

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH THỦY LỰC KHU VỰC CÔNG TRÌNH MỎ HÀN TRONG ĐOẠN CỬA SÔNG CỔ DÒNG CHẢY THUẬN NGHỊCH

Tô Vĩnh Cường

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển

Tóm tắt: Công trình mỏ hàn (MH-mỏ hàn) không chỉ được sử dụng để bảo vệ bờ mà còn được ứng dụng hiệu quả để duy trì giao thông hàng hải. Khi công trình mỏ hàn được xây dựng trong vùng cửa sông ảnh hưởng triều thì tương tác giữa công trình và dòng chảy rất phức tạp do dòng chảy có 2 hướng thuận nghịch. Mục đích bài báo, làm rõ cấu trúc dòng chảy thuận nghịch xung quanh mỏ hàn đơn, được thiết lập trên máng triều số bằng phần mềm FLOW-3D. Máng triều số này, có thể mô phỏng đồng thời quá trình theo thời gian của mực nước, vận tốc cho kết quả đáng tin cậy. Trong bài báo, cấu trúc dòng chảy tại các thời điểm khác nhau trong một chu kỳ triều được phân tích và các ảnh hưởng vận tốc dòng chảy và phân bố ứng suất tiếp đáy đã được nghiên cứu một cách có hệ thống. Đánh giá các dữ liệu cho thấy, các biến đổi vận tốc và mực nước triều vùng phụ cận mỏ hàn đơn, có sự khác biệt đáng kể so với biến đổi các yếu tố nêu trên trong điều kiện dòng chảy đơn hướng. Kết quả nghiên cứu bước đầu mô tả được chi tiết cấu trúc dòng chảy thuận nghịch khu vực lân cận công trình mỏ hàn vùng cửa sông.

Từ khóa: Mỏ hàn đơn, lòng dẫn, dòng triều có hướng thuận nghịch, máng số, FLOW-3D.

Summary: Spur dikes (also known as groynes) are not only used to protect river banks from erosion but also a good approach to maintain maritime transport way. When the groyne is built in the estuary, it is affected by reversing tidal flow. This paper aims to study clearly the reversing tidal flow around single groin. It has been set up on small scale numerical reversing tidal flow flume using Flow-3D software. This numerical flume can simulate the time process of tidal level and flow velocity with good reliability. In this paper, the flow patterns around a single groin at different times in a period, are analysed and the influences of flow velocity, bed - shear stress distribution are studied systematically. Investigation of data show that variations of flow velocity and tidal level in the vicinity of the single groin are significant differences in flow field compared with the cases under steady flow. Research results are initially described in detail for reversing tidal flow in the vicinity of the groin in the estuary area.

Keywords: Single groyne, river bed, reversing tidal flow, numerical flume, FLOW-3D.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Mỏ hàn (MH) là loại công trình được sử dụng rộng rãi nhất trong chỉnh trị sông. Mỏ hàn có tính năng thu hẹp lòng dẫn, điều chỉnh dòng chảy, duy trì giao thông thủy và bảo vệ bờ.

Các nghiên cứu trước đây về thủy lực công trình mỏ hàn phần lớn đều tiến hành trong điều kiện dòng chảy đơn hướng, thể hiện trong các nghiên

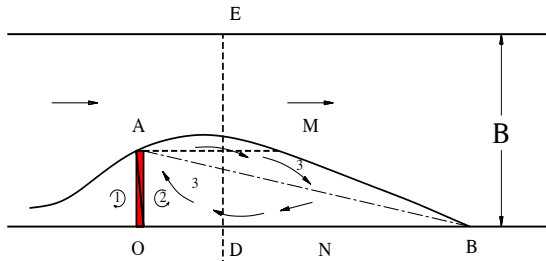
cứu Yossef 2002 [1], L.P Hậu [2], N.N Cần, N.N Quỳnh, N.Đ Giáp, N.K Quyết, P.T Nam([3], [4], [5], [6], [7]).v.v... Nếu công trình mỏ hàn được xây dựng trong vùng cửa sông ảnh hưởng triều thì dòng chảy có 02 hướng thuận nghịch. Trong điều kiện đó, cấu trúc dòng chảy và diễn biến lòng dẫn phụ cận mỏ hàn sẽ như thế nào, kết quả nghiên cứu hiện còn rất ít. Tác

Ngày nhận bài: 14/5/2021

Ngày thông qua phản biện: 02/6/2021

Ngày duyệt đăng: 15/6/2021

giả Xiping Dou [8] cho rằng, khi bố trí công trình mở hàn trong vùng cửa sông, hồ xói cục bộ vùng mũi mở hàn có phạm vi lớn hơn, nhưng bồi lắng trong phạm vi ảnh hưởng của mở hàn lại ít hơn, thời gian để lòng dẫn đạt đến cân bằng bồi xói lớn hơn so với trường hợp đoạn sông có dòng chảy đơn hướng (01 chiều). Zhangxin-zhou [9] xây dựng mô hình toán về dòng chảy rồi mang bùn cát nhận thấy rằng, dưới tác động của dòng chảy thuận nghịch, xói cục bộ ở vùng phụ cận mở hàn có sự khác biệt rõ rệt về quá trình xói và hình thái xói, bồi so với trường hợp dòng chảy đơn hướng, công trình bảo vệ hồ xói cục bộ đầu mũi mở hàn trong thực tế không thể thiết kế theo các chỉ dẫn trong trường hợp dòng chảy đơn hướng. Trong nghiên cứu này, tham khảo các kết quả nghiên cứu đã có, tiến hành nghiên cứu đặc tính thủy lực vùng phụ cận một mở hàn (mở hàn đơn) dưới tác dụng của dòng chảy 02 chiều thuận nghịch, để bổ sung các kết quả nghiên cứu về thủy lực học công trình vùng phụ cận mở hàn.



