

MÔ HÌNH HÓA QUÁ TRÌNH DIỄN BIẾN HÌNH THÁI CỦA BIỂN LÝ TƯƠNG BẰNG MÔ HÌNH ĐỘNG LỰC HÌNH THÁI HAI CHIỀU

TRẦN THANH TÙNG

Khoa Kỹ thuật Biển, Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Bài báo này trình bày các kết quả nghiên cứu diễn biến hình thái, động lực của một cửa biển lý tưởng dưới các tác động khác nhau của sóng và dòng chảy bằng mô hình hình thái dạng quá trình Delft-3D do Viện Thủy lực Delft, Hà Lan (WL| Delft Hydraulics) phát triển. Mặc dù nghiên cứu chỉ tiến hành mô phỏng các diễn biến của một cửa biển lý tưởng nhưng các phân tích diễn biến hình thái cho thấy sự phù hợp giữa kết quả mô phỏng với các hệ số tương quan ổn định cửa và các hiện tượng dòng chảy và biến đổi hình thái diễn ra trong tự nhiên. Các kết quả nghiên cứu bổ sung thêm những hiểu biết thấu đáo hơn về quá trình diễn biến cửa đồng thời giúp lý giải các hiện tượng diễn biến cửa xảy ra trong thực tế. Bước đầu lượng hóa các hệ số ổn định kinh nghiệm và tương quan giữa các yếu tố động lực sóng và dòng chảy tới sự ổn định và quá trình diễn biến cửa.

1. Giới thiệu chung

Các diễn biến hình thái tại một cửa biển dưới tác động của sóng và dòng chảy là một quá trình phức tạp. Một phần là do bản thân các tương tác giữa sóng, dòng chảy, vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy tại khu vực cửa rất phức tạp và còn nhiều vấn đề chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ và thỏa đáng. Mặt khác, các yếu tố động lực tham gia vào quá trình diễn biến cửa như sóng, dòng chảy, mực nước liên tục biến đổi theo không gian và thời gian.

Thông thường, một cửa biển có thể duy trì ở trạng thái cân bằng “ổn định” khi các yếu tố động lực tác động tới cửa cân bằng với nhau. Tuy nhiên trạng thái cân bằng ổn định này có thể bị phá vỡ khi cửa chịu tác động của các hiện tượng thời tiết bất thường hoặc do sự can thiệp của con người. Cửa cũng có thể chuyển từ trạng thái cân bằng ổn định sang trạng thái không ổn định do quá trình phát triển suy tàn tự nhiên của cửa. Để đánh giá khái quát trạng thái ổn định và khả năng bồi lấp của một cửa biển, hệ số ổn định tương đối của Brunn và Gerritsen (1960) hay đường cong ổn định Escoffier (1940) thường hay được sử dụng. Hệ số ổn định tương đối của Brunn và Gerritsen (1960) biểu thị tương quan giữa thể tích lắng trụ triệu trao đổi qua cửa với lượng bùn cát tổng cộng vận chuyển dọc bờ ($r = P/M_{tot}$). Đường cong ổn định Escoffier (1940) biểu thị quan hệ giữa vận tốc dòng chảy qua cửa

và diện tích mặt cắt ngang cửa ($V \sim A_c$). Hệ số kinh nghiệm trong các tương quan trên được xác định dựa trên các số liệu đo đạc tại nhiều cửa biển trên thế giới. Tuy nhiên vì mỗi một cửa biển có một đặc tính thủy động lực học và hình thái cũng như điều kiện địa chất riêng nên chỉ có thể đánh giá một cách định tính mức độ ổn định của cửa mà không thể lượng hóa cũng như dự báo được trạng ổn định của cửa theo thời đoạn dài.

Nghiên cứu diễn biến hình thái cửa biển có thể được tiến hành dựa trên phân tích các tương quan kinh nghiệm thông qua các số liệu đo đạc địa hình và các đặc trưng hình thái cửa tại các thời điểm khác nhau trong quá khứ. Tuy nhiên vì không phải lúc nào và tại bất kỳ một cửa biển nào cũng có số liệu đo đạc đầy đủ và hệ thống, mặt khác các đo đạc này hiếm khi được thực hiện một cách liên tục nên nếu chỉ dựa vào số liệu đo đạc tại các thời điểm rời rạc sẽ rất khó lượng hóa các diễn biến cửa trong thời đoạn dài. Nghiên cứu cửa cũng có thể được tiến hành trên mô hình vật lý, tuy nhiên các nghiên cứu dạng này khá phức tạp và tốn kém khi cần phải tái tạo các diễn biến tự nhiên của cửa trong phòng thí nghiệm. Một phần vì chúng được quy định và khống chế bởi các luật tương tự khi sử dụng tỷ lệ thu nhỏ mô hình, bị hạn chế bởi kỹ thuật tái tạo các tác động của sóng, dòng chảy và vận chuyển bùn cát đối với cửa; bởi kỹ thuật và thiết bị đo đạc và hạn chế bởi phạm vi nghiên cứu cũng như thời đoạn

ngghiên cứu. Chỉ có một số ít phòng thí nghiệm trên thế giới có đủ điều kiện để tiến hành các mô phỏng dạng này. Hiện nay, công cụ mô hình toán đang dần thay thế các phương pháp mô phỏng bằng mô hình vật lý và trở thành công cụ hỗ trợ hiệu quả cho các phân tích tương quan kinh nghiệm, khi khả năng mô phỏng các hiện tượng và quá trình dòng chảy và diễn biến hình thái trong tự nhiên của mô hình toán ngày càng trở nên linh hoạt và sát với thực tế hơn. Các hạn chế trước kia về tính ổn định, phạm vi tính toán, bước thời gian tính toán và thời đoạn tính toán của mô hình toán đã dần được khắc phục cùng với sự phát triển của các phương pháp tính và tốc độ tính toán ngày càng nhanh của máy tính điện tử.

