

Áp dụng mô hình sóng phi thủy tĩnh phục vụ tính toán truyền sóng vùng ven bờ, thiết kế công trình

SV Trần Thị Tuyết 52B1, Nguyễn Trung Thu 52B, Phạm Thị Hoài Phương 52B
GV Nguyễn Quang Chiến

TÓM TẮT

Mô hình truyền sóng có ứng dụng quan trọng trong thiết kế công trình bảo vệ bờ và những giải pháp kỹ thuật chống xói lở bờ biển. Việc áp dụng mô hình truyền sóng ngang bờ tuy dễ dàng nhưng chỉ áp dụng được trong trường hợp địa hình đơn giản. Các mô hình sóng phổ 2 chiều như SWAN cho phép tính trường sóng chi tiết hơn và được áp dụng rộng rãi trong công tác thiết kế.

Báo cáo trình bày những bước đầu tìm hiểu và áp dụng một mô hình phi thủy tĩnh mới có tên SWASH cho phép tính sóng hai chiều cho vùng có điều kiện địa hình phức tạp như hải đảo [Lý Sơn] và vịnh [Đà Nẵng], trong khi người dùng vẫn lựa chọn được tính sóng một chiều (như trong báo cáo này là trường hợp truyền sóng qua bãi nông [cửa Diêm Điền] vào bờ). Kết quả tính toán cho ra quá trình độ cao mặt nước biển theo thời gian, mà từ đó có thể xác định tham số sóng ngẫu nhiên như chiều cao sóng ý nghĩa nhằm phục vụ thiết kế công trình bảo vệ bờ.

1. Giới thiệu chung

Mô hình toán đã và đang là công cụ hữu hiệu giúp ích cho những kỹ sư ngành kỹ thuật biển dự tính trường sóng, dòng chảy và giúp thiết kế các công trình ven biển (đê, đập chắn sóng, đập mỏ hàn). Hiện nay ở khoa Kỹ thuật biển, các sinh viên thực hiện đề án tốt nghiệp đều dùng ít nhất một mô hình toán phục vụ thiết kế công trình, chẳng hạn như mô hình Wadibe (để tính truyền sóng từ ngoài khơi vào vùng gần bờ).

Những mô hình truyền sóng ngang bờ như Wadibe rất quan trọng và được áp dụng rộng rãi để thiết kế công trình đê biển. Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp khi địa hình đáy biển phức tạp, các đường đồng mức đáy không song song với nhau, hay có vật cản như mũi đất, vịnh xuất hiện thì việc tính toán mô hình truyền sóng ngang bờ như Wadibe sẽ khó khăn. Trong những trường hợp đó, người ta phải dùng mô hình truyền sóng hai chiều. Ví dụ: các mô

hình RCPWAVE và SWAN được dùng để dự báo trường sóng Biển Đông, như trong đề tài KH-CN-06 tiến hành trong giai đoạn 1996-2000 (Phạm Văn Ninh và nnk., 2003), hay mô hình STWAVE để tính toán điều kiện sóng thiết kế đối với các mặt cắt khác nhau dọc theo bờ biển Việt Nam (xem Phụ lục của Tiêu chuẩn thiết kế đê biển).

Ngày nay dạng mô hình phổ biến là mô hình sóng phổ (*spectral wave model*), ví dụ như SWAN. Dạng mô hình này tính toán sự biến đổi của năng lượng sóng (E) trên toàn miền, từ đó dễ dàng đưa ra giá trị cụ thể của chiều cao sóng tại điểm cần quan tâm trong miền. Nhưng với loại mô hình này, đã có những khuyến nghị không nên áp dụng với trường hợp gần công trình, khi có hiện tượng nhiễu xạ và phản xạ đáng kể (Vũ Thanh Ca, 2005).

Ngày nay, với hiệu năng của máy tính được nâng cao, người ta áp dụng các mô hình họ Boussinesq và mô hình phi thủy tĩnh (*non-hydrostatic*) là những mô hình phức tạp hơn về mặt bản chất toán học. Một trong những mô hình phi thủy tĩnh có tên SWASH được phát triển bởi nhóm nhà khoa học ở Hà Lan (the SWASH team). Nhóm nghiên cứu đã bước đầu tìm hiểu mô hình SWASH và ứng dụng để tính lan truyền sóng cho ba địa điểm: vùng ven bờ cửa sông Diêm Điền, đảo Lý Sơn và vịnh Đà Nẵng.

2. Cơ sở lý thuyết mô hình

SWASH là mô hình số trị phi thủy tĩnh mô tả dòng chảy có bề mặt thoáng và hiện tượng truyền chất trong không gian một, hai hay ba chiều. SWASH được sử dụng để dự đoán sự biến đổi của sóng bề mặt phân tán từ vùng nước sâu đến bãi biển để nghiên cứu và động lực tại các khu vực sóng vỡ, sự truyền sóng và xáo động tại các cảng và bến cảng, dòng chảy nước nông biến đổi gấp thường thấy trong lũ lụt ven biển.