Hình 1: Sơ đồ các khu vực nước vật lân cận mở hàn

(OA: Mở hàn; AB: Biên dòng chảy;
B: Bề rộng sông)

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Trong những năm gần đây, với sự phát triển của mô hình toán 3D, nhiều loại máng số như: máng triều số, máng sóng số đã được phát triển là công cụ hiệu quả để nghiên cứu do lợi thế giá thành rẻ, không bị ảnh hưởng vấn đề tỷ lệ. Flow-3D là phần mềm tính toán thủy động học nổi tiếng trên thế giới, và rất ưu việt trong mô phỏng chất lỏng và hình khối phức tạp, đặc biệt xem xét các vấn đề thay đổi bề mặt chất lỏng. Dựa vào Flow-3D, một kiểu máng mới (máng triều số) tạo dòng

chảy thuận nghịch để xem xét thay đổi bề mặt chất lỏng đã được phát triển. Máng triều số này, có thể mô phỏng đồng thời quá trình thời gian của mực nước và vận tốc cho kết quả đáng tin cậy, điều này rất khó thiết lập trên mô hình vật lý trong phòng thí nghiệm.

2.1 Mô hình toán Flow-3D

2.1.1 Mô hình thủy động lực học

Mô hình thủy động lực được phát triển dựa trên các phương trình cơ bản gồm: phương trình động lượng và phương trình liên tục.

$$V_F \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u A_x) + R \frac{\partial}{\partial y}(\rho v A_y) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w A_z) = R_{SOR} \quad (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F} (u A_x \frac{\partial u}{\partial x} + v A_y R \frac{\partial u}{\partial y} + w A_z \frac{\partial u}{\partial z}) - \xi \frac{A_y v^2}{x V_F} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + G_x + f_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F} (u A_x \frac{\partial v}{\partial x} + v A_y R \frac{\partial v}{\partial y} + w A_z \frac{\partial v}{\partial z}) - \xi \frac{A_x u v}{x V_F} = -\frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + G_y + f_y \quad (3)$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + \frac{1}{V_F} (u A_x \frac{\partial w}{\partial x} + v A_y R \frac{\partial w}{\partial y} + w A_z \frac{\partial w}{\partial z}) = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + G_z + f_z - b_z \quad (4)$$

Trong các công thức này: V_F là thể tích; ρ là tỷ trọng; (u, v, w) thành phần vận tốc theo trục (x, y, z) ; R_{SOR} hàm nguồn; (A_x, A_y, A_z) diện tích; (G_x, G_y, G_z) lực hấp dẫn; (f_x, f_y, f_z) gia tốc nhớt; (b_x, b_y, b_z) tổn thất cột nước; A là diện tích trung bình; U là vận tốc trung bình theo các hướng (x, y, z) và F là hàm lượng chất lỏng. Khi các ô chứa đầy chất lỏng, giá trị $F=1$ và khi ô trống $F=0$. Trong Flow-3D, có 02 phương pháp được sử dụng mô phỏng được gọi là phương pháp thể tích khối (VOF- Hirt and Nichols 1981) được sử dụng để bắt được bề mặt tiếp xúc chất lỏng - khí hoặc chất lỏng - lỏng. Thể tích khối trong mỗi ô được ghi và so sánh thể tích các ô lưới xung quanh để xác định độ dốc và đường cong của chất lỏng với ô lưới. Phương pháp mô hình hóa vật cản phân số diện tích/thể tích (FAVOR- Flow Science 2010) là một kỹ thuật sử dụng cho mô phỏng bề mặt và các khối vật rắn xác định đường biên hình học, cho phép các lưới hình chữ nhật được thiết lập mà không gây biến dạng đặc tính của vật cản.

2.1.2 Mô hình vận chuyển bùn cát

Bùn cát lơ lửng và bùn cát đáy được đánh giá độc lập trong tính toán bùn cát của mô hình. Chuyển động bùn cát lơ lửng được xác định bởi các chất hòa tan theo phương trình phân tán đối lưu.

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U_i \frac{\partial c}{\partial x_i} + W \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left(\Gamma \frac{\partial c}{\partial x_i} \right) \quad (5)$$

Ở đây: U là vận tốc trung bình – Reynolds, W là vận tốc dòng chảy của bùn cát, Γ là hệ số khuếch tán. Hệ số khuếch tán chính là nhớt động học dòng chảy được tính toán bởi mô hình k- ϵ . Để tính chuyển động lơ lửng và chuyển động đáy, có 03 công thức tính toán: (1) Van Rijn, (2) Nielsen và (3) Meyer-Peter & Muller được phát triển.

$$C_{bed} = 0.015 * \frac{d^{0.3} \left(\frac{\tau - \tau_c}{\tau_c} \right)^{1.5}}{g \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w v^2} \right)^{0.1}} \quad (6)$$

$$\frac{q_b}{d^{1.5} \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w} g}} = 0.1 * \frac{\left(\frac{\tau - \tau_c}{\tau_c} \right)^{1.5}}{d^{0.3} \left(\frac{\rho_s - \rho_w}{\rho_w v^2} \right)^{0.1}} \quad (7)$$

2.2 Thiết lập mô hình

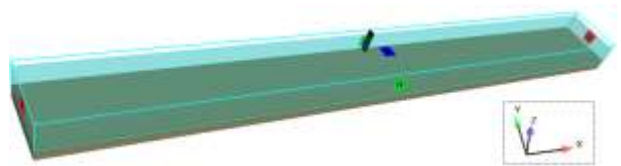
2.2.1 Mô tả mô hình toán Flow 3D

Các chỉ số được sử dụng trong Flow-3D. Đơn vị lựa chọn là SI, nhiệt độ Celsius và nước được coi là không nén được, gia tốc trọng trường 9.807 m/s^2 , mật độ hạt bùn cát 2650 kg/m^3 và độ nhớt động 10^{-6} . Sử dụng các số liệu và phương trình Shields, hệ số shields đánh giá bằng 0.05. Hệ số Richardson-Zaki điều khiển lực kéo trên lắng động hạt bùn cát khi dòng chảy xoáy cuộn. Mô hình rối Renormalized group (RNG) đã được sử dụng trong nghiên cứu này.