Nghiên cứu này sẽ trình bày một ứng dụng của mô hình hình thái dạng quá trình trong nghiên cứu diễn biến của một cửa biển lý tưởng tương ứng với các điều kiện biên khác nhau của sóng và dòng chảy.

2. Mô hình động lực hình thái hai chiều

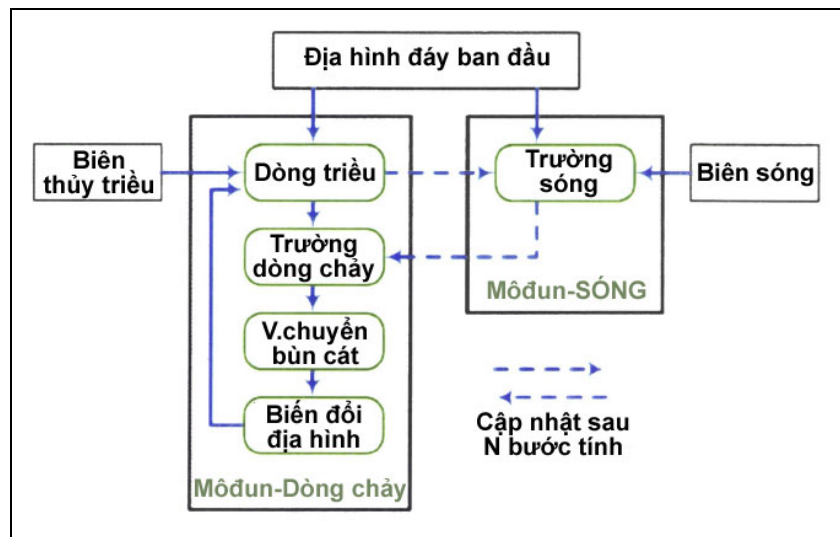
2.1 Giới thiệu chung về mô hình Delft-3D

Để mô hình hóa các diễn biến hình thái tại 1 cửa biển dưới tác động của sóng và dòng chảy, mô hình Delft 3D, mô hình động lực hình thái dạng quá trình đã được sử dụng trong nghiên cứu. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm khảo sát diễn biến của một cửa biển lý tưởng tương ứng với các tác động khác nhau của biên độ triều, và năng lượng sóng. Mô hình Delft 3D, do Viện Thủy lực Delft (WL|Delft Hydraulics) phát triển, được thiết kế nhằm mô phỏng quá trình dòng chảy, sóng, chất lượng nước, vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy cho sông thiên nhiên, cho vùng cửa sông hay bờ biển. Mô hình bao gồm nhiều mô đun tính toán riêng rẽ được tích hợp trong một sản phẩm phần mềm bao gồm mô đun dòng chảy, sóng, vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy, vv như sơ đồ ở hình 1. Hệ phương trình cơ bản của mô hình Delft-3D, các mô đun tính toán chính được sử dụng trong nghiên cứu này sẽ được trình bày tóm tắt trong mục này. Chi tiết

về mô hình Delft-3D có thể tham khảo tại Lesser et al. (2004) hoặc Roelvink (2006).

a/ Mô đun Dòng chảy

Mô-đun dòng chảy (FLOW) là chương trình thủy động lực học mô phỏng chế độ dòng chảy xây dựng trên cơ sở giải hệ phương trình thủy lực không ổn định viết cho vùng nước nông, trên lưới sai phân cong so le, sử dụng lược đồ ADI (Lesser et al, 2004). Các hiện tượng thủy triều; dòng chảy do sóng hoặc do gió tạo ra; dòng mật độ hoặc dòng chảy phân tầng đều được xét tới trong quá trình mô phỏng. Biến đổi địa hình đáy, biến thiên mực nước và các thay đổi của trường dòng chảy được tích hợp trong quá trình mô phỏng dòng chảy tại từng bước thời gian tính toán. Trong các phiên bản cũ của mô hình Delft-



Hình 1. Sơ đồ các mô đun và liên kết giữa các khối tính toán của mô hình Delft 3D

3D, các mô đun sóng, dòng chảy, vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy được điều khiển qua mô đun trung tâm. Trong phiên bản mới của mô hình Delft-3D, mô đun dòng chảy là khối tính toán chính được tích hợp với các mô đun vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy trên cùng 1 lưới tính (hình 1). Tương tác giữa sóng, dòng chảy, địa hình được liên tục cập nhật giữa hai mô đun sóng và dòng chảy tùy theo bước thời gian do người dùng xác lập.

b/ Mô đun Sóng

Mô đun sóng trong mô hình Delft-3D sử dụng mô hình sóng thế hệ hai của HISWA hoặc mô hình sóng toàn phổ thế hệ ba SWAN (Holthuijsen et al., 1997). Nó cho phép mô

phông các hiện tượng lan truyền sóng từ vùng nước sâu vào bờ và có xét tới các tương tác sóng và dòng chảy, tính toán dòng chảy hình thành do sóng. Mô đun sóng và mô đun dòng chảy được liên kết thông qua tính năng “wave online”. Các tính toán của mô đun sóng được thực hiện sau mỗi N bước tính của mô đun dòng chảy (xem hình 1). Tại thời điểm này, mô đun sóng được cập nhật mới các thông số địa hình đáy, mực nước và trường vận tốc; ngược lại các thông số chiều cao sóng, chu kỳ sóng và hướng sóng cũng như vận tốc dòng chảy do sóng tạo ra được cập nhật trở lại mô đun dòng chảy.

