

TÍNH TOÁN PHÂN TÍCH DAO ĐỘNG MỤC NƯỚC TRONG MỘT SỐ CẢNG BIỂN CÓ HÌNH DẠNG KHÁC NHAU BẰNG MÔ HÌNH SỐ TRỊ

TS. Nguyễn Bá Thủy, CN. Nguyễn Thanh Trang

ThS. Nguyễn Quốc Trinh, CN. Bùi Mạnh Hà

Trung tâm Dự báo Khí tượng Thủy văn Trung Ương

Trong bài báo này dao động mực nước trong một số cảng biển có hình dạng kiểu mẫu cơ bản khác nhau như chữ I, T và L được tính toán và phân tích bằng mô hình số trị dựa trên phương trình sóng dài phi tuyến 2 chiều. Khả năng tính toán của mô hình đã được kiểm chứng với số liệu thí nghiệm trong máng sóng. Kết quả tính toán và phân tích cho thấy hệ số khuếch đại dao động mực nước trong cảng không những phụ thuộc vào chu kỳ dao động của sóng dài ngoài khơi mà còn phụ thuộc vào hình dạng đường bờ và địa hình cảng. Trong dải chu kỳ sóng tính toán có sự xuất hiện 2 lần đỉnh của hệ số khuếch đại mực nước.

1. Mở đầu

Nghiên cứu tính toán dao động mực nước trong cảng biển để phát hiện những dao động lớn (hay thường gọi là dao động dị thường) đã được tiến hành từ rất lâu. Đã có nhiều lý thuyết và công thức giải tích được đưa ra để tính toán phân tích như các công trình của Mile và Munk, 1961; Hwang. and Tuck, 1970; vv... Với nghiên cứu thực nghiệm (thực hiện trong máng sóng), Ippen và Goda, 1963 và Horikawa và các cộng sự, 1969 đã thực hiện các thí nghiệm nghiên cứu dao động mực nước trong cảng có dạng hình chữ T, ở đó hệ số khuếch đại của dao động mực nước gây bởi các sóng dài có chu kỳ khác nhau được phân tích. Kết quả của các thí nghiệm này đã góp phần giải thích cơ chế cộng hưởng của các sóng dài trong cảng cũng như được dùng để so sánh và hiệu chỉnh với các kết quả tính toán bằng phương pháp giải tích và mô hình số. Trong những năm gần đây mô hình số trị đã được

phát triển rộng rãi và ứng dụng vào nghiên cứu dao động của mực nước trong cảng biển như nghiên cứu của S. Hsiao, và Hui M. F.

Trong nghiên cứu này, mô hình số trị mô phỏng dao động mực nước trong cảng biển dựa trên hệ phương trình sóng dài hai chiều được phát triển. Khả năng tính toán của mô hình đã được kiểm chứng với số liệu thí nghiệm trong máng sóng. Mô hình sau đó áp dụng vào tính toán dao động mực nước trong một số cảng biển có hình dạng kiểu mẫu cơ bản khác nhau nhằm phát hiện những dao động mực nước dị thường và chu kỳ sóng gây dao động tương ứng.

2. Mô hình tính toán dao động mực nước trong cảng biển

Mô hình tính toán dao động mực nước trong cảng biển được phát triển dựa trên phương trình sóng dài hai chiều (8), hệ các phương trình được diễn tả dưới đây:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{d} \right) + g d \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\rho g n^2}{\rho d^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} + Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \\ - 2 \frac{\partial}{\partial x} \left(v_e \frac{\partial Q_x}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(v_e \frac{\partial Q_x}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(v_e \frac{\partial Q_y}{\partial x} \right) = 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{d} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{d} \right) + g d \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\rho g n^2}{\rho d^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} + Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \\ - 2 \frac{\partial}{\partial y} \left(v_e \frac{\partial Q_y}{\partial y} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(v_e \frac{\partial Q_y}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(v_e \frac{\partial Q_x}{\partial y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (3)$$