2.2.2 Điều kiện biên

Trong nghiên cứu này, một máng triều số đã được thiết lập như Hình. Biên trái $X_{\min}$ được thiết lập là điều kiện mực nước ($X_{\min}=P$). Điều kiện vận tốc (V-specified velocity) được xác

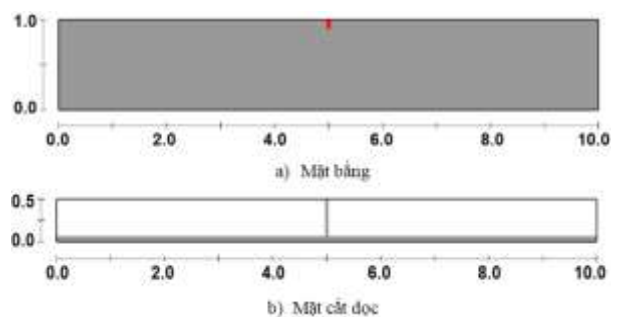
định tại biên phải ($X_{\max}=V$). Biên đối xứng ($Z_{\max}=S$) được sử dụng tại biên trên $Z_{\max}$ và các biên trong. Biên dưới $X_{\min}$ thể hiện đáy sông được thiết lập là biên tường ($Z_{\min}=W$).



Hình 2: Các điều kiện biên trong mô hình Flow-3D

2.2.3 Kích thước mô hình

Kích thước mô hình là đoạn kênh thẳng (toàn bộ lòng dẫn là lòng cứng) có mặt cắt hình chữ nhật ($L \times B \times H = 10 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.50 \text{ m}$), thể hiện Hình.

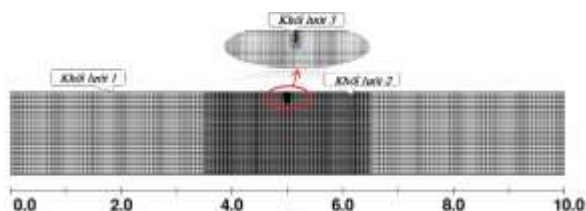


Hình 3: Kích thước mô hình máng nước số (lòng cứng) trong Flow-3D

Khu vực gần mô hàn được đặc trưng bởi thay đổi đột ngột của chuyển động và hình khối mỏng (mô hàn chỉ dày 0.03m). Điều này đòi hỏi một lưới mịn để giải quyết. Theo nghiên cứu [10] tạo lưới luồng nhau sẽ dẫn đến kết quả mô phỏng tốt các xoáy và cũng cho kết quả khớp với dữ liệu thí nghiệm, để giảm các lỗi đề nghị tỷ lệ thiết lập hai lưới là bội số của 2. Ở nghiên cứu này, sẽ tạo 03 khối lưới. Khối lưới 1 (vùng kênh dẫn) lòng lên khối lưới 2 (khu vực hệ thống mô hàn), khối lưới 3 là khối lưới phù hợp thuộc vùng lân cận mô hàn được tạo sau. Theo quy tắc kinh nghiệm tỷ lệ kích thước ô lưới lân cận lớn nhất (X, Y, Z): phải nhỏ hơn < 1.25 ; tỷ lệ ô lưới cạnh lớn nhất (ZY, YZ và ZX) nhỏ hơn < 3.1 , xem Bảng 1.

Bảng 1: Các kích thước lưới

TT	Khối lưới 1 (cm)	Khối lưới 2 (cm)	Khối lưới 3 (cm)	Tổng số ô lưới	Tỷ lệ ô cạnh Max	Tỷ lệ ô lưới lân cận Max
1	4	2	1	1910000	1.04	1.00

**Hình 4: Tạo lưới tính toán trong Flow-3D**

2.2.4 Thiết lập chu kỳ triều.

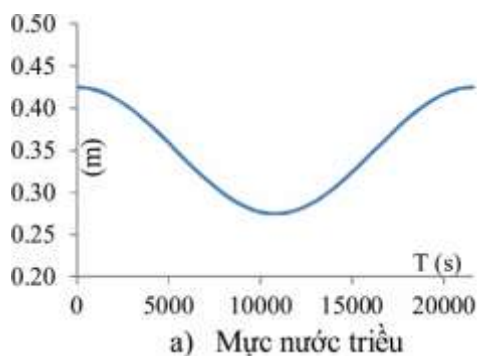
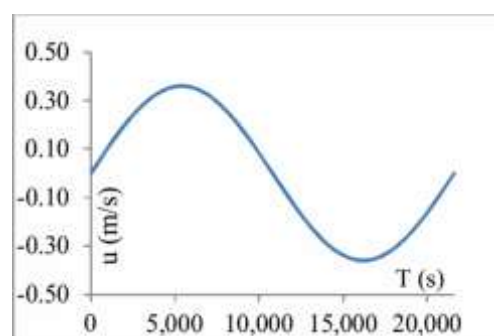
Trong mô phỏng số tạo ra mực nước và vận tốc biến đổi giống thực tế.

Trong trường hợp này lựa chọn vận tốc và mực nước triều đều (điều kiện lý tưởng), được biểu thị như sau:

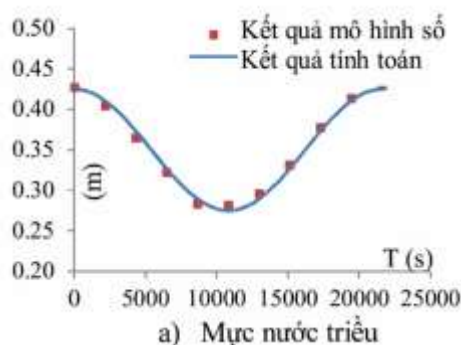
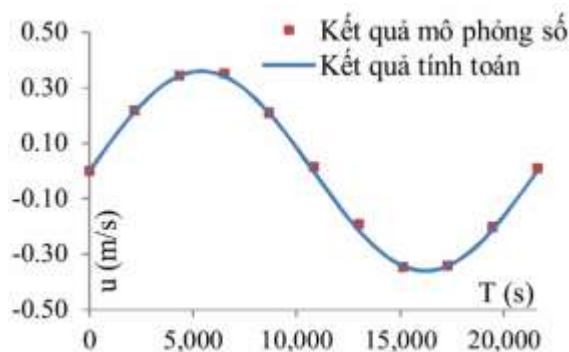
$$u = u_{\max} \sin(2\pi t / T) \quad (8)$$

$$\eta = \eta_0 + \frac{H}{2} \sin(2\pi t / T + \pi / 2) \quad (9)$$

Ở đây T là chu kỳ triều, η_0 là mực nước triều trung bình, và H là biên độ triều, $H = \eta_{\max} - \eta_{\min}$. Các thông số trong công thức được lựa chọn như sau: $T=21600s$, $u_{\max}=0.34m/s$, $\eta_0=0.35m$, và $H=0.15m$, thể hiện Hình.