c/ Tính toán vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy trực tuyến

Tính toán vận chuyển bùn cát và biến đổi địa hình đáy trực tuyến là tính năng mới trong mô đun dòng chảy của mô hình Delft-3D. Thay bằng cách sử dụng khối điều khiển trung tâm gọi đến mô đun bùn cát và mô đun hình thái, trong mô đun dòng chảy địa hình đáy được cập nhật liên tục sau mỗi bước tính dòng chảy và sử dụng địa hình đáy mới được cập nhật để tính toán lại trường dòng chảy. Vận chuyển bùn cát được chia thành 2 thành phần: bùn cát lơ lửng và bùn cát

đáy. Vận chuyển bùn cát lơ lửng được xác định bằng cách lấy tích phân theo độ sâu phương trình khuếch tán đối lưu của bùn cát lơ lửng. Vận chuyển bùn cát đáy được tính toán một cách riêng rẽ tại lớp dòng chảy sát đáy sử dụng công thức vận chuyển bùn cát đáy có kể tới ảnh hưởng của sóng và dòng chảy của Vanrijn (2001).

1.2 Hệ phương trình cơ bản

Như đã giới thiệu ở phần trước, mô đun dòng chảy của mô hình Delft-3D (FLOW modul) được xây dựng trên cơ sở giải hệ phương trình thủy lực không ổn định hai chiều (lấy trung bình theo độ sâu) hoặc 3 chiều trong vùng nước nông. Hệ phương trình cơ bản bao gồm phương trình chuyển động 2 chiều hoặc 3 chiều, phương trình liên tục dòng chảy và phương trình liên tục bùn cát (hay còn gọi là phương trình vận chuyển). Hệ phương trình thủy cơ bản được giải trên lưới tính hình chữ nhật trong hệ tọa độ đề-các (Cartesian), hoặc trên lưới cong (orthogonal curvilinear) hoặc trên lưới hình cầu (spherical grid).

a) Phương trình chuyển động hai chiều

Phương trình chuyển động hai chiều trong hệ phương trình cơ bản có dạng sau

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\omega}{h} \frac{\partial U}{\partial \sigma} - fV &= -\frac{1}{\rho_0} P_x + F_x + M_x + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(v_v \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right) \\ \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\omega}{h} \frac{\partial V}{\partial \sigma} - fU &= -\frac{1}{\rho_0} P_y + F_y + M_y + \frac{1}{h^2} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(v_v \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right) \end{aligned}$$

Trong đó:

U, V là thành phần lưu tốc theo phương x và y

P_x, P_y là thành phần áp lực theo phương x và y

F_x, F_y là ứng suất Reynold theo phương x và y

M_x, M_y là các thành phần mômen của các

ngoại lực theo phương x và y

x, y, σ là trục x, trục y và trục z

h là độ sâu nước

b) Phương trình liên tục chất lỏng

Phương trình liên tục chất lỏng, lấy trung bình theo độ sâu được viết như sau

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial [h\bar{U}]}{\partial x} + \frac{\partial [h\bar{V}]}{\partial y} = S$$

$$\frac{\partial [hc]}{\partial t} + \frac{\partial [hUc]}{\partial x} + \frac{\partial [hVc]}{\partial y} + \frac{\partial [\omega c]}{\partial \sigma} = h \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_H \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_H \frac{\partial c}{\partial y} \right) \right] + \frac{1}{h} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[D_V \frac{\partial c}{\partial \sigma} \right] + hS$$

Trong đó: ζ là cao trình mặt nước

S là thành phần lượng vào/ra trên 1 đơn vị diện tích bề mặt (do bốc hơi, mưa, hoặc do lưu lượng chảy đến hoặc chảy ra khỏi khối chất lỏng)

c) Phương trình vận chuyển

Dòng chảy trong sông thiên nhiên, ở khu vực cửa sông hay bờ biển thường tham gia vào quá trình vận chuyển các chất lơ lửng, tham gia vào quá trình lan truyền nhiệt hoặc lan truyền độ mặn. Trong mô đun Dòng chảy, quá trình vận chuyển các chất lơ lửng hoặc quá trình lan truyền nhiệt được mô hình hóa bằng phương trình khuếch tán - đối lưu trên hệ tọa độ 3 chiều có dạng như sau:

Trong đó

S: biểu thị lượng vào/ra trên 1 đơn vị diện tích

D_H, D_V là thành phần khuếch tán theo phương ngang và thẳng đứng

v_H, v_V là hệ số nhớt theo phương ngang và thẳng đứng

ω là thành phần vận tốc theo phương thẳng đứng

c biểu thị nồng độ bùn cát hoặc mật độ của chất lỏng

Phương trình vận chuyển có thể dùng để mô phỏng quá trình vận chuyển bùn cát lơ lửng trong sông thiên nhiên, ở khu vực cửa sông hay bờ biển.