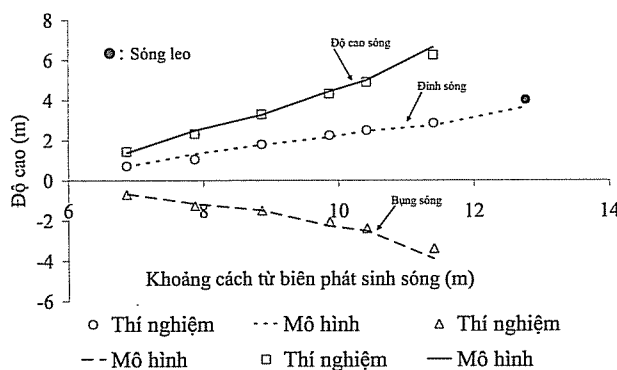
Ở đây, Q_x Q_y là lưu lượng nước theo phương x và y , t là thời gian, d là tổng độ sâu ($d = h + \zeta$), h là độ sâu ban đầu, ζ là dao động mực nước trên độ cao trung bình, g là gia tốc trọng trường, ρ là mật độ nước biển, n là hệ số nhám ($n = 0.025$ trong tính toán này) và ν là hệ số rối được tính từ mô hình rối SDS (được mô tả chi tiết trong công trình [9]). Hệ phương trình trên được giải bằng phương pháp sai phân hữu hạn. Tại biên truyền sóng ngoài khơi, các sóng hình sin với độ cao và chu kỳ được xác định. Với các biên lỏng khác, điều kiện phát xạ được áp dụng, trong khi đó điều kiện biên di động được áp dụng tại các biên cứng.

3. Kết quả tính toán kiểm chứng mô hình

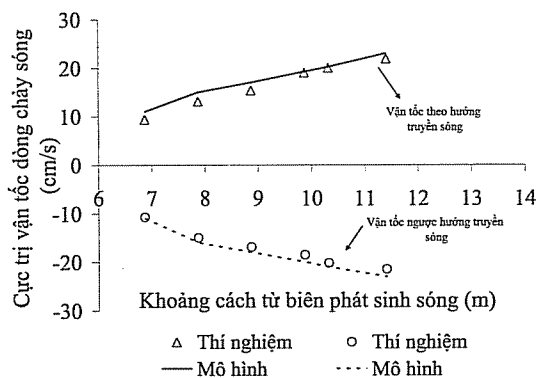
Trước khi áp dụng mô hình vào tính thực tế, mô hình cần được tính toán kiểm chứng để đánh giá

khả năng và độ tin cậy. Trong nghiên cứu này, các tác giả đã sử dụng kết quả thí nghiệm của Tanaka và các cộng sự năm 2009 về sự lan truyền của sóng dài trong kênh có độ dốc thoải để kiểm chứng kết quả độ cao sóng (bao gồm cả sóng leo) và dòng chảy. Các điều kiện của thí nghiệm này được mô tả chi tiết trong công trình nghiên cứu [8].

Hình 1 (a) và (b) biểu diễn so sánh giữa kết quả tính toán của mô hình với số liệu thí nghiệm về độ cao (đỉnh, bụng và độ cao sóng) và vận tốc dòng chảy do sóng. Khi sóng truyền từ vùng nước sâu vào vùng nước nông, độ cao sóng và vận tốc dòng chảy tăng lên do ảnh hưởng của hiệu ứng nước nông trong điều kiện thí nghiệm này. Các kết quả tính toán rất phù hợp với các số liệu thí nghiệm.



(a)



(b)

Hình. 1. So sánh giữa kết quả tính toán bằng mô hình với số liệu thí nghiệm dọc theo máng sóng. (a) đỉnh sóng, chân sóng và độ cao sóng dọc theo máng sóng, (b) vận tốc dòng chảy.

