac{1}{2}$ độ dài sóng phía ngoài đê, nơi sóng phân bố ổn định không bị ảnh hưởng quá lớn của sóng đứng trên thân đê, các giá trị $H_{\max} = 19.257$ cm, $H_{\min} = 15.917$ cm và hệ số phản xạ $Kr = 0,095$, tức là chỉ khoảng 1% năng lượng sóng tới bị phản xạ ngược trở lại do tác động của đê (vì năng lượng sóng tỉ lệ với bình phương độ cao sóng nên bình phương hệ số phản xạ sẽ cho năng lượng sóng phản xạ).

Trên hình 4 cũng cho thấy khi vào sườn dốc của đê, sóng bị dâng độ cao và đổ tại thân đê và tiêu tán một phần năng lượng sóng. Đường đỉnh sóng ở sát tường đỉnh khá cao và cao hơn tường đỉnh. Điều này cho thấy một lượng nước đã tràn qua đỉnh đê. Dưới tác động của sóng đứng trên sườn đê, mực nước trung bình trong chuyển động sóng tăng lên phía sau điểm sóng đứng và tạo thành nước dâng do sóng trên thân đê.



Hình 5. Phân bố mặt nước và vận tốc trong sóng xung quanh đê (các hình vẽ cách nhau T/8)

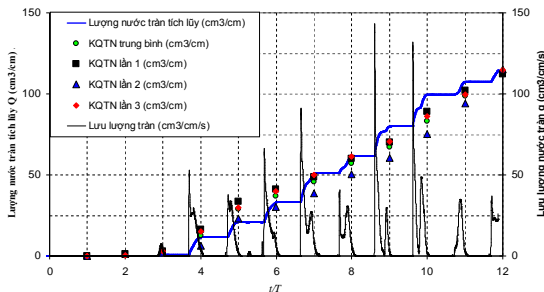
Trên hình 5 trình bày phân bố vận tốc, mặt nước trong chuyển động sóng tại khu vực xung quanh thân đê. Trên hình 5 ta thấy, dòng chảy trong sóng có phân bố rất phức tạp nhất là ở khu vực sát công trình. Trong lớp đá xếp rỗng phủ trên mái sườn đê, dòng chảy bị cản có vận tốc trung bình khá nhỏ. Ngay phía sát lớp phủ, vận tốc dòng chảy khá lớn. Đặc biệt ở khu vực lân cận điểm sóng đứng vận tốc dòng chảy không chỉ lớn ở phần đỉnh sóng mà ở phía dưới nơi sát lớp phủ mái vận tốc cũng rất mạnh (xem hai hình đầu của hình 5). Vận tốc lớn tại khu vực sóng đứng này sẽ có tác động rất lớn đến phá hủy nền đáy và làm di chuyển các vật liệu tại đó. Do đó, không chỉ tại chính điểm sóng đứng mà khoảng lân cận điểm sóng đứng một khoảng cũng cần quan tâm xem xét khi thiết kế lớp phủ mái đê. Trên hình 5 ta cũng thấy rõ trong trường hợp sóng thí nghiệm ở đây, sóng đứng có dạng bở nhào (plunging) và bẫy bọt khí vào nước, tạo ra lưòi nước thứ hai chồm về phía trước và ép không khí giữa lưòi sóng và mặt nước phụt lên trên với vận tốc rất lớn. Động năng sóng một phần bị tiêu tán do ma sát với đáy, tiêu tán rối, phần còn lại tiếp tục đẩy khối nước về phía tường đê và cuối cùng tràn qua đỉnh đê một phần. Khi chân sóng rút khỏi mái đê, dòng chảy ngược ra có vận tốc khá lớn, vận tốc lớn này cũng là một trong những nguyên nhân gây vận chuyển vật liệu đáy ra biển và làm bất ổn định khối phủ mái đê. Kết quả thí nghiệm

số đã cho phép nhìn thấu vào cấu trúc dòng chảy trong chuyển động sóng phức tạp, đặc biệt là tại khu vực sóng đổ, nơi rất khó đặt thiết bị đo dòng sóng.

Kết quả thí nghiệm số cũng cho thấy khả năng thực hiện thí nghiệm của máng sóng số với bài toán sóng tương tác công trình và sóng tràn, sóng đổ là rất hiệu quả.

Lưu lượng sóng tràn

Trong thí nghiệm vật lý, khối lượng nước tràn của từng con sóng tràn qua đê được thu lại bằng các ca nước đánh số từ 1 đến hết. Mười hai con sóng liên tục có lượng nước tràn qua đê được sử dụng để kiểm chứng máng sóng số với điều kiện mô phỏng sóng tràn. Thí nghiệm vật lý được thực hiện ba lần do đó có ba bộ số liệu về lượng nước tràn tích lũy.



Hình 6. So sánh lượng nước tràn qua đê do sóng

Trên hình 6 trình bày so sánh giữa số liệu thực đo trên máng sóng và kết quả thí nghiệm số đối với lượng nước tràn tích lũy theo từng con sóng. Đường liền nét đậm là lượng nước tràn tích lũy tính tự động từ thí nghiệm số. Các chấm rời rạc là lượng nước tích lũy (cộng dồn các ca nước lại theo thứ tự tăng dần) của ba lần thí nghiệm và trung bình cộng của cả ba lần đó. Ta thấy, với cùng điều kiện thí nghiệm, bản thân các thí nghiệm vật lý cho các kết quả lượng nước tràn cũng rất phân tán, đặc biệt là thời điểm ban đầu, sau đó thì kết quả có vẻ cùng tiệm cận đến hội tụ giá trị. Điều này cũng khá phù hợp với dao động sóng tới đo được trong máng vật lý. Như trình bày ở trên, do có sự tăng mực nước trung bình ở thời điểm ban đầu do sóng dài tạo ra bởi bảng tạo sóng nên sự chênh lệch này đã làm cho kết quả sóng tràn bị phân tán ngay cả đối với các thí nghiệm vật lý so với nhau vì bản thân sóng tạo ra từ bảng tạo sóng không phải hoàn toàn giống nhau giữa các lần thí nghiệm. Mặc dù sai lệch là rất nhỏ nhưng kết quả sóng tràn khá phân tán. Điều này khẳng định tính phi tuyến rất cao của quá trình sóng tràn và làm cho