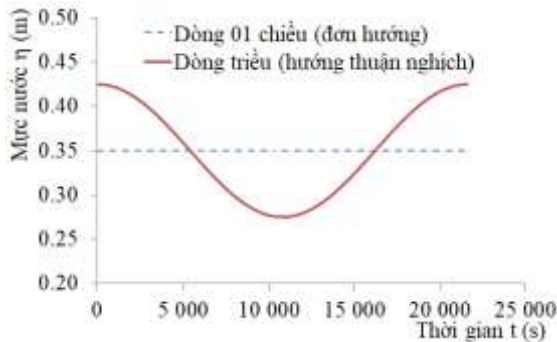
**a) Mực nước triều****b) Vận tốc triều****Hình 5: Hình dạng dòng triều.**

2.2.5 Đánh giá mô hình

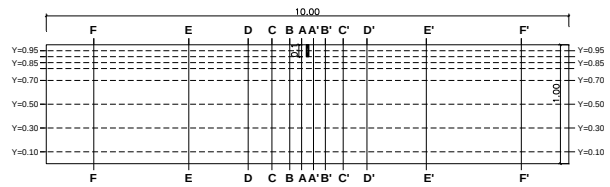
**a) Mực nước triều****b) Vận tốc triều**

Hình 6: Đánh giá kết quả tính toán và mô phỏng số của mực nước và vận tốc triều

Để đánh giá hiệu quả của máng triều trên mô hình số, một trường hợp không có mỏ hàn đã được mô phỏng. Kết quả mô phỏng được sử dụng để so sánh vận tốc và mực nước triều. Kết quả mô phỏng tại mặt cắt A-A (Hình) được sử dụng để so sánh mực nước triều, và vận tốc tại $z=\eta_{\min}/2$. Hình cho thấy, có sự phù hợp tốt giữa kết quả tính toán và mô phỏng số.



a) Mực nước triều



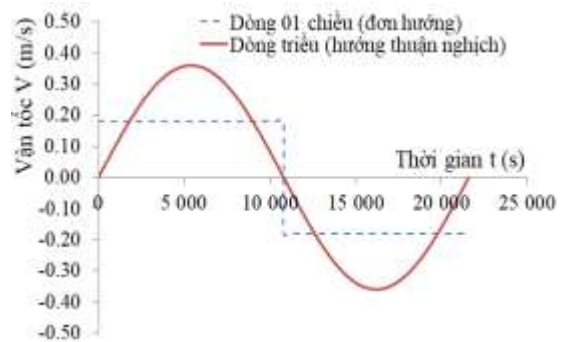
Hình 7: Sơ đồ mặt cắt ngang lấy số liệu

3. CÁC KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1 Các trường hợp nghiên cứu:

Máng số được nghiên cứu cho 2 trường hợp:

- (1) Dòng chảy đơn hướng
- (2) Dòng chảy thuận nghịch.



b) Vận tốc triều

Hình 8: Các trường hợp mô phỏng nghiên cứu (1) dòng đơn hướng và (2) dòng thuận nghịch.

3.2 Đặc tính thủy lực khu vực mỏ hàn trong đoạn sông có dòng chảy đơn hướng

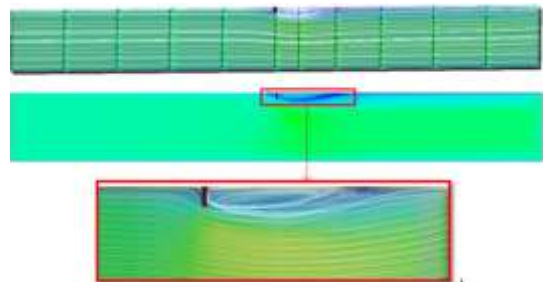
Trước hết, ta cần kiểm chứng độ tin cậy của mô hình tính toán máng nước số trong nghiên cứu này. Hình là sơ đồ các mặt cắt phân tích và lấy số liệu trong mô hình máng số. Hình thể hiện các trường hợp mô phỏng nghiên cứu. Sau khi dòng nước chảy qua MH, hạ lưu MH hình thành khu nước vật. Theo nghiên cứu của Lương Phương Hậu [11, 12] độ dài của khu nước vật sau MH bằng phẳng hình chữ nhật bằng 7÷8 lần chiều dài MH, công thức chiều dài khu nước vật là:

$$l/b_0 = 5.7C_0^{0.3} - 6.3 \quad (10)$$

Trong đó, l là chiều dài khu nước vật hạ lưu MH, b_0 là chiều dài MH, $C_0 = H^{1/6}/n \cdot g^{1/2}$, n là

hệ số nhám, g là gia tốc trọng trường $9,8 \text{ m/s}^2$.

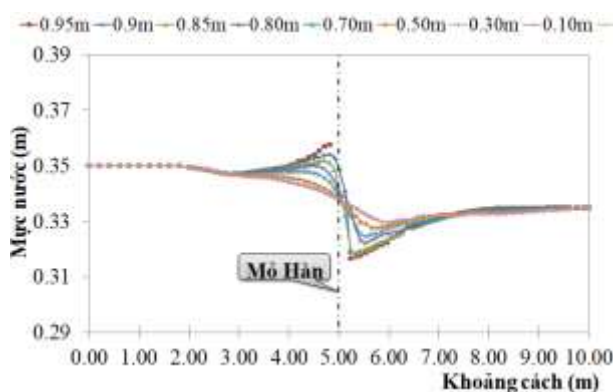
Từ công thức (10) có thể tính ra chiều dài khu nước vật hạ lưu MH trong nghiên cứu này là 7 lần chiều dài MH. Thực tế mô phỏng theo mô hình toán, chiều dài khu nước vật sau MH là 8,2 lần chiều dài MH, như Hình 9 thể hiện.