4. Áp dụng tính toán dao động mực nước trong một số cảng biển có hình dạng khác nhau

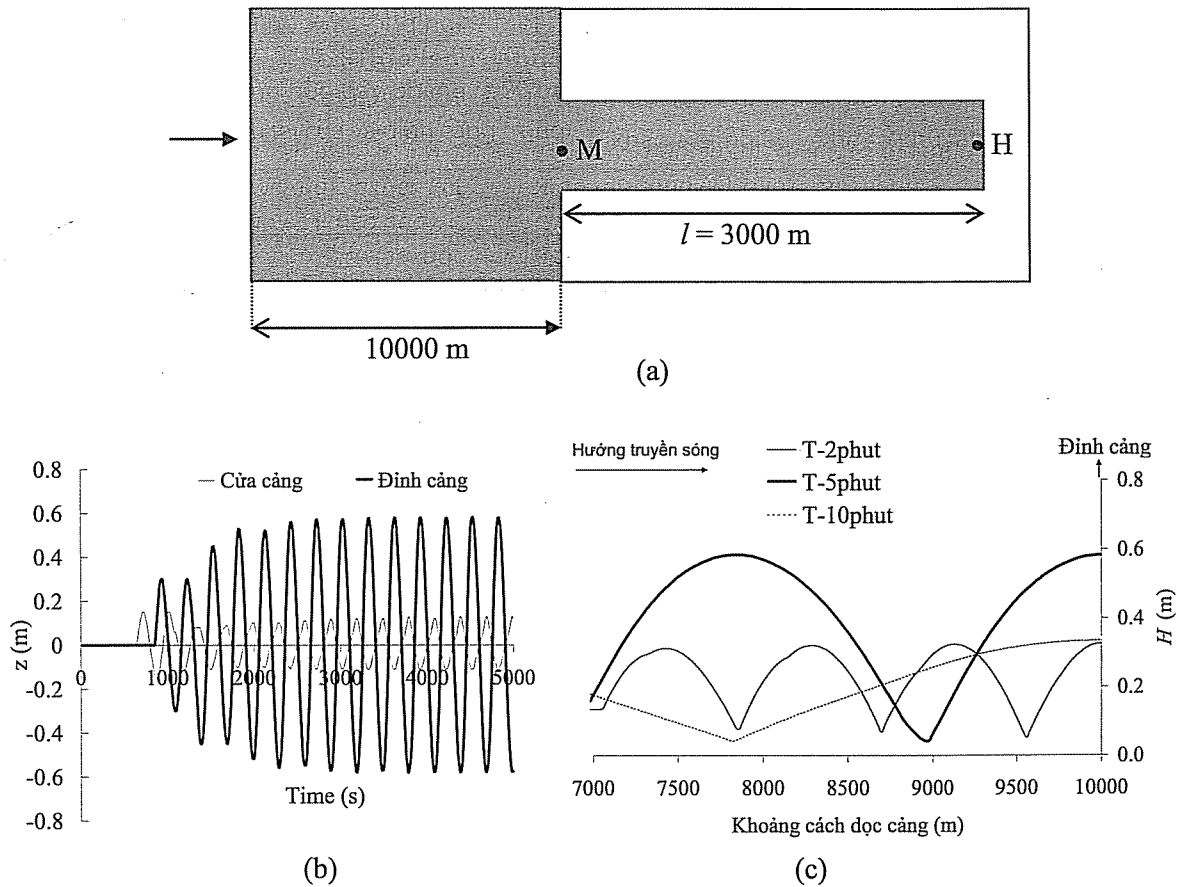
Độ cao mực nước trong cảng biển không những phụ thuộc vào độ cao của sóng ngoài khơi truyền vào mà đặc biệt phụ thuộc vào chu kỳ sóng. Không phải chu kỳ sóng nào cũng gây mực nước cao một cách dị thường trong cảng mà chỉ những sóng có chu kỳ trùng với chu kỳ dao động riêng của cảng. Do vậy, để phân tích dao động mực nước trong các cảng biển có hình dạng kiểu mẫu cơ bản khác nhau, trong tất cả các tính toán ở dưới đây đều sử dụng chung điều kiện sóng dài có độ cao $H_i = 20$ cm, trong khi đó chu kỳ sóng được thay đổi nhằm