d) Vận chuyển bùn cát đáy

Trong mô hình Delft-3D, vận chuyển bùn cát đáy dưới tác động của sóng và dòng chảy được tính toán cho lớp dòng chảy sát đáy. Độ lớn và hướng vận chuyển bùn cát đáy trên bề mặt đáy nằm ngang được tính toán theo phương pháp của Van Rijn (2001), có xét tới thành phần vận tốc quỹ đạo sóng bất đối xứng. Công thức vận chuyển bùn cát đáy của Van Rijn (2001) có dạng như sau:

$$|S_b| = \eta 0.006 \rho_s w_s M^{0.5} M_e^{0.7}$$

Trong đó

$|S_b|$ là độ lớn của bùn cát được vận chuyển ở đáy

η lượng bùn cát có trong lớp dòng chảy sát đáy

M: hệ số dịch chuyển bùn cát đáy do tác động của sóng và dòng chảy

M_e : là hệ số dịch chuyển bùn cát vượt quá (tới hạn)

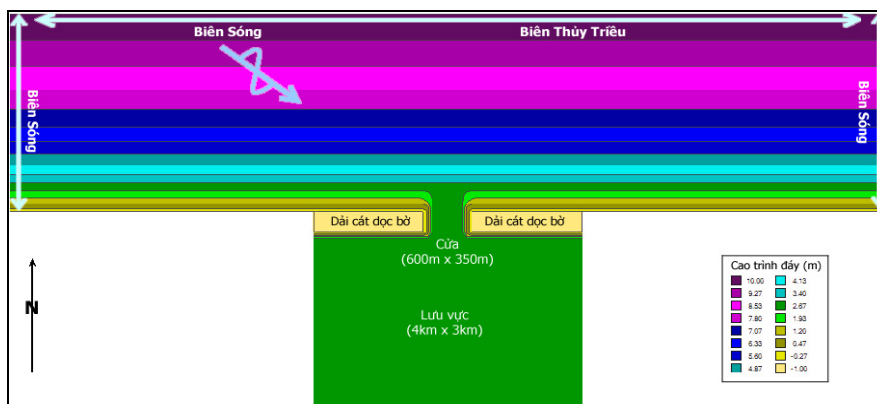
3. Mô phỏng diễn biến cửa bằng mô hình hình thái hai chiều

Phần trên đã giới thiệu sơ bộ về tính năng, các mô đun toán chính và hệ phương trình cơ bản của mô hình Delft-3D. Trong phần này các diễn biến hình thái 2 chiều của một cửa biển lý tưởng được khảo sát tương ứng với các điều kiện biên khác nhau của sóng và thủy triều sử dụng mô hình Delft-3D. Với giả thiết sóng và dòng chảy là các yếu tố động lực chính có vai trò chi phối quá trình diễn biến cửa, nghiên cứu này sẽ không xét tới ảnh hưởng của hiện tượng phân tầng dòng chảy do nhiệt độ hay độ mặn tới diễn biến cửa. Cách xây dựng lưới tính, thiết lập các điều kiện biên, điều kiện ban đầu, nội dung của các kịch bản mô phỏng cho mô hình cửa biển lý tưởng sẽ được giới thiệu ở phần tiếp theo. Các kết quả mô phỏng diễn biến cửa sẽ được phân tích và trình bày ở phần cuối của mục này.

3.1 Thiết lập lưới tính, điều kiện biên, điều kiện ban đầu và kịch bản mô phỏng

a) Thiết lập lưới tính

Một cửa biển dạng lý tưởng được thiết lập để mô phỏng quá trình diễn biến cửa bằng mô hình Delft-3D. Mô hình cửa biển lý tưởng được thiết lập bao gồm 3 phần: 1 cửa biển cắt ngang qua dải cát dọc bờ; kết nối giữa lưu vực bên trong cửa với biển. Tương ứng, lưới tính của mô hình cửa biển lý tưởng được xây dựng bao gồm 3 phần: ở trên cùng là lưới tính phía biển, ở giữa là cửa biển và bên dưới là phần lưới tính của lưu vực.



Hình 2. Lưới tính và địa hình của cửa biển lý tưởng mô phỏng bằng mô hình Delft 3D

Lưới tính được thiết lập sao cho có độ phân giải của ô lưới tại vị trí cửa và trong vùng sóng vỡ là mịn nhất. Tại các biên của phần lưới tính phía ngoài biển và bên trong trong lưu vực độ phân giải của ô lưới được lấy thô hơn để giảm bớt số lượng ô lưới tính toán và vì diễn biến hình thái ở các khu vực này không nằm trong mục tiêu nghiên cứu. Độ phân giải của lưới tính theo chiều dọc được lấy mịn nhất ở vùng sóng vỡ (kích thước ô lưới bằng 40 m) và thô nhất tại biên phía biển (kích thước ô lưới bằng 200 m). Theo chiều ngang, kích thước ô lưới mịn nhất tại vị trí cửa (60 m) và tăng dần ra 2 biên phía trái và phải của lưới tính (200 m). Tổng cộng có 110 ô lưới theo phương ngang (theo hướng từ tây sang đông) và 68 ô lưới theo phương dọc (theo hướng bắc-nam). Kích thước thực của phần lưới tính phía ngoài biển là 13 km × 3 km và phần lưới tính của lưu vực trong cửa là 4 km × 3 km. Biên phía biển được gán tại các ô lưới ngoài cùng, ở độ sâu 10 mét; Địa hình đáy của lưu vực bên trong cửa được lấy đồng nhất có độ sâu 2 mét. Cửa biển được đặt tại giữa lưới tính với kích thước cửa bằng 700 m × 400 m.