Mô hình này có thể được sử dụng để tính toán thủy động lực trong hiện tượng biến đổi sóng, dòng chảy nổi và xáo trộn rối, độ mặn, nhiệt và trầm tích lơ lửng trong vùng biển, ven biển, cửa sông, sông và hồ. SWASH có thể được chạy trong chế độ trung bình độ sâu hoặc chế độ phân tầng trong đó miền tính toán được chia thành một số nhất định các lớp nước, uốn theo địa hình đáy.

SWASH là viết tắt của cụm từ “Simulating Waves Till Shore”. Các phương trình cơ bản trong SWASH là các phương trình nước nông phi tuyến bao gồm cả áp suất phi thủy tĩnh và một số phương trình truyền chất. SWASH bao gồm các quá trình:

- (1) Biến dạng sóng trong cả vùng sóng vỡ và dải sóng tràn mặt bãi (swash zone) do tương tác sóng phi tuyến, sự tương tác của sóng với dòng chảy và sự tương tác của sóng với công trình, sự giảm sóng qua thực vật, và sóng vỡ cũng như sóng leo lên mặt bãi biển.
- (2) Dòng chảy biến đổi gấp thường thấy trong lũ lụt ven biển là hệ quả của vỡ đê, sóng thần, lũ lụt và sóng.
- (3) Dòng mật độ trong vùng cửa sông ven biển.

(4) Hoàn lưu quy mô lớn trên đại dương, thủy triều và bão.

Trong báo cáo này ta sử dụng quá trình (1) để tính truyền sóng.

Các phương trình chi phối là các phương trình phi tuyến nước nông bao gồm áp lực phi thủy tĩnh và một số phương trình vận chuyển, chúng cung cấp một cơ sở chung cho mô phỏng. Dòng chảy có mặt thoáng phi thủy tĩnh lấy trung bình độ sâu, có thể được mô tả bởi các phương trình phi tuyến nước nông, vốn bắt nguồn từ các phương trình Navier-Stokes không nén được, bao gồm các phương trình bảo toàn khối lượng và bảo toàn động lượng sau:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial hu}{\partial x} + \frac{\partial hv}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{1}{h} \int_d^{\zeta} \frac{\partial u}{\partial x} + c_f \frac{u \sqrt{u^2 + v^2}}{h} = \frac{1}{h} \left(\frac{\partial h \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}}{\partial y} \right)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{1}{h} \int_d^{\zeta} \frac{\partial v}{\partial y} + c_f \frac{v \sqrt{u^2 + v^2}}{h} = \frac{1}{h} \left(\frac{\partial h \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}}{\partial y} \right)$$

Trong đó t là thời gian, x và y được đặt tại mực nước và trục z hướng lên, $\zeta(x, y, t)$ là cao độ mặt nước tính từ một mặt chuẩn (mặt nước tĩnh), $d(x, y)$ là độ sâu nước tĩnh, $h = \zeta + d$ là độ sâu nước (tổng cộng), $u(x, y, t)$ và $v(x, y, t)$ là lưu tốc trung bình độ sâu tương ứng với các phương x và y , $q(x, y, z, t)$ là áp suất phi thủy tĩnh, g là gia tốc trọng trường, c_f là hệ số nhám còn τ_{xx} , τ_{xy} , τ_{yx} , và τ_{yy} , là những ứng suất do sóng.

Khi sóng di chuyển trên một khoảng cách tương đối dài hàng km thì ảnh hưởng của ma sát đáy trở nên rõ rệt. Hơn nữa, nó có thể ảnh hưởng đến sóng dài gần bờ biển, ví dụ như sóng ngoại trọng lực (*infragravity wave*), và dòng chảy ven bờ. Dù có nhiều biểu thức cho hệ số ma sát đáy c_f , nhưng ở đây ta sử dụng công thức theo hệ số nhám Manning như sau:

$$c_f = \frac{n^2 g}{h^{1/3}}$$

Trong các dữ liệu đầu vào, lưới độ sâu là quan trọng nhất. Các ô lưới ứng với điểm trên đất liền được định nghĩa là có độ sâu âm, còn dưới biển thì độ sâu dương. Một lưới tính toán có độ phân giải không nhất thiết phải giống như lưới độ sâu. Trên lưới độ sâu nên tránh đưa vào những sườn quá dốc hoặc chướng ngại vật. Thay vào đó, có thể làm mịn lưới hoặc tái lấy mẫu (*resample*) các điểm trên lưới.

Đầu tiên chúng ta cần phải xác định kích thước và hướng của miền tính toán trong mặt phẳng ngang. Khu vực quan tâm nên được giữ cách xa biên ít nhất là hai bước sóng. Tốt hơn hết là lựa chọn lưới sao cho trục lưới càng trùng với hướng sóng thịnh hành thì càng tốt. Lưới đầu vào là các độ sâu, mực nước, ma sát đáy (nếu biến đổi trong không gian), gió (nếu biến đổi trong không gian), áp suất khí quyển, khu vực xốp, kích thước hạt, chiều cao của cấu trúc xốp (nếu biến đổi trong không gian) và mật độ thực vật (nếu biến đổi trong không gian).