việc có được mô phỏng số phù hợp với thí nghiệm vật lý cho sóng tràn là điều không hề dễ dàng. Từ hình 6 ta thấy đối với kết quả thí nghiệm số, lượng nước tràn ban đầu hơi nhỏ hơn kết quả đo đạc như nằm trong phạm vi dao động của ba lần thí nghiệm vật lý và tiếp cận giá trị trung bình của thí nghiệm vật lý ở một số điểm. Sau đó kết quả thí nghiệm số có cao hơn kết quả thí nghiệm vật lý đôi chút nhưng cuối cùng khi sóng đã ổn định, không còn tác động mạnh của sóng dài trong máng sóng vật lý thì cả ba kết quả thí nghiệm vật lý và thí nghiệm số đều hội tụ và chụm khít nhau. Kết quả này thật tuyệt vời, nó cho ta tin tưởng khả năng mô phỏng phi tuyến cao của mô hình toán đối với bài toán sóng đổ, sóng tràn và trong điều kiện đê chắn sóng hỗn hợp khá thực tế. Như thế, máng sóng số không chỉ có khả năng thực hiện thí nghiệm số cho những điều kiện phi tuyến phức tạp của sóng mà còn có thể cho những kết quả khá tốt để tham khảo cho các thiết kế công trình.

Ngoài ra, trên hình 6 còn trình bày lưu lượng tức thời của sóng tràn qua công trình từ kết quả thí nghiệm số (xem đường mảnh biến đổi phức tạp trên hình 6).

KẾT LUẬN

Việc xây dựng thành công máng sóng số và kiểm chứng tốt cho những trường hợp thí nghiệm phức tạp và khá thực tế đối với sóng đổ, sóng tương tác công trình (đã so sánh với các thí nghiệm vật lý trên máng sóng thực) đã mở ra khả năng ứng dụng của máng sóng số cho thực hiện các thí nghiệm sóng ven bờ, sóng tương tác công trình phục vụ cho nhiều mục đích khác nhau. Đặc biệt máng sóng số sẽ là công cụ tốt để phục vụ giảng dạy tại các cơ sở đào tạo chuyên ngành Hải dương học, Kỹ thuật biển hay Công trình biển. Ngoài ra, nó cũng sẽ hỗ trợ hiệu quả cho công tác nghiên cứu khoa học về sóng ven bờ cũng như nghiên cứu thiết kế công trình chắn sóng.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn sự trợ giúp kinh phí của Quỹ phát triển khoa học và công nghệ quốc gia NAFOSTED thông qua đề tài nghiên cứu cơ bản mã số 105.12-2010.08.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Goda, Y., Kishira, Y., Kamiyama, Y., 1975. Laboratory investigation on the overtopping rates of seawalls by irregular waves. Ports and Harbour Research Insitute, Yokosuka, Japan, Vol. 14, No. 4, 1975, pp. 3-44.

2. Hieu P. D, Tanimoto K., Ca V. T., 2004. Numerical simulation of breaking waves using a two-phase flow model, Appl. Math. Modeling, Vol. 28, 2004, pp. 983-1,005.
3. Hieu P. D. and Tanimoto K., 2006. Verification of a VOF based two-phase flow model for wave breaking and wave-structure interactions, Ocean Eng., 33, 2006, pp. 1565-1588.
4. EurOtop, 2007. Wave Overtopping of Sea Defenses and Related Structures: Assessment Manual, Environment Agency, UK, 2007, SBN978-3-8042-1064-6. pp. 1- 178.
5. 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.
6. TAW, 2002. Technical Report Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes. Technical Advisory Committee on Flood Defenses. Delft, the Netherlands, 2002. P. 1-50.

APPLICATION OF A NUMERICAL WAVE CHANNEL TO STUDY WAVES AND SEAWALL INTERACTION

Phung Đang Hieu¹, Phan Ngoc Vinh², Nguyen Van Tai³, Du Van Toan¹,
Nguyen Tan Duoc¹, Nguyen Thanh Hung⁴

¹Research institute for management of seas and islands

²Institute of Mechanics

³Department of Coastal Engineering, Hanoi Water Resources

⁴Key Laboratory for River and Coastal Engineering

ABSTRACT: This paper presents the results of numerical experiments of waves and a combined seawall interaction using a numerical wave channel. Firstly, the concept of numerical wave channel and the foundation for building a numerical wave channel is presented. Then, the experimental conditions for both numerical experiment and laboratory one are described. The results of the laboratory and numerical experiments were analyzed and compared in order to ensure the validity of the numerical simulation and give a confidence in further detail analyses of numerical results on waves and the seawall interaction. The research results showed that the numerical wave channel had good capability in conducting numerical experiments with high nonlinearity of waves including the wave breaking and wave overtopping processes. The comparison results between laboratory data and numerical results showed satisfactory agreements. The results also revealed that the structure of currents under wave motion was very complicated, especially in the area surrounding the breaking point. The laboratory results showed that the wave overtopping was very nonlinear and different among the laboratory experiments although these experiments were done in the same experimental condition.

Keywords: Wave overtopping, seawall, numerical experiment, laboratory experiment.