b) Điều kiện biên và điều kiện ban đầu

Để mô phỏng tác dụng của dòng triều tới diễn biến cửa, trong mô đun dòng chảy của mô hình Delft-3D đã sử dụng các sóng triều đều, mô tả dưới dạng hàm điều hòa có biên độ triều dao động từ 0,1 m đến 0,75 mét; chu kỳ triều là 12 giờ (tương ứng với chế độ bán nhật triều) tương ứng với các kịch bản mô phỏng. Biên thủy triều được gán tại ô lưới ngoài cùng phía biển (hình 1). Để đảm bảo sự ổn định trong quá trình mô phỏng dòng chảy, căn cứ theo điều

c) Kịch bản tính toán

Bảng 1. Các kịch bản mô phỏng mô tả sự biến đổi biên độ triều và hướng sóng tới

RUN-ID	Biên độ triều (cm)	Đặc trưng sóng			RUN-ID	Biên độ triều (cm)	Đặc trưng sóng		
		Hướng	H _s (m)	T (s)			Hướng	H _s (m)	T (s)
W-315	25	45°	1.5	7.0	H-10	10	35°	1.5	7.0
W-335	25	25°	1.5	7.0	H-25	25	35°	1.5	7.0
W-345	25	15°	1.5	7.0	H-50	50	35°	1.5	7.0
W-355	25	5°	1.5	7.0	H-75	75	35°	1.5	7.0

kiện ổn định Courant, bước thời gian tính toán trong mô đun dòng chảy được lấy bằng 15 giây.

Tác dụng của sóng đối với diễn biến cửa biển được mô phỏng trong mô đun Sóng thông qua các điều kiện sóng ở vùng nước sâu, được định nghĩa tại biên ngoài cùng phía biển và tại 2 hai biên bên của phần lưới tính phía ngoài biển (hình 1). Tại các biên này, chiều cao sóng, hướng sóng và chu kỳ sóng được lấy bằng giá trị trung bình đại diện cho đặc trưng sóng trong điều kiện thời tiết bình thường. Chiều cao sóng có nghĩa lấy trung bình bằng 1,5 mét, chu kỳ sóng là 7 giây, hướng sóng tới dao động từ 315 độ đến 355 độ so với phương Bắc tương ứng với từng kịch bản mô phỏng. Các thông số địa hình, dòng chảy, mực nước và các tham số sóng được cập nhật liên tục giữa mô đun dòng chảy và mô đun sóng theo bước thời gian do người sử dụng mô hình xác lập. Để đảm bảo độ chính xác trong quá trình tính toán, đồng thời tối ưu thời gian mô phỏng, các thông số địa hình, dòng chảy, mực nước và sóng được cập nhật 20 phút/lần giữa hai mô đun. Bùn cát đáy được lấy đồng nhất trên toàn bộ ô lưới tính toán và có đường kính trung bình (D₅₀) bằng 0.25 mm. Để tính vận chuyển bùn cát đáy do tác động của sóng và dòng chảy, nghiên cứu này sử dụng công thức tính toán vận chuyển bùn cát của Van Rijn (2001).

Điều kiện ban đầu được xác lập thông qua mực nước và nồng độ bùn cát lơ lửng tại tất cả các ô lưới trên miền tính toán. Mực nước ban đầu được lấy bằng mực nước tĩnh có giá trị bằng 0 và nồng độ bùn cát lơ lửng ban đầu có giá trị bằng 0

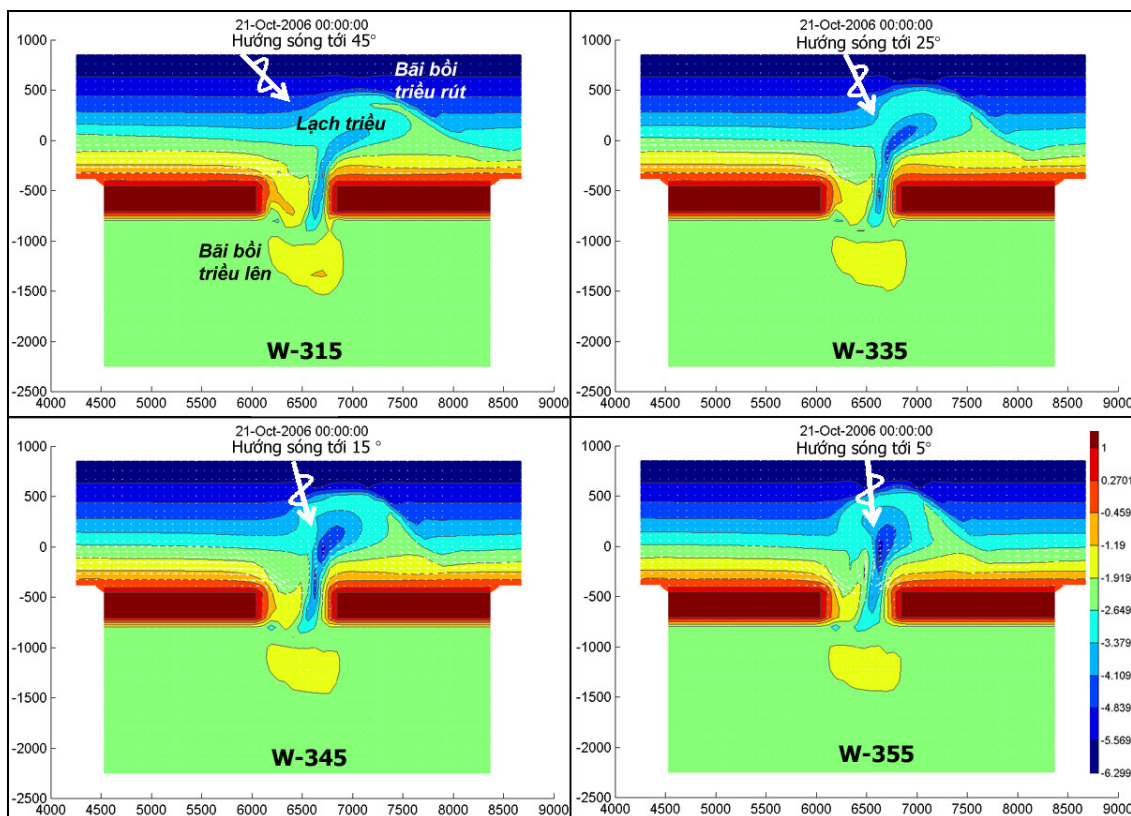
Hai nhóm kịch bản mô phỏng chính được sử dụng trong nghiên cứu diễn biến cửa. Nhóm thứ nhất gồm 4 kịch bản, mô phỏng diễn biến cửa tương ứng với các biên độ triều khác nhau và nhóm thứ hai mô phỏng diễn biến cửa tương ứng với các hướng sóng tới khác nhau (bảng 1). Tất cả các kịch bản mô phỏng đều sử dụng chung một địa hình đáy, lưới tính, các điều kiện biên, điều kiện ban đầu và các tham số của mô hình tương tự nhau. Thời gian mô phỏng của các kịch bản là 20 ngày. Để khắc phục sự khác biệt về bước thời gian tính toán giữa các quá trình thủy động lực học với các quá trình diễn biến hình thái, mô hình sử dụng hệ số gia tăng hình thái (morphological factor = 10).