Một khía cạnh quan trọng của xác định một lưới tính toán là độ phân giải không gian. Đối

với những thành phần sóng mang nhiều năng lượng thì đòi hỏi độ phân giải chính xác trên lưới cao hơn. Độ phân giải của lưới tính toán thường lấy xấp xỉ bằng lưới địa hình hoặc lưới dòng chảy:

- * Đối với sóng thấp, tức là $H / d \ll 1$ (với H là chiều cao sóng đặc trưng và d là độ sâu của nước), nên có đủ 50 ô lưới (hoặc 51 điểm lưới) mỗi chiều dài sóng. (Chiều dài sóng ở đây được tính ứng với chu kỳ đỉnh phổ).
- * Đối với các sóng tương đối cao, tốt hơn là có ít nhất 100 ô lưới mỗi chiều dài sóng.

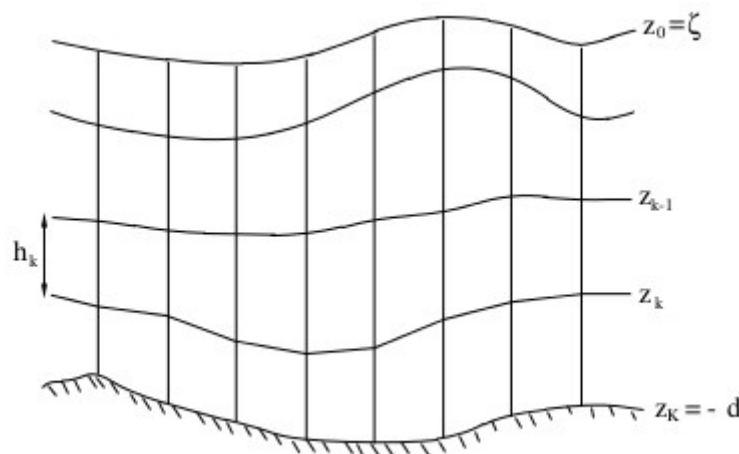
Số lượng các lớp theo phương thẳng đứng được xác định bởi sự phân tán tần số tuyến tính. Cụ thể, độ sâu không thứ nguyên, kd (với k là số con sóng), sẽ quyết định số lượng các lớp; kd càng cao, thì càng cần nhiều lớp theo phương thẳng đứng. Sự lựa chọn của số lượng các lớp phụ thuộc vào hai loại yếu tố:

- Cấu trúc dòng chảy theo phương thẳng đứng
- Biến đổi sóng trong quá trình lan truyền

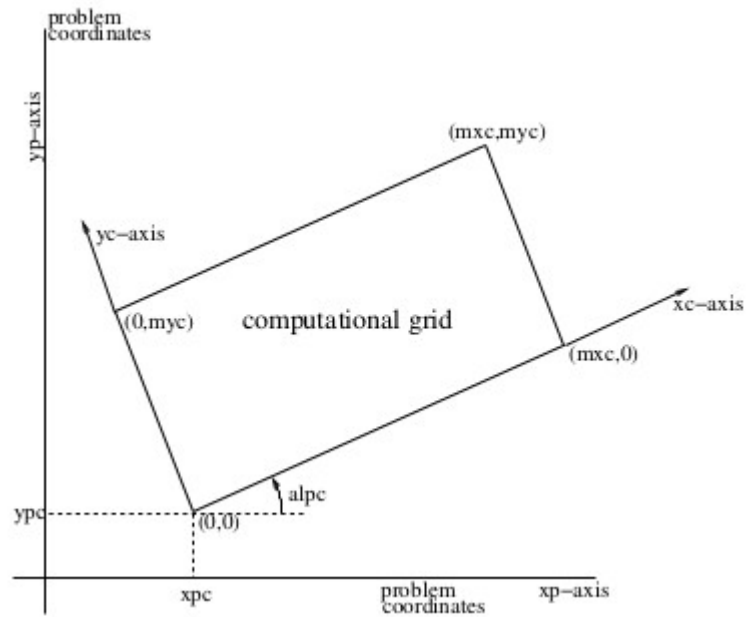
Bảng 1: Các phạm vi của độ sâu không thứ nguyên tương ứng với số lớp K trong SWASH

K	Phạm vi	Sai số
1	$kd \leq 0.5$	1%
2	$kd \leq 2.9$	3%
3	$kd \leq 7.7$	1%
4	$kd \leq 16.4$	1%

Ngoài ra, độ chính xác mà vận tốc pha của các thành phần sóng, $c = \omega / k$ (với ω là tần số góc, $\omega = gk \tanh(kd)$ thu được sẽ phụ thuộc vào cách rời rạc hóa của gradient áp suất thẳng đứng trong các phương trình động lượng.



Hình 1: Định nghĩa lưới theo phương thẳng đứng với K lớp và $K + 1$ mặt tiếp giáp



Hình 2: Tọa độ của điểm gốc [XPC] và [YPC], góc quay [alpc] và số điểm lưới của lưới tính toán so với hệ lưới tọa độ thực. Lưu ý rằng trong trường hợp tọa độ cầu, các trục xc và xp đều chỉ về hướng Đông.