xác định những chu kỳ gây cộng hưởng mực nước lớn nhất và hệ số khuếch đại tương ứng. Cần nhấn mạnh rằng, các tham số sóng (độ cao và chu kỳ) lựa chọn trong nghiên cứu này là những giá trị thường ghi nhận được khi tiến hành các quan trắc các sóng dài ngoài khơi do các quá trình nhiễu động khí quyển gây nên [7]. Hệ số khuếch đại mực nước là tỷ số giữa độ cao sóng do sự cộng hưởng tại các điểm tính toán trong cảng và độ cao sóng tại biên truyền vào.

Trước hết dao động mực nước trong cảng biển có hình chữ I như trên hình 3(a) được tính toán phân tích. Trong đó, chiều dài cảng (l) và bề rộng

cảng (w) tương ứng là 3000 m và 400 m. Biến thiên mực nước tại điểm M (cửa cảng) và điểm H (đỉnh cảng) được biểu diễn trên hình 3(b) cho trường hợp chu kỳ sóng tại biên là 5 phút. Có thể nhận thấy rằng do sự cộng hưởng của các sóng dài trong cảng, mực nước cao nhất tại đỉnh cảng dâng cao gấp 5.8 lần so với mực nước cao nhất tại cửa cảng.

Hình 3(c) biểu diễn các giá trị mực nước lớn nhất dọc theo cảng cho 3 trường hợp của chu kỳ sóng tại biên là 3.0, 5.0 và 10.0 phút. Có thể thấy rằng, dao động mực nước dọc theo cảng có dạng hình sóng đứng do hiệu ứng phản xạ tại biên cứng nơi đỉnh cảng và độ cao mực nước trong cảng phụ thuộc vào chu kỳ của sóng tới.