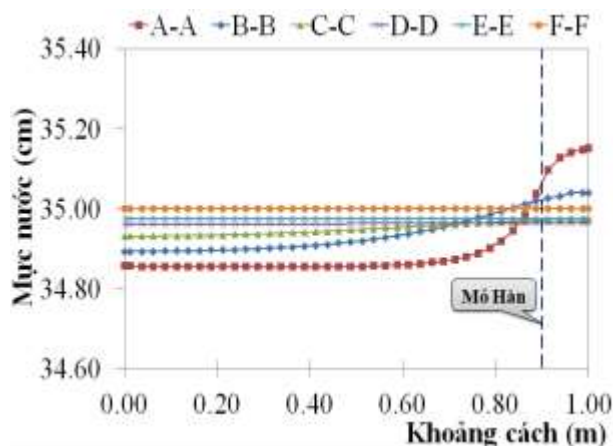
Hình 9: Chiều dài khu nước vật sau mỏ hàn
Chịu tác dụng ngăn chặn của MH, dòng chảy

trong máng nước sẽ xuất hiện độ dốc dọc, độ dốc ngang của mặt nước, như các Hình và Hình thể hiện.

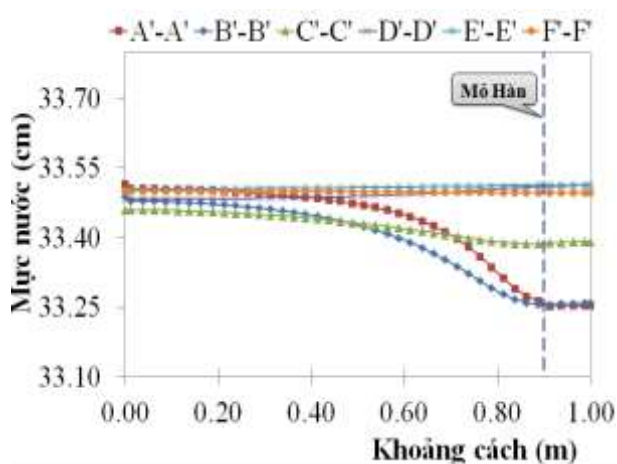
Trên phương dọc, nước dâng thượng lưu MH chủ yếu xuất hiện ở phụ cận MH. Hạ lưu MH xuất hiện hạ thấp mực nước rõ rệt. Về phía bờ đối diện với MH, mức độ hạ thấp mực nước giảm dần. Theo phương ngang, ở thượng lưu MH, phía bờ có MH mực nước cao hơn phía đối diện. Ở hạ lưu MH thì ngược lại, nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu về đặc tính dòng chảy xung quanh mỏ hàn dưới tác động của dòng chảy đơn hướng trong luận văn tiến sĩ của Lương Phương Hậu (1981)[12]. Điều đó thể hiện độ tin cậy của mô hình Flow-3D mà luận án này ứng dụng.



Hình 10: Đường mặt nước theo phương dọc gần mỏ hàn



a) Thượng lưu



b) Hạ lưu

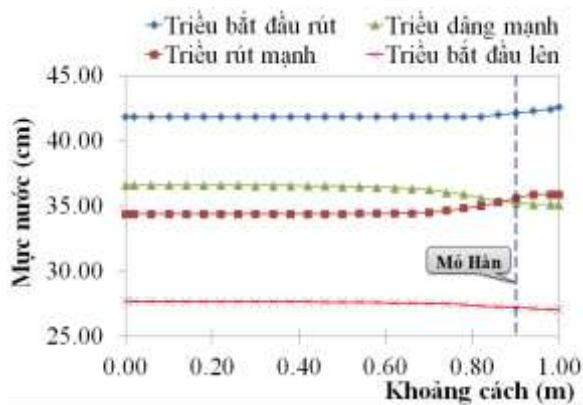
Hình 11: Độ dốc ngang mặt nước ở thượng hạ lưu mỏ hàn

3.3 Nghiên cứu đặc tính Thủy lực khu vực MH trong đoạn sông ảnh hưởng triều có dòng chảy thuận nghịch

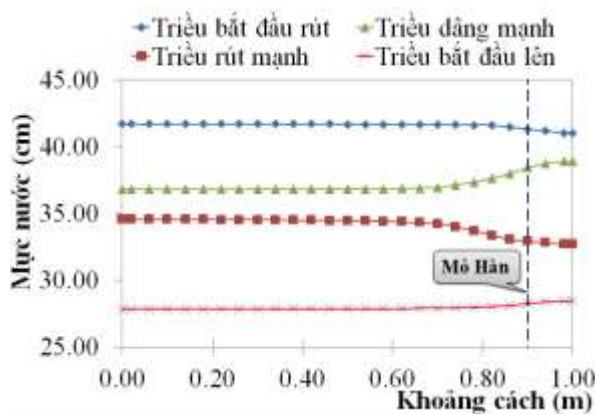
Trong điều kiện dòng chảy đơn hướng, cấu trúc dòng chảy tại vùng phụ cận MH có thể được duy trì và phát triển ổn định, còn trong điều kiện dòng chảy thuận nghịch, cấu trúc dòng chảy ở một hướng nào đó phát triển đến một mức độ nào đó thì sẽ bị dòng chảy ngược chiều khống chế và thay thế. Hai cấu trúc dòng chảy liên quan đến nhau, khống chế lẫn nhau, chế độ thủy lực rất phức tạp. Sau đây, trên cơ sở mô hình toán, nghiên cứu phân tích cấu trúc dòng chảy và phân bố ứng suất tiếp đáy trong điều kiện dòng chảy 02 chiều thuận nghịch ở vùng phụ cận MH.