Các lưới không gian bao gồm:

- một lưới không gian tính toán trên đó SWASH thực hiện các tính toán.
- một (hoặc nhiều) lưới đầu vào cho địa hình đáy, trường dòng chảy (ban đầu), mực nước (ban đầu), ma sát đáy, gió, áp suất khí quyển, trường độ rỗng, kích thước của khối đá phủ, chiều cao của đê chắn sóng và mặt bến (cảng) và mật độ thực vật (các lưới đầu vào có thể khác nhau).
- một (hoặc nhiều) lưới đầu vào cho tính truyền chất để xác định điều kiện ban đầu cho các chất này.
- một (hoặc nhiều) lưới đầu ra mà người dùng yêu cầu xuất kết quả SWASH.

Gió, ma sát đáy, kích thước hạt, chiều cao của công trình có độ thấm và mật độ thực vật không cần có lưới riêng nếu các yếu tố này là đồng đều trên toàn khu vực.

SWASH có thể cho kết quả trên lưới chữ nhật đều, có thể với vị trí khác lưới đầu vào và lưới tính toán.

Thời gian tính toán phải bắt đầu tại một thời điểm sớm, để trạng thái ban đầu của SWASH được truyền đi qua khu vực tính toán trước khi thu nhận kết quả đáng tin cậy như dự kiến. Trước thời điểm này kết quả có thể không đáng tin cậy vì thông thường trạng thái ban đầu không được biết trước.

Bước thời gian tính toán trong SWASH phải đủ ngắn để phân giải được những thay đổi theo thời gian của gió, áp suất và ma sát đáy. Độ dài bước thời gian, Δt được quy định bởi điều kiện CFL:

$$Cr = \Delta t(\sqrt{gd} + \sqrt{u^2 + v^2})\sqrt{\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2}} \leq 1 \quad (1)$$

Trong đó: $\Delta x, \Delta y$: chiều rộng lưới theo hướng x và y

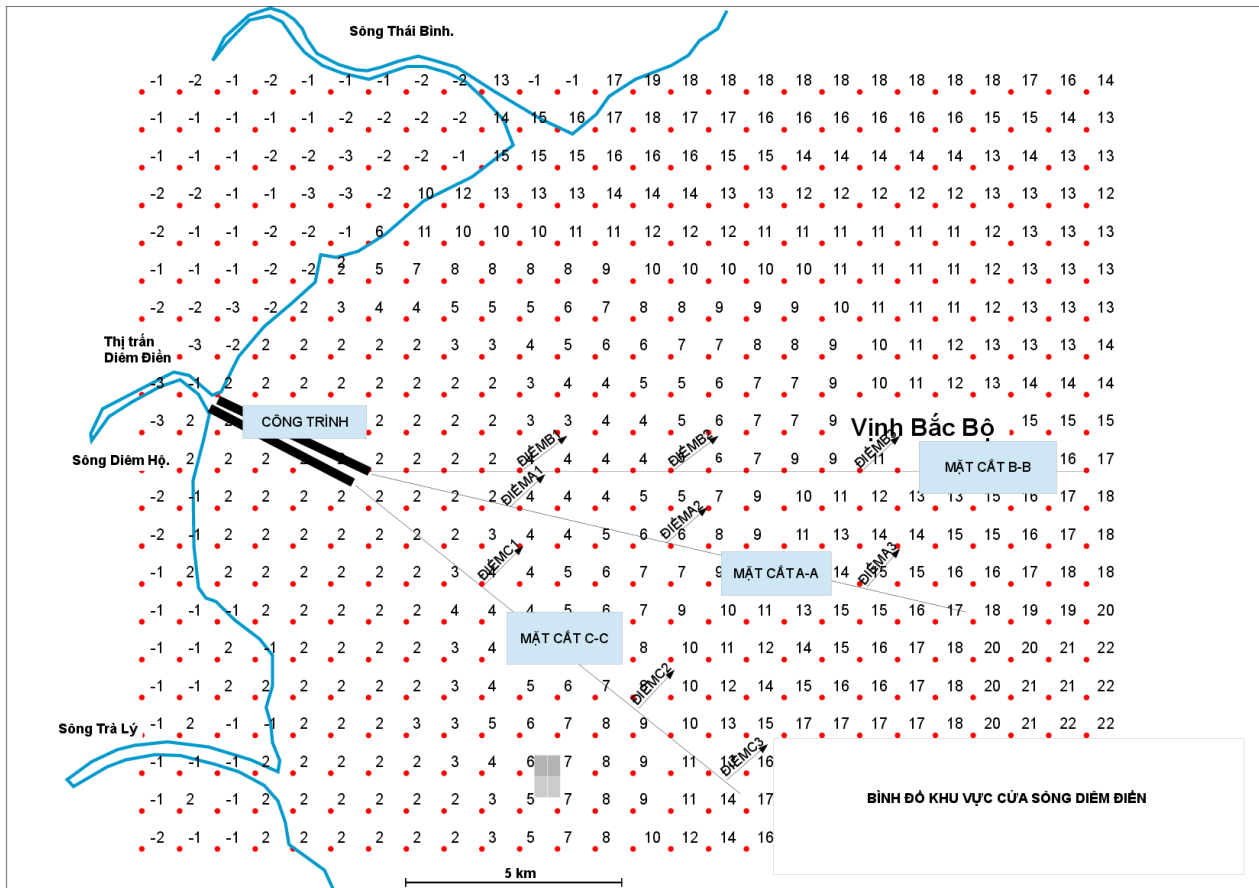
Δt : bước thời gian

u, v: vận tốc dòng chảy theo hướng x và y

Cr: số Courant (trong khoảng 0,5 đến 0,8).