3.2 Phân tích kết quả mô phỏng diễn biến cửa

a) Nhóm kịch bản 1- Biến đổi hướng sóng

Diễn biến cửa và biến đổi địa hình đáy tại khu vực lân cận cửa tương ứng với các kịch bản mô

phỏng hướng sóng tới khác nhau được mô tả ở hình 3. Kết quả mô phỏng cho thấy sự phát triển của các doi cát chắn cửa theo hướng sóng tới ở cả 4 trường hợp và sự phát triển của các bãi bồi triều rút (ebb shoal) phía ngoài cửa. Vị trí, hình dạng của các bãi bồi triều rút phía ngoài cửa phụ thuộc vào hướng sóng tới, mà tương ứng là lượng bùn cát vận chuyển dọc bờ. Phía bên trong cửa, có thể thấy sự hình thành của các bãi bồi khi triều lên (flood shoal). Kích thước và vị trí của các bãi bồi này chủ yếu chỉ phụ thuộc vào biên độ và chu kỳ triều. Do cả 4 kịch bản mô phỏng đều có cùng 1 giá trị biên độ và chu kỳ triều nên vị trí và kích thước của các bãi bồi này không có sự khác biệt nào lớn. Sau 20 ngày, chiều rộng cửa bị thu hẹp từ 50% (trường hợp mô phỏng W-355) đến 75% (trường hợp mô phỏng W-315) so với kích thước ban đầu. Hướng sóng tới càng lớn thì mức độ thu hẹp cửa càng nhiều.



Hình 3 - Diễn biến cửa tương ứng với các hướng sóng đến khác nhau

Sự khác biệt về hướng sóng đến trong 4 kịch bản mô phỏng dẫn tới sự khác biệt của địa hình đáy của lạch triều (inlet channel) và

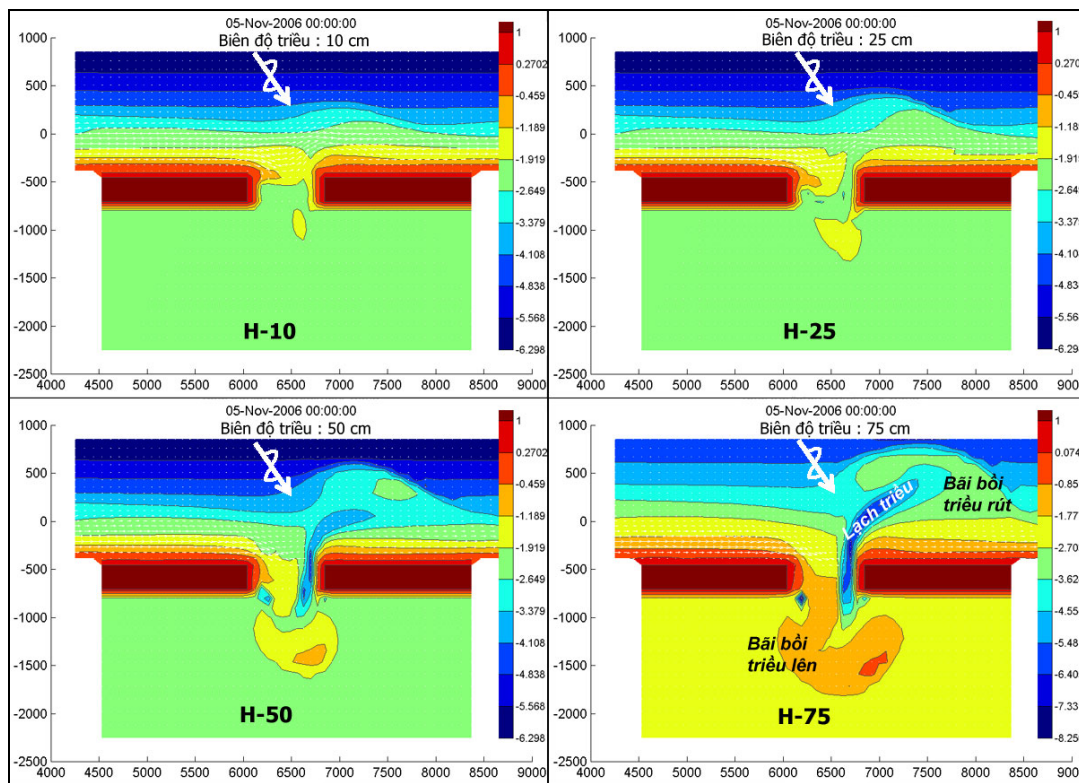
tại các bãi bồi triều rút. Tại kịch bản mô phỏng W-345 và W-355, khi sóng tới tạo thành 1 góc $\leq 15^\circ$ (so với phương vuông