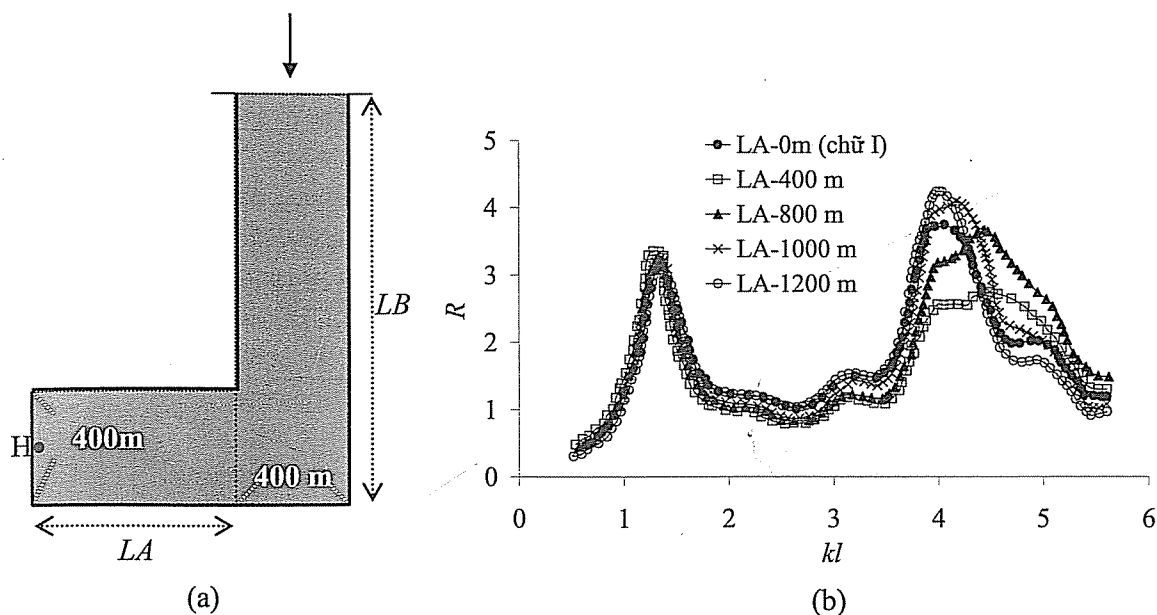


Hình 2. (a) Sơ đồ cảng biển hình chữ L và các điểm tính toán phân tích, (b) Dao động mực nước tại cửa (điểm M) và đỉnh cảng (điểm H), (c) Độ cao mực nước dọc cảng với các chu kỳ sóng ngoài biên là 3, 5, và 10 phút.

a. Dao động mực nước trong cảng biển có dạng hình chữ L

Một số cảng biển hình chữ L có bề rộng 400 m và chiều dài cảng như nhau ($LA+LB+400\text{ m}=2400\text{ m}$), tuy nhiên vị trí tại điểm uốn của chữ L (độ dài LA và LB) là khác nhau, cụ thể trong nghiên cứu này $LA=800, 1000, 1200$ và 2400 m (trên hình 3(a)). Kết quả tính toán hệ số dao động mực nước tại điểm H theo các chu kỳ sóng tới được biểu diễn như trên

hình 3(a). Ở đây, kl là đại lượng không thứ nguyên của số sóng ($kl = 2\pi l / T\sqrt{gh}$), kl phụ thuộc vào chu kỳ sóng. Kết quả tính toán cho thấy các giá trị của R biến đổi theo chu kỳ sóng và trong giải chu kỳ tính toán có sự xuất hiện 2 lần của đỉnh R và giá trị ở đỉnh thứ hai cao hơn khi vị trí điểm uốn của cảng (chữ L) gần với cửa cảng. Hệ số lớn nhất $R=4.5$ cho trường hợp $LA=1200\text{ m}$.