3. Tính toán truyền sóng ngang bãi nông

Cửa sông Diêm Điền, tỉnh Thái Bình, có bãi biển nông, bãi bồi rộng, có rừng ngập mặn che chắn bùn cát nên sóng không lớn. Số liệu địa hình của khu vực gồm (25×20) điểm với độ phân giải 869,75 m (trích từ số liệu GEBCO). Trong trường hợp này, ta chỉ dùng mô hình 1 chiều. Lưới tính toán chỉ có 1 chiều theo phương ngang bờ (x), còn các tọa độ theo phương y bằng 0. Đồng thời các giá trị chiều rộng ô lưới và kích thước ô lưới theo phương y lần lượt đều không xét đến.

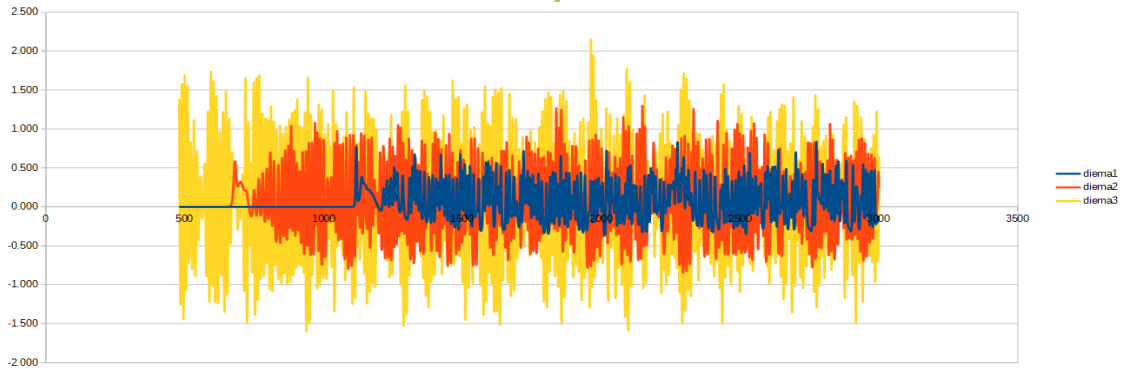


Hình 3: Bình đồ khu vực cửa Diêm Điền

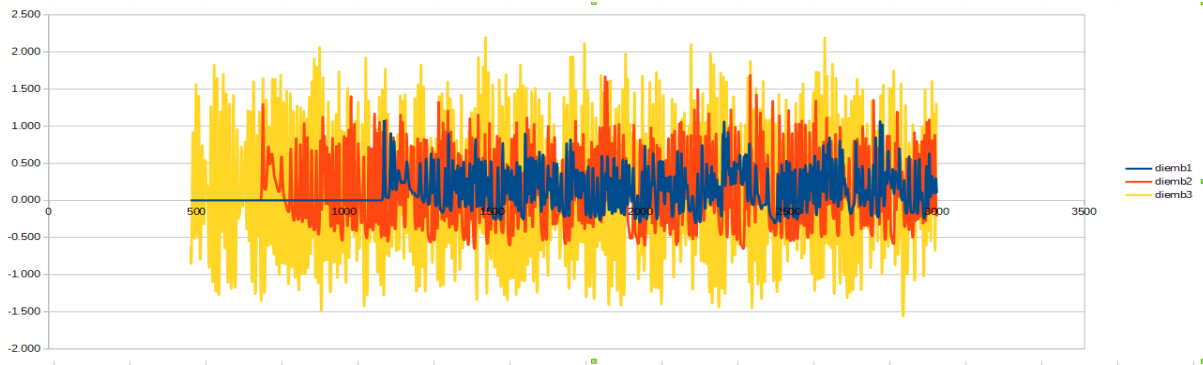
Người viết thử nghiệm tính truyền sóng từ Vịnh Bắc Bộ đến vị trí đặt công trình tại cửa sông. Nhận thấy hướng sóng chủ đạo tại khu vực là hướng Đông và Đông Nam, lựa chọn 3 mặt cắt A-A, B-B, C-C. Ba mặt cắt này đóng vai trò của trục x trong từng kịch bản mô

phông. Ngoài ra, trên mỗi mặt cắt lựa chọn 3 điểm, 1 điểm ở nước nông 1 điểm ở ngoài nước sâu và gần biên, để xem xét khi sóng truyền vào sẽ thay đổi như thế nào.