(1) Nghiên cứu về độ dốc mặt nước phương ngang

Trong đoạn sông ảnh hưởng triều, sau khi xây dựng MH, khi triều rút, mực nước thượng lưu phía bờ có MH do bị MH chặn lại sẽ cao hơn mực nước phía bờ đối diện. Sau khi dòng chảy đi qua MH, hạ lưu thân MH hình thành tồn thất cột nước rõ rệt, mực nước phía bờ có MH thấp hơn phía bờ đối diện, tương tự như trường hợp dòng chảy đơn hướng.



a) Mặt cắt A-A



b) Mặt cắt A'-A'

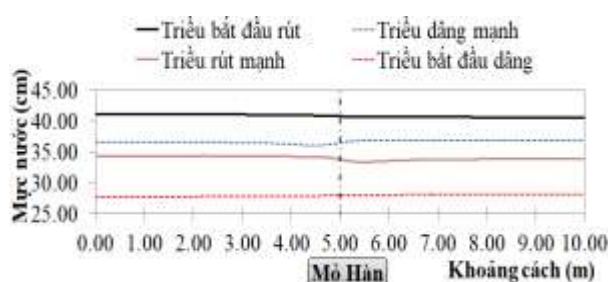
Hình 12: Độ dốc mặt nước phương ngang tại Mặt cắt A-A và A'-A' ở khu vực mỏ hàn

Như Hình 12 thể hiện, khi bắt đầu triều rút chuyển sang triều dâng, khu nước vật hạ lưu MH biến động tăng lên của mực nước tương đối nhanh, mực nước cao hơn mực nước phía bờ đối diện. Phía thượng lưu, mực nước phía bờ có MH mực nước biến đổi chậm, mực nước thấp hơn mực nước phía bờ đối diện. Khi triều dâng mạnh, xu thế đường mặt nước trên phương ngang máng nước ngược với khi triều rút mạnh. Khi bắt đầu triều dâng chuyển sang triều rút, đường mặt nước phương ngang máng nước tương đối ổn định. Hình thể hiện độ dốc mặt nước phương ngang tại Mặt cắt A-A và A-A' ở thượng, hạ lưu MH.

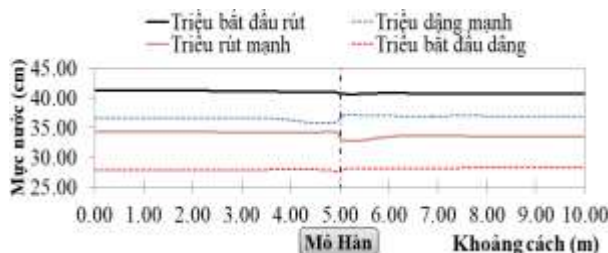
Phân tích quá trình biến đổi đường mặt nước phương ngang trong quá trình triều dâng và rút ta thấy rõ: phía thượng lưu MH, chênh lệch triều

phía bờ có MH nhỏ hơn phía bờ đối diện, còn ở hạ lưu MH, chênh lệch triều phía MH lớn hơn phía bờ đối diện. Phía bờ có MH, sự thay đổi mực nước ở hạ lưu MH có biên độ lớn hơn rõ rệt so với thượng lưu. Chênh lệch triều ở khu vực nước vật (15.51cm) lớn hơn so với khu vực nước dâng ở thượng lưu (12.56cm). Phía bờ đối diện với MH, chênh lệch triều (14.14cm) thiên lớn hơn so với thượng lưu (13.83cm).

(2) Độ dốc mặt nước phương dọc.



a) Vị trí Y=0.50



b) Vị trí Y=0.85

Hình 13: Độ dốc mặt nước phương dọc khu vực mỏ hàn

Sau khi dòng chảy đi qua MH, thượng hạ lưu MH sẽ xuất hiện khu vực nước dâng và khu vực nước hạ, như Hình 13 thể hiện. Khi mực nước hạ gấp, do độ sâu máng nước nông, phạm vi nước dâng và nước hạ ở thượng hạ lưu tương đối lớn. Phạm vi vùng nước dâng khoảng 3m, phạm vi nước hạ ở hạ lưu dài khoảng 4m. Khu vực nước hạ tương đối dài, biên độ hạ thấp mực nước ở hạ lưu MH lớn hơn biên độ dâng nước ở thượng lưu MH.

Khi mực nước dâng gấp, độ sâu trong máng nước tương đối lớn, phạm vi dâng hạ mực nước ở thượng hạ lưu MH tương đối nhỏ. Phạm vi hạ

thấp mực nước thượng lưu MH dài khoảng 3,6m phạm vi nước dâng ở hạ lưu MH dài khoảng 2,6m. Sự biến đổi mực nước ở thượng hạ lưu MH chỉ hạn chế ở phụ cận MH. Khi cách chiều rộng máng nước $y=0.5m$, sự thay đổi mực nước đã rất nhỏ và gần như không chịu tác động của MH.