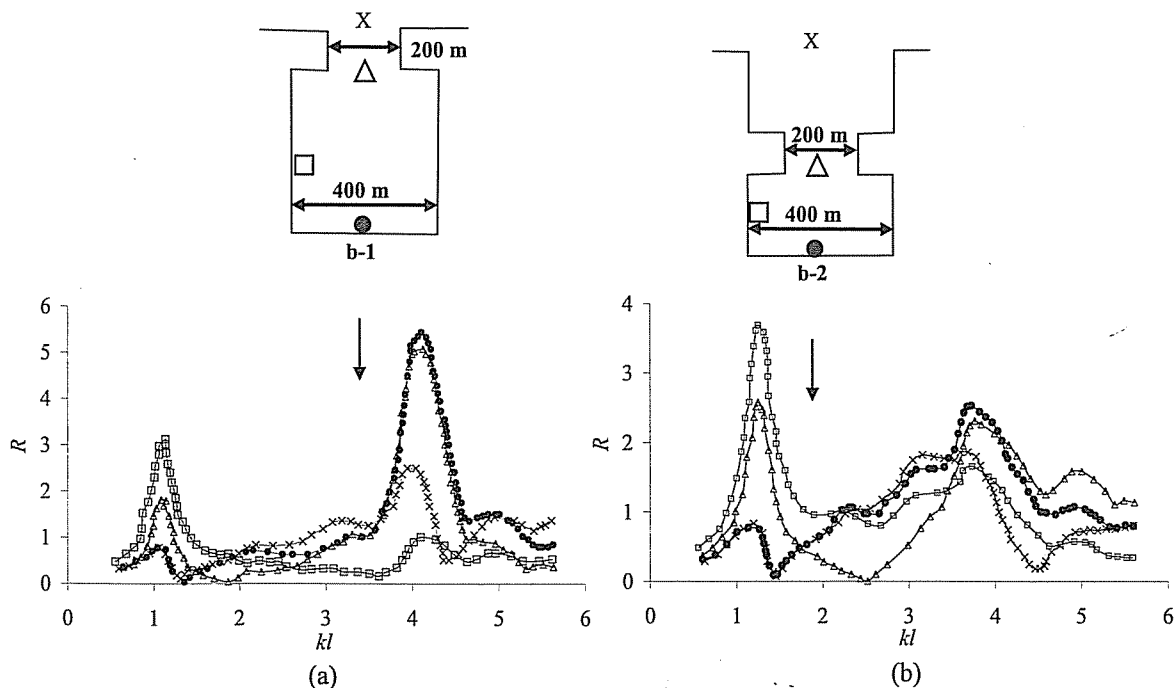


Hình 3. (a) Sơ đồ cảng biển hình chữ L và điểm tính toán phân tích, (b) Hệ số khuếch đại mực nước R theo các chu kỳ sóng tới.

b. Dao động mực nước trong cảng biển có dạng hình chữ I

và vị trí các điểm tính toán phân tích, ở đó vị trí khoảng hẹp (tính từ cửa cảng) được thay đổi.

Hình 4, (a) minh họa 2 cảng biển kiểu hình chữ I



Hình 4. (a) Sơ đồ cảng biển hình chữ I và điểm tính toán phân tích, (b) Hệ số khuếch đại mực nước R theo các chu kỳ sóng.

Hình 4 (b) biểu diễn mối liên hệ của hệ số khuếch đại R với chu kỳ sóng tới tại một số vị trí tính toán. Có thể thấy rằng độ cao mực nước có sự khác biệt khá lớn tại các điểm trong cảng. Giá trị

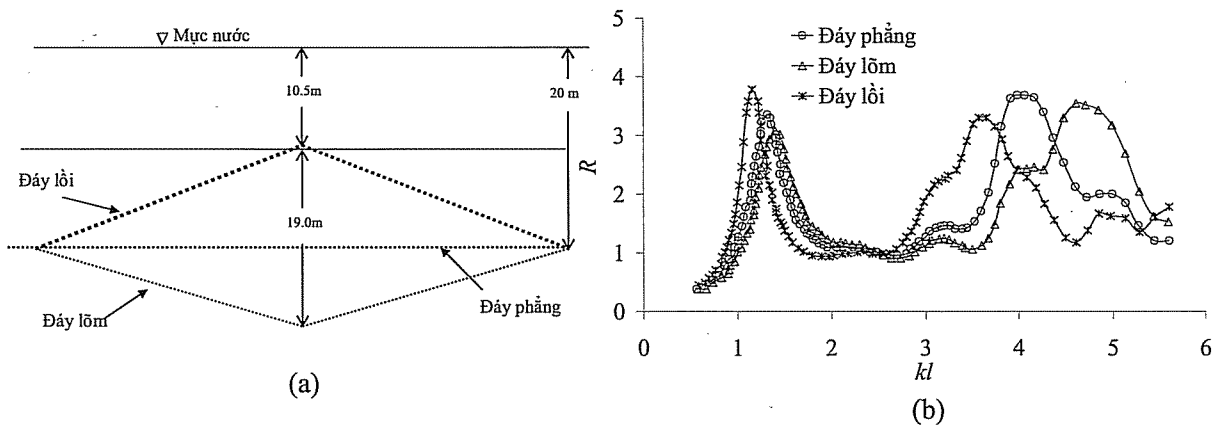
của hệ số khuếch đại R lớn nhất tại vị trí đỉnh cảng xuất hiện tại đỉnh thứ 2 cho trường hợp khoảng hẹp gần của cảng và đỉnh thứ nhất khi vị trí của khoảng hẹp được lùi vào cửa cảng. Có nghĩa là

những sóng có chu kỳ dài hơn sẽ gây dao động mực nước lớn khi khoảng hẹp của cảng gần với đỉnh cảng và ngược lại.