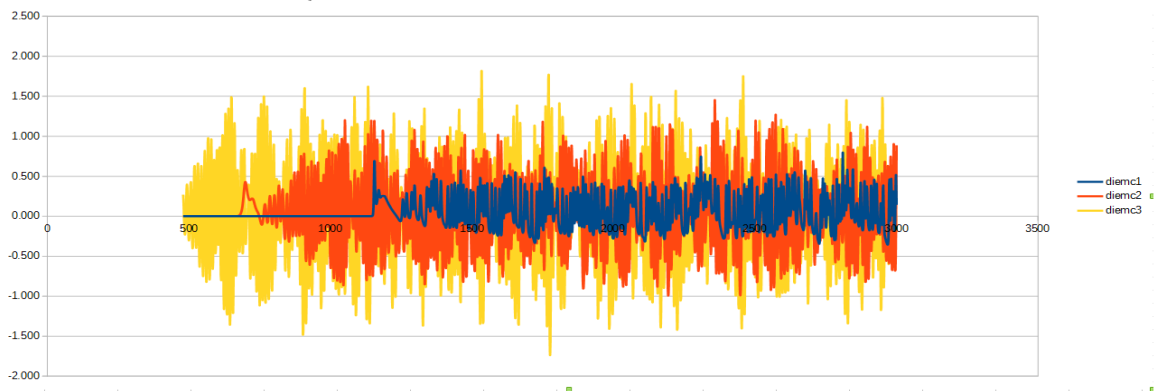
Thời gian mô phỏng kịch bản là 25 phút. Biên vào là sóng phổ Jonswap $H_s = 6\text{ m}$, $T_p = 10\text{ s}$ (ứng với điều kiện sóng nguy hiểm có chu kỳ lặp lại 20 năm, [2]). Kết quả được thể hiện trên các Hình 4 – 6.



Hình 4 Quá trình mực nước tại các điểm trên mặt cắt A-A



Hình 5 Quá trình mực nước tại các điểm trên mặt cắt B-B



Hình 6 Quá trình mực nước tại các điểm trên mặt cắt C-C

Từ chuỗi số liệu kết quả, có thể tính được chiều cao sóng ý nghĩa $H_s = 4\sqrt{m_0}$ với m_0 là

phương sai cao độ mặt nước ứng với chuỗi số liệu của từng vị trí. Chu kỳ sóng là khoảng thời gian trung bình giữa các điểm dao cắt chạy lên của đường quá trình với mức cao độ trung bình. Kết quả tính được đối với mặt cắt được tổng hợp ở Bảng 2.

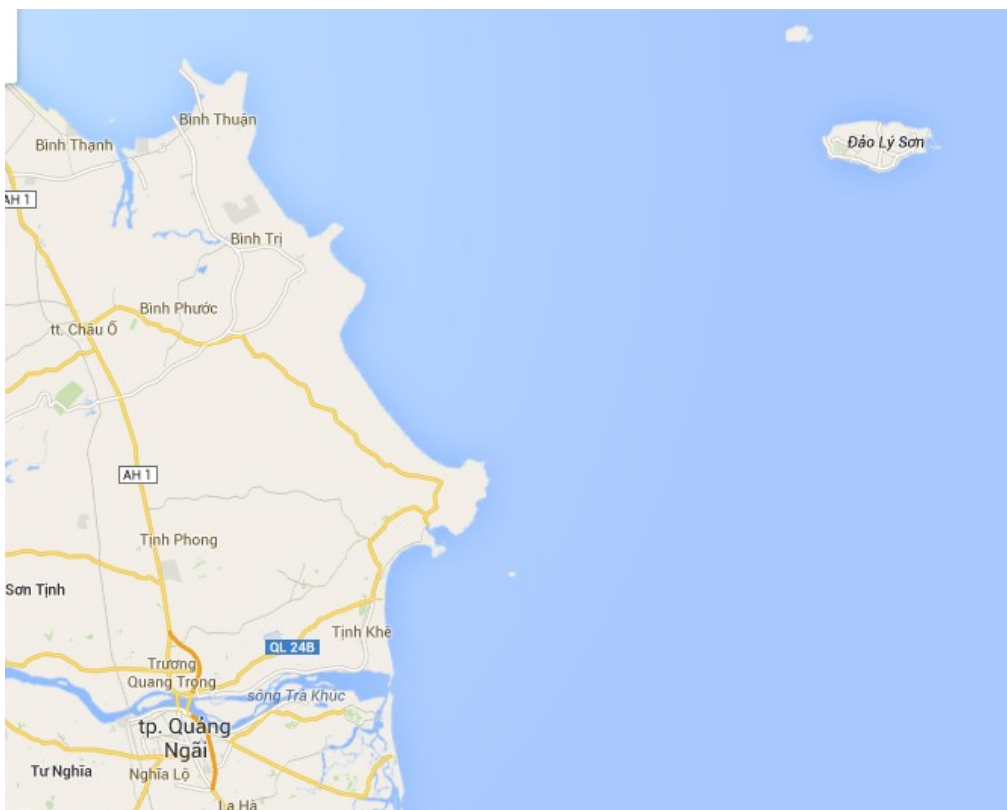
Bảng 2: Chiều cao và chu kì sóng tại các điểm chọn trên ba mặt cắt