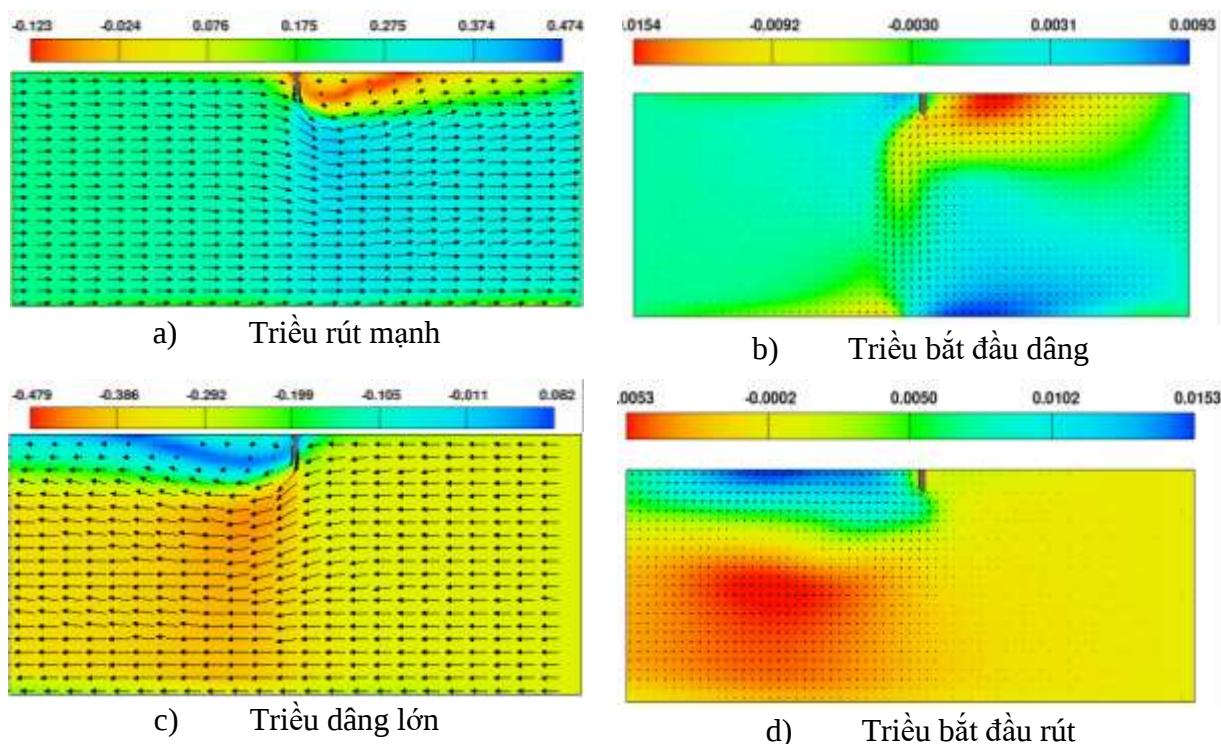
(3) Trường lưu tốc

Trường hợp triều rút mạnh, sau khi dòng chảy đi qua MH, dưới tác động của MH, từ mũi MH về hạ lưu, dòng chảy hình thành khu vực tăng tốc rõ rệt Phía thượng lưu MH, do bị thân MH chắn ngang, lưu tốc giảm nhỏ. Phía hạ lưu MH hình thành khu nước vật lớn, chiều dài khu nước vật bằng 7,5 lần chiều dài MH, ngắn hơn chiều dài khu nước vật trong trường hợp dòng đơn hướng, như Hình 14a thể hiện.

Khi mực nước bắt đầu dâng lên, khu vực nước vật hạ lưu MH dòng chảy ngược từ hạ lưu đi lên theo sát thành máng được tăng cường, dòng đi

về hạ lưu của kỳ triều rút giảm xuống nhanh chóng. Do ảnh hưởng đó, khu nước vật hạ lưu MH dần thu ngắn lại, tăng thêm chiều rộng và chuyển động về phía bờ đối diện. Hạ lưu và đầu mũi MH xuất hiện dòng nước ngược tương đối mạnh, như Hình 14b.

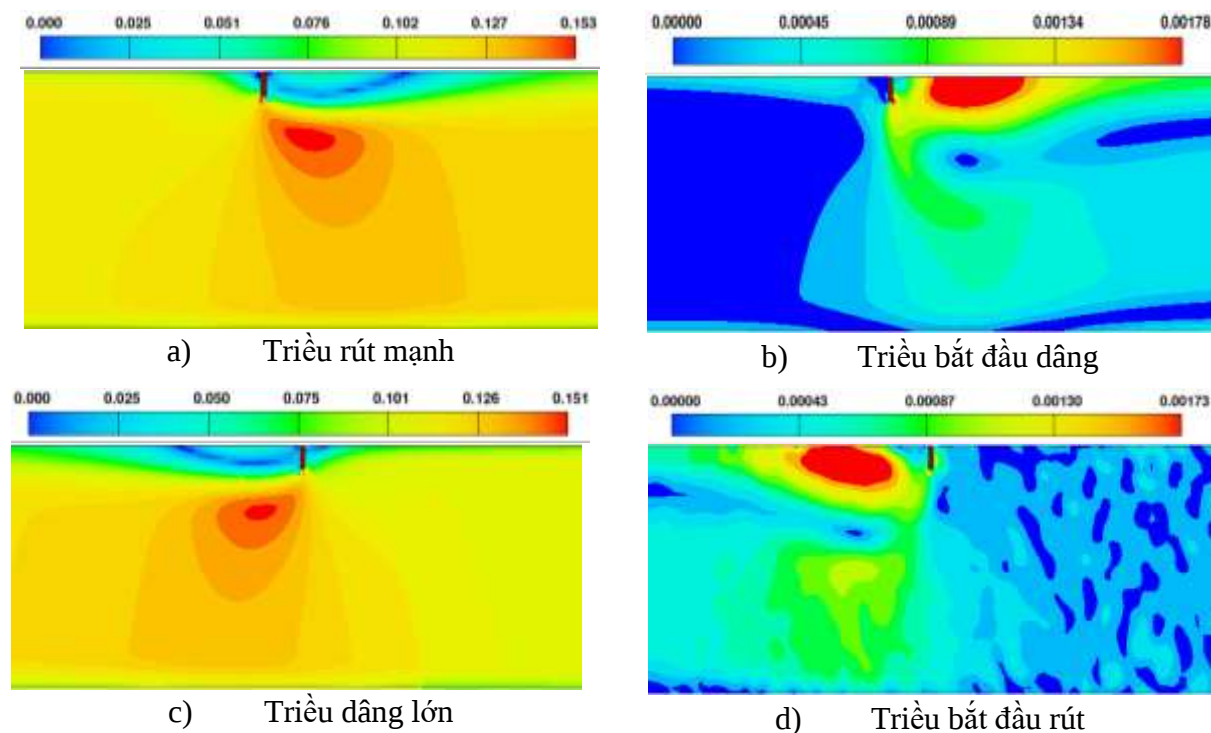
Khi dòng triều dâng gấp, tương tự như khi triều rút mạnh, khu vực lưu tốc tăng, thượng lưu MH xuất hiện khu nước vật có chiều dài bằng 7 lần chiều dài MH, như Hình 14c thể hiện. Theo sự thay đổi của mực nước, thời gian đầu của kỳ triều rút, khu nước vật thượng lưu MH nhanh chóng giảm nhỏ, đồng thời di chuyển về phía bờ đối diện. Thượng lưu MH và đầu mũi MH xuất hiện dòng triều hạ tương đối mạnh, như Hình 14d thể hiện. So với dòng đơn hướng, khu nước vật dòng chảy thuận nghịch có chiều dài nhỏ hơn, chứng tỏ rằng khu nước vật không được phát triển đầy đủ.