góc với đường bờ), lạch triều qua cửa gần như hướng vuông góc với đường bờ, thu hẹp dần khi chảy qua cửa và mở rộng ở phần ngoài biển. Hình dạng của lạch triều có dạng dải trống. Ngược lại, ở kịch bản mô phỏng W-315 và W-335, đoạn lạch triều bên ngoài cửa về phía biển bị uốn cong về phía khuất sóng do góc sóng tới lớn hơn nhiều so với 2 kịch bản ban đầu. Lạch triều có xu thế dịch chuyển theo phương vuông góc so với hướng sóng tới. Trong cả 4 trường hợp, bãi biển hạ lưu cửa đều có xu thế bồi vì đây vừa là vùng khuất sóng, vừa là nơi tiếp nhận bùn cát được dòng triều rút vận chuyển từ bên trong lưu vực ra ngoài cửa.

Nhóm kịch bản 2- Biến đổi biên độ triều

Địa hình đáy tại khu vực cửa của 4 kịch bản mô phỏng có biên độ triều từ nhỏ đến lớn được

trình bày ở hình 7. Sự khác nhau về độ lớn của biên độ triều đã tạo nên sự khác biệt lớn của địa hình đáy tại 4 kịch bản mô phỏng. Tại kịch bản mô phỏng đầu tiên (H-10, tương ứng với biên độ triều bằng 10 cm) hệ số ổn định tương đối $r = P/M_{tot} \approx 15$. Theo Bruun và Gerritsen (1960), với $r \leq 20$, cửa ở trạng thái không ổn định, dễ bị bồi lấp do năng lượng dòng triều có vai trò duy trì trạng thái mở cửa nhỏ hơn nhiều so với năng lượng sóng có vai trò vận chuyển bùn cát gây bồi lấp cửa. Cửa bị bồi nông dần và thu hẹp chiều rộng, tốc độ bồi nông và thu hẹp giảm dần theo thời gian. Do vận tốc dòng triều qua cửa rất nhỏ nên bên trong lưu vực chỉ hình thành một bãi bồi triều lên có kích thước không đáng kể. Cửa duy trì ở trạng thái nông, hẹp, dòng chảy qua cửa rất nhỏ cho đến khi kết thúc thời gian mô phỏng.



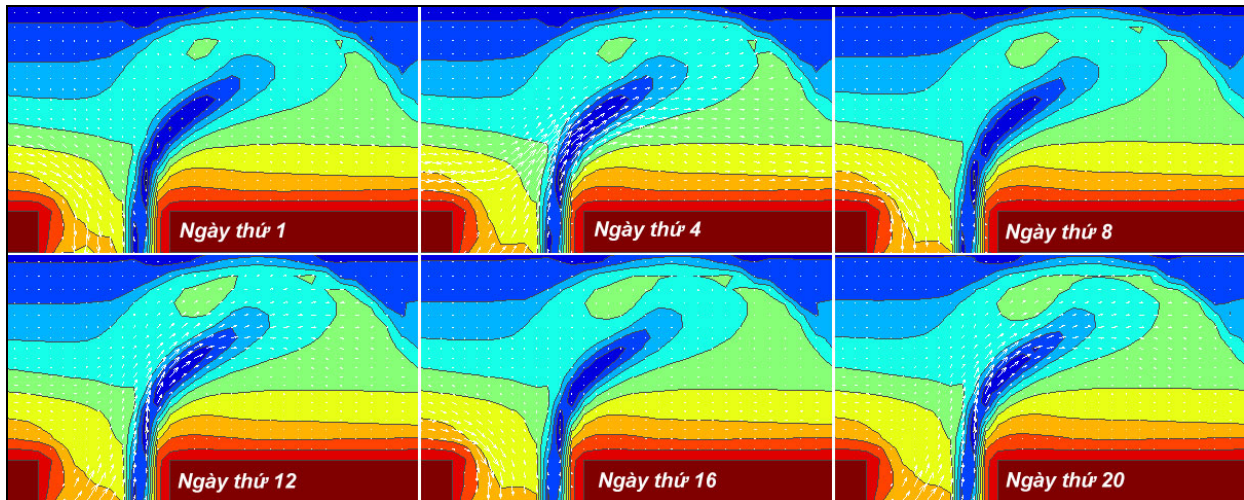
Hình 4. Diễn biến cửa tương ứng với các biên độ triều khác nhau

Ở các kịch bản mô phỏng tiếp theo, sự phát triển của lạch sâu tại cửa và các bãi bồi triều lên bên trong lưu vực có tương quan tỷ lệ thuận với độ lớn của biên độ triều và vận tốc dòng triều qua cửa. Chiều rộng cửa thu hẹp hơn 2/3

so với kích thước ban đầu, nhưng chiều sâu tăng tỷ lệ thuận với biên độ triều. Do các sóng tác động tới cửa trong kịch bản mô phỏng có hướng từ trái qua phải nên lạch triều tại cửa cũng dịch chuyển một cách tương ứng về phía

phải. Đoạn lạch triều phía ngoài cửa bị uốn cong về phía phải tương ứng với các tác động sóng phía ngoài cửa. Tác động này thể hiện rõ nhất ở kịch bản mô phỏng H-75 và H-50. Sự khác nhau về biên độ triều trong nhóm kịch bản mô phỏng cho thấy sự khác biệt về kích thước, tính chất của các bãi bồi khi triều lên, triều rút và chế độ chuyển cát ngang qua cửa trong từng trường hợp mô phỏng. Theo kịch bản mô phỏng H-75, tỷ số $(P/M_{tot}) \approx 85$. Theo