	Điểm	Sát mũi đập	Điểm giữa	Phía biển
A-A	Hs (m)	0,94	1,74	2,84
	Tp (s)	5,0	5,9	6,7
B-B	Hs (m)	1,03	1,84	3,24
	Tp (s)	5,3	6,1	6,5
C-C	Hs (m)	0,86	1,8	2,5
	Tp (s)	5,4	5,7	6,3

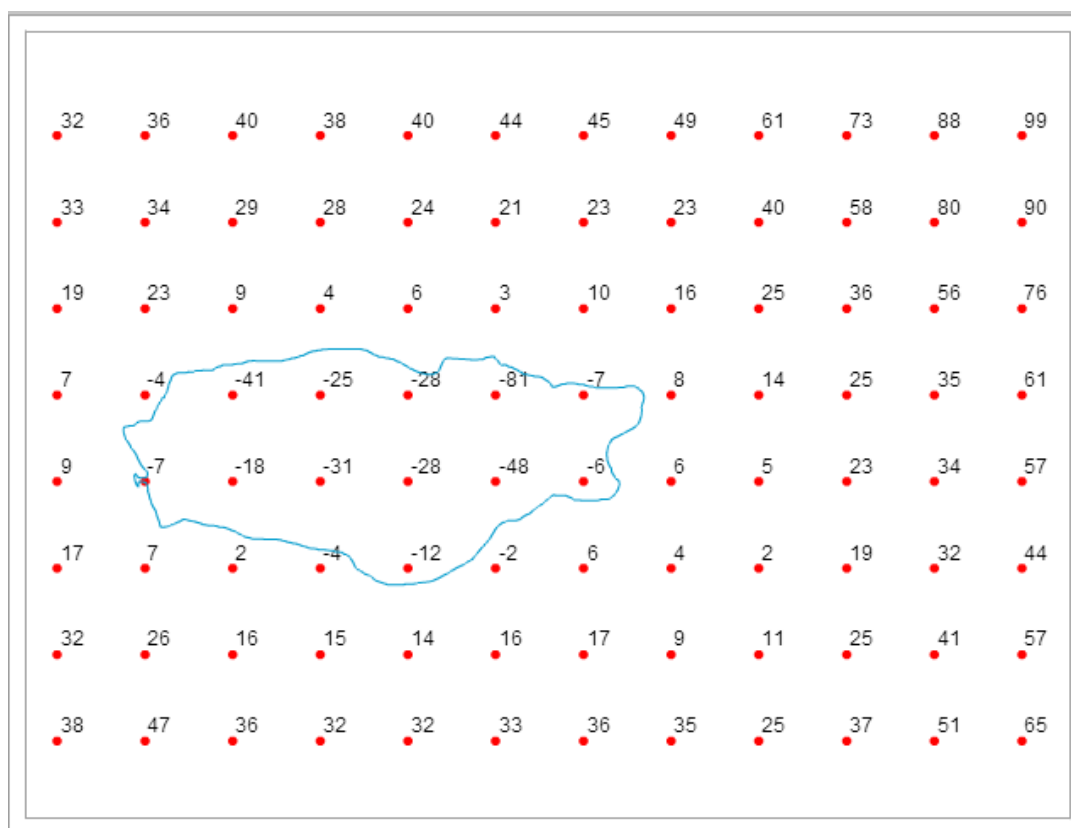
4. Tính toán truyền sóng đến đảo

Đảo Lý Sơn nằm cách đường hàng hải quốc tế khoảng 90 hải lý, cách đảo Tri Tôn (quần đảo Hoàng Sa) vào khoảng 121 hải lý (224,09 km) (theo Tuyên bố 1982 của Chính phủ Việt Nam về đường cơ sở để tính chiều rộng lãnh hải) và cách đảo Trường Sa khoảng 445 hải lý (824,14 km). Với diện tích khoảng 9,97 km², tổng chiều dài đường bờ biển trên 25 km, huyện đảo Lý Sơn bao gồm 2 đảo nằm cách nhau khoảng 1,67 hải lý (3,09 km) là đảo Lớn (Cù Lao Ré) thuộc địa phận 2 xã An Vĩnh, An Hải và đảo Bé (Cù Lao Bờ Bãi) thuộc địa phận xã An Bình. Ở phía đông của đảo Lớn còn có hòn Mù Cu.

Các điểm đo độ sâu được lấy ở khu vực quanh đảo Lớn (Lý Sơn) dựa theo hai nguồn dữ liệu: GEBCO (Hoa Kỳ) và Phạm Hoàng Hải (2006) [“Cơ sở lý luận, phương pháp luận đánh giá điều kiện tự nhiên, tài nguyên cho mục đích phát triển kinh tế xã hội các huyện đảo ven bờ Việt Nam, Nghiên cứu khoa học KC-09-20]. Các điểm đo địa hình theo dữ liệu GEBCO có độ phân giải 30”. Cụ thể, độ phân giải số liệu theo phương Đông-Tây là 895,24 m và theo phương Bắc-Nam là 923,91 m.