Hình 14: Trường lưu tốc khu vực MH trong điều kiện dòng chảy thuận nghịch

(4) Biến đổi của ứng suất tiếp đáy

Ứng suất tiếp đáy lòng sông là căn cứ quan trọng để phán đoán xói bồi của lòng sông. Trên Hình biểu thị sự thay đổi của hiệu số ứng suất tiếp đáy máng nước.



Hình 15: Biến đổi ứng suất tiếp đáy lòng dẫn trong điều kiện dòng triều thuận nghịch τ (kg/m.s²)

Khi triều rút mạnh, trước mũi MH xuất hiện khu vực tăng ứng suất tiếp rõ rệt, độ chênh tăng cực đại là $0,1 \div 0,15$ kg/(m.s²). Khu vực chảy êm của thượng hạ lưu MH, ứng suất tiếp đáy giảm nhỏ, hơn nữa phạm vi giảm nhỏ ở thượng lưu nhỏ hơn nhiều so với ở hạ lưu, chứng tỏ khu vực đầu mũi MH hình thành vùng xói, còn thượng hạ lưu MH hình thành khu bồi lắng.

Ở thời điểm bắt đầu dâng triều, hạ lưu MH và đầu mũi MH ứng suất tiếp tăng lên rõ rệt. Đó chủ yếu là vì ở thời điểm chuyển hướng dòng chảy, lưu tốc dòng chảy tại khu nước vật hạ lưu MH phát sinh biến đổi, chứng tỏ rằng khi triều rút chuyển sang triều dâng, đầu mũi MH sẽ phát sinh xói ở mức độ nhất định. Khi triều dâng mạnh, ứng suất tiếp đáy lòng dẫn ở thượng lưu sẽ tăng lên, trị số tăng lớn nhất đạt $0,1 \div 0,15$ kg/(m.s²). Ứng suất tiếp đáy của lòng dẫn hạ lưu MH giảm nhỏ.

So với trường hợp khi triều rút mạnh, thì phạm vi biến hóa của ứng suất tiếp đáy lòng dẫn khi triều dâng mạnh tương đối nhỏ. Ở thời điểm bắt đầu triều rút, hạ lưu MH và đầu mũi MH, ứng suất tiếp đáy tăng lên, biên độ tăng nhỏ hơn với thời điểm bắt đầu triều dâng.

Một cách tổng quát, do chịu ảnh hưởng của dạng triều trong máng nước, biến đổi của ứng suất tiếp đáy MH có giá trị cực đại vào thời kỳ cực trị triều dâng hoặc rút. Vào thời điểm chuyển hướng, vùng mũi MH và vùng phía đón dòng, ứng suất tiếp tăng lên rõ rệt.

4. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu đặc tính thủy lực khu vực công trình MH trong đoạn cửa sông có dòng chảy thuận nghịch, có thể rút ra các kết luận chính sau:

- (1) Mô hình Flow-3D có đủ độ tin cậy trong nghiên cứu chế độ thủy động lực do công trình MH tạo ra trong đoạn sông ảnh hưởng triều.
- (2) Trong điều kiện dòng triều chảy thuận nghịch, phía bờ sông có MH, hạ lưu có chênh lệch triều lớn hơn nhiều so với thượng lưu. Chênh lệch triều ở thượng lưu MH, phía có MH nhỏ hơn so với bờ đối diện. Ở hạ lưu thì phía có MH chênh lệch triều lớn hơn so với bờ đối diện.
- (3) Trong thời gian triều rút, chiều dài khu nước vật và khu nước dâng do tác động của MH lớn hơn so với khi triều lên. Ở thời kỳ chuyển hướng, vùng phụ cận mũi MH có lưu tốc tương đối lớn.
- (4) Biến đổi của ứng suất tiếp đáy khu vực MH có giá trị cực đại vào thời kỳ cực trị triều dâng hoặc rút. Vào thời điểm chuyển hướng, vùng mũi MH và vùng phía đón dòng, ứng suất tiếp tăng lên rõ rệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Yossef, M.F.M., *The effects of groynes on rivers*. Delft University, 2002.
- [2] Lương Phương Hậu., *Nghiên cứu các giải pháp khoa học, công nghệ cho hệ thống công trình chỉnh trị sông trên các đoạn trọng điểm vùng đồng bằng bắc bộ và nam bộ*. 2010.
- [3] Nguyễn Ngọc Cẩn., *Nghiên cứu công trình chỉnh trị đoạn sông Hồng cửa Đuống - cảng Hà Nội để chống bồi lấp cảng*. Tuyển tập các công trình nghiên cứu thủy lực bùn cát và lòng dẫn sông Hồng, Viện KHTL, 1984.
- [4] Nguyễn Ngọc Quỳnh, T.X.T., Nguyễn Thành Trung, *Công trình bảo vệ bờ khu vực Bắc Bộ và Trung Bộ*. 2016, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- [5] Nguyễn Đăng Giáp., *Nghiên cứu tính toán diễn biến lòng sông dưới tác dụng của công trình chỉnh trị*. 2012, Viện KHTL Việt Nam, LATS.
- [6] Nguyễn Kiên Quyết., *Nghiên cứu một số giải pháp phòng chống sạt lở bờ sông*. 2012, Viện KHTL Việt Nam, LATS.
- [7] Phạm Thành Nam., *Nghiên cứu tính toán biến hình lòng dẫn dưới tác dụng của các giải pháp chỉnh trị sông phục vụ giao thông thủy*. 2012, Trường Đại học Xây dựng, LATS.
- [8] Dou, X., et al., *Local scour characteristics of groins at tidal waterways and their simulation*. 2010. 1(32): p. sediment. 66.
- [9] Zhangxin-zhou, *study on characteristics of local scour around spur dikes in tidal rivers and numerical simulations*. 2009, Hohai University, Doctor Degree Dissertation.
- [10] *Exercises-water & environment training on flow-3d v11*. 2017.
- [11] Lương Phương Hậu, *Một số vấn đề thủy lực vùng sông có kè mỏ hàn*. Tạp trí KHCN Thủy lợi, 1982.
- [12] Hau, L.P., *Contributii la hidralica lucrărilor de regularizarea albillor*. 1981, Bucuresti.