c. Ảnh hưởng của địa hình đáy tới dao động mực nước trong cảng

Để nghiên cứu ảnh hưởng của địa hình đáy đến dao động mực nước trong cảng biển, 3 dạng địa hình đáy là: đáy phẳng, lõm và lồi cho trường hợp hợp cảng biển hình chữ I với kích thước chiều dài 2000 m, chiều rộng 400 m được tính toán và phân tích. Độ sâu trong trường hợp đáy phẳng là 20 m, đây cũng là giá trị độ sâu tại cửa và đỉnh cảng trong

trường hợp đáy lồi và lõm. Trong trường hợp đáy lõm, độ sâu nhỏ nhất tại giữa cảng là 10,5 m và thoải dần về 2 phía cửa và đỉnh cảng. Với trường hợp đáy lồi, độ sâu lớn nhất tại giữa cảng là 29,5 m và tăng dần về 2 phía cửa và đỉnh cảng (Hình 5(a)). Kết quả tính toán hệ số dao động mực nước ở đỉnh cảng được trình bày như trên hình 5(b). Với trường hợp đáy lõm, cả hai đỉnh của hệ số khuếch đại đều xuất hiện tại những sóng có chu kỳ lớn hơn so với trường hợp đáy phẳng và trong trường hợp ngược lại với đáy lồi. Kết quả cũng cho thấy trong trường hợp này ảnh hưởng của độ sâu không tạo ra sự khác biệt nhiều về hệ số khuếch đại mực nước.



Hình 5. (a) Địa hình cảng biển hình chữ I, (b) Hệ số khuếch đại mực nước theo các chu kỳ sóng.

Trên đây là những tính toán dao động mực nước tại các cảng biển có hình mẫu cơ bản khác nhau ở dạng giả định. Trong các nghiên cứu tiếp theo, dao động mực nước trong một số vùng biển nửa kín và cảng biển Việt Nam, ở đó có quan sát thấy hiện tượng mực nước dâng dị thường sẽ được tính toán phân tích.

5. Kết luận

Trong nghiên cứu này, mô hình sóng dài dựa trên phương trình nước nông 2 chiều được phát triển để tính toán dao động mực nước trong cảng biển.

Khả năng tính toán của mô hình đã được kiểm chứng với các số liệu trong máng thí nghiệm sóng. Mô hình đã được áp dụng tính toán dao động mực nước trong một số cảng biển có hình dạng kiểu mẫu khác nhau như chữ I, T và L. Kết quả tính toán và phân tích cho thấy rằng dao động mực nước trong cảng biển không những phụ thuộc vào chu kỳ của các sóng tới mà còn phụ thuộc vào hình dạng đường bờ và địa hình đáy. Trong dải chu kỳ tính toán luôn có sự xuất hiện 2 lần đỉnh của hệ số khuếch đại mực nước.

Tài liệu tham khảo

1. Derun, A. B., Kakinuma, T., and Isobe, M., 2003. A nonlinear numerical model of harbor oscillations. *Proc. Coastal Eng., JSCE*, 50: 231-235. (in Japanese).
2. De Jong, M.P.C. 2004. Seiche characteristics of Rotterdam Harbour. *Coastal Engineering* 51 373-386.