Hình 7: Bản đồ khu vực đảo Lý Sơn, tỉnh Quảng Ngãi (Google Map)



Hình 8: Điểm đo địa hình tại đảo Lớn (Lý Sơn)

Tại đảo Lớn (Lý Sơn) ta tính toán với trường hợp: sóng trong bão với chu kỳ lặp 20 năm một lần có chiều cao sóng ý nghĩa khoảng (8 – 9)m và chu kỳ (12 – 14)s nên ta chọn chiều cao sóng, chu kỳ sóng tính toán lần lượt là $H_s = 8$ m và $T_p = 12$ s. Để thuận tiện cho tính toán ta chọn góc sóng ban đầu để tính toán là 0° (nghĩa là sóng tiến vào theo hướng vuông góc với biên phía Đông của miền tính). Sóng ở đây là sóng phổ (dạng Jonswap, mặc định), không có sự phân tán phổ theo hướng sóng. Với chiều cao sóng tính toán là 8 m, ta thấy sóng thuộc trường hợp tương đối cao nên để có độ phân giải chính xác và mịn thì phải có ít nhất 100 ô lưới mỗi chiều dài sóng. Hiện tại, với độ cao địa hình như đã xác định ở hình 8 thì mới chỉ có 11 ô lưới theo chiều dài sóng. Vì thế, ta cần tăng độ phân giải của lưới lên để lưới dày và mịn hơn. Tức là theo chiều dài sóng có 970 ô lưới và chiều dọc sóng có 640 ô lưới để tính toán. Khi đó, phạm vi lưới tính toán tổng cộng dài 9700 m và rộng 6400 m. Sử dụng lưới chữ nhật có ô lưới vuông thì ban đầu có thể chọn $\Delta x = 9700/970 = 10$ m, $\Delta y = 6400/640 = 10$ m. Khi đó, kích thước ô lưới tính toán là $(10 \times 10)m^2$.

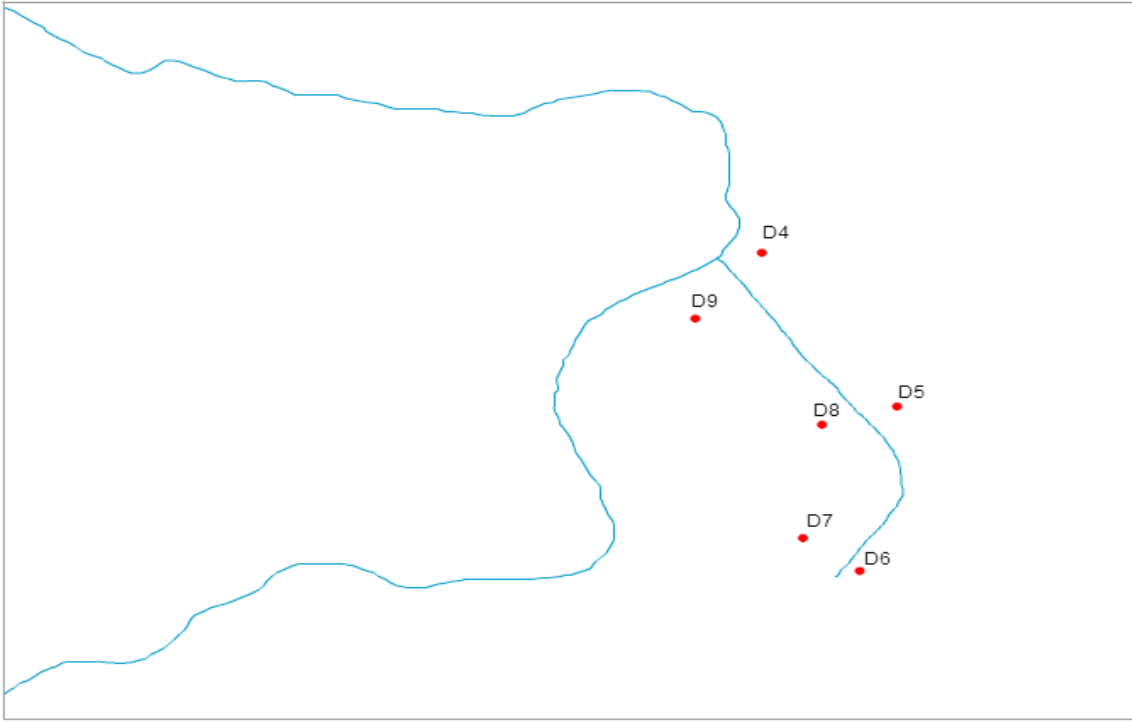
Với cùng một chiều dài sóng, độ sâu càng lớn thì càng cần phải tạo nhiều lớp theo chiều thẳng đứng, và cần thực hiện tính toán nhiều hơn. Từ số liệu độ sâu, ta chọn độ sâu lớn nhất của miền tính toán là 99 m.

Bước thời gian tính toán: Với chiều rộng lưới sau khi được làm dày thì $\Delta x = 10$ m, $\Delta y = 10$ m, gia tốc