Bruun và Gerritsen (1960), khi $100 > (P/M_{tot}) > 50$, cửa ở trạng thái ổn định tương đối, các cồn ngầm và bãi bồi phía ngoài cửa có kích thước khá lớn, các cồn ngầm chắn cửa có thể bị dòng triều rút chia cắt. Hình thức chuyển cát ngang qua cửa thông qua các cồn ngầm hoặc bãi bồi khi triều rút thể hiện rõ rệt nhất. Hình 8 minh họa quá trình chuyển cát ngang cửa thông qua sự hình thành và phát triển của bãi bồi triều rút theo thời gian trong kịch bản mô phỏng H-75.



4. KẾT LUẬN

Tại hầu hết các bờ biển có ảnh hưởng của dòng vận chuyển bùn cát ven bờ, sự tồn tại và phát triển của cửa biển phụ thuộc vào tương quan giữa dòng triều có vai trò duy trì chiều rộng cửa và năng lượng sóng ở vùng ven bờ có vai trò vận chuyển bùn cát gây bồi lấp cửa. Quá trình diễn biến hình thái của một cửa biển dạng lý tưởng đã được khảo sát bằng mô hình hình thái dạng quá trình Delft-3D trong nghiên cứu. Các kết quả mô phỏng cho thấy vai trò của sóng và dòng triều đối với quá trình diễn biến cửa và sự hình thành, phát triển, tồn tại của lạch triều, các bãi bồi khi triều lên và triều rút. Tương quan giữa năng lượng sóng với độ lớn của dòng triều (thể hiện thông qua tỷ số P/M_{tot}) có vai trò chi phối sự phát triển và tồn tại của cửa. Tùy thuộc vào độ lớn của tương quan này mà cửa sẽ được duy trì ở trạng thái ổn định hay bồi

lấp dần. Nếu tỷ số giữa năng lượng dòng triều với năng lượng sóng thể hiện qua tỷ số $P/M_{tot} > 150$, thì cửa sẽ được duy trì ở trạng thái ổn định cân bằng; ngược lại khi tỷ số $P/M_{tot} < 20$ (tương ứng với năng lượng dòng triều nhỏ hơn nhiều so với năng lượng sóng) thì cửa ở trạng không ổn định, bị bồi nông và thu hẹp dần cho đến khi bị lấp hẳn. Tương quan này có thể thấy rõ qua kết quả mô phỏng ở nhóm kịch bản thứ 2. Các kết quả mô phỏng cũng cho thấy sóng là yếu tố động lực có vai trò thu hẹp chiều rộng cửa và điều chỉnh hướng, vị trí của lạch triều chày qua cửa và các bãi bồi triều rút ngoài cửa. Hướng sóng tới có ảnh hưởng tới tốc độ và mức độ thu hẹp cửa. Độ lớn của dòng triều qua cửa cũng có vai trò tương tự. Ngoài ra sự hình thành, kích thước và tính chất của các bãi bồi ở bên trong và bên ngoài cửa có tương quan chặt chẽ với độ lớn của dòng triều.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bruun, P. and Gerritsen, F., 1960. *Stability of Coastal inlets*, North Holland Publishing Co., Amsterdam, The Netherlands.
2. Escoffier, F.F., 1940. The stability of tidal inlets. *Shore and Beach*, Vol.8, No.4.
3. Holthuijsen, L.H., Booij, N., Ris, R.C., 1993. A spectral wave model for the coastal zone, *Proceedings of the 2nd International Symposium on Ocean Wave Measurement and Analysis*, New Orleans, 630–641.
4. Lesser, G., Roelvink, J.A., van Kester, J.A.T.M. and Stelling, G.S., 2004. Development and validation of a three-dimensional morphological model, *Coastal Engineering*, Vol.51, 883-915.
5. Roelvink, J.A., 2006. Coastal morphodynamic evolution techniques. *Coastal Engineering*, Vol. 53, Iss. 2-3, 277-287.
6. Van Rijn, L.C., 2001. *Approximation formulae for sand transport by currents and waves and implementation in Delft-MOR*. WL|Delft Hydraulics Report vol. Z3054.20. Delft Hydraulics, Netherlands.

Abstract

SIMULATION THE MORPHOLOGICAL PROCESSES OF AN IDEALISED COASTAL INLET USING 2DH PROCESSED-BASED MORPHODYNAMIC MODELLING SYSTEM

This paper presents the morpho-dynamics processes of an idealised coastal inlet under influence of waves and currents using the processed-based modelling system, Delft-3D, developed by WL|Delft Hydraulics. Although this study apply only for an idealised coastal inlet, but the simulation results have shown the agreement with the empirical parameters for inlet stability and accordant to the phenomenon which has occurred and observed in the field. The study could enhance background knowledge on the morphological of tidal inlet and might help to explain events which have occurred at a tidal inlet in the past. This also helps to quantify the relationship between the empirical parameters of inlet stability to dynamic factors such as waves and currents to the morphological of tidal inlet.