3. Horikawa, K., Shuto, N., and Nishimura, H., 1969. Characteristic oscillation of water in an L-shaped bay. *Coastal Eng. in Japan*, 12: 47-56.
4. Hwang, L-S. and Tuck, E. O., 1970. On the oscillations of harbours of arbitrary shape. *J. Fluid Mech.*, 42: 447-464.
5. Imamura, F., Shuto, N., Goto, C., 1998. Numerical simulation of the transoceanic propagation of tsunami. *Proceedings of paper presented at the Sixth Congress of the Asian and Pacific Regional Division, Int. Assoc. Hydraul. Res.*, Kyoto, Japan.
6. Ippen, A. T., and Goda, Y., 1963, "Wave-Induced Oscillations in Harbor: the Solution for a Rectangular Harbor Connected to Open-Sea," Report No. 59, Hydrodynamic Lab., M. I. T., MA, U.S.A.
7. Mile, J., and Munk, W., 1961, "Harbor Paradox," *Journal of Waterway and Harbor Division, ASCE*, Vol. 87, No. WW3, pp. 111-139.
8. Rabinovich, A., B., 2009. *Seiches and Harbor Oscillations – Handbook of Coastal and Ocean Engineering* (edited by Y.C.Kim), World Scientific Publ., Singapore.
9. Tanaka, N., Nandasena, N. A. K., Jinadasa, K. S. B. N., Sasaki, Y., Tanimoto, K. Mowjood, M. I. M., 2009. Developing effective vegetation bioshield for tsunami protection, *Journal of Civil and Environmental Engineering Systems*, Taylor & Francis, Vol. 26, pp. 163-180.
10. Nguyen Ba Thuy, Tanimoto, K., Tanaka, N., Harada K., Imura, K.. Effect of open gap in coastal forest on tsunami Run-up - Investigations by experiment and numerical simulation, *Ocean Engineering*, Elsevier, 36 (2009), 1258–1269.

ÁP DỤNG MÔ HÌNH THỦY LỰC MIKE 11 ĐỂ ĐÁNH GIÁ NGUY CƠ XÂM NHẬP MẶN THEO KỊCH BẢN NƯỚC BIỂN DÂNG TỈNH NAM ĐỊNH

PGS.TS. **Lã Thanh Hà**, TS. **Dương Văn Khảm** - Viện Khoa học Khí tượng Thủy văn và Môi trường
PGS.TS. **Lê Huy Hà** - Viện Di truyền Nông nghiệp

Mô hình MIKE 11 được áp dụng để đánh giá tình hình xâm nhập mặn trên các sông chảy qua Nam Định cho kết quả tốt. Việc hiệu chỉnh và kiểm định mô hình thủy lực và lan truyền chất được thực hiện với bộ số liệu đo đạc tại một số vị trí trên sông Hồng, sông Ninh Cơ và sông Đáy trong mùa kiệt năm 2006. Để dự báo tình hình xâm nhập mặn theo kịch bản nước biển dâng, các điều kiện biên được kết hợp giữa các phương án dòng chảy trên sông Hồng với các kịch bản nước biển dâng. Kết quả mô phỏng bằng mô hình cho thấy, trong tương lai quá trình xâm nhập mặn có thể xâm nhập khá sâu vào đồng bằng. Điều đó sẽ đặt ra những thách thức cho các hoạt động canh tác nông nghiệp, khi sử dụng nguồn nước tưới từ sông nhưng đồng thời cũng tạo điều kiện tăng diện tích sản xuất cho ngành nuôi trồng thủy sản nước lợ.

1. Mở đầu

Nam Định là một tỉnh nằm ở phía đông nam Đồng bằng Bắc Bộ có các cửa sông Hồng, Ninh Cơ và Đáy đổ ra Vịnh Bắc Bộ. Ngoài các thuận lợi về tài nguyên nước trên các nguồn sông này, vùng hạ lưu của tỉnh gồm các huyện Xuân Trường, Giao Thủy,

Nghĩa Hưng và Trực Ninh luôn đối mặt với hiện tượng xâm nhập mặn vào các tháng mùa cạn hàng năm. Mặn xâm nhập sâu vào trong các vùng cửa sông làm ảnh hưởng đến quá trình lấy nước ngọt phục vụ các ngành kinh tế, trước mắt cho sản xuất nông nghiệp. Đặc biệt trong bối cảnh biến đổi khí hậu.

Người đọc phản biện: PGS. TS. **Lương Tuấn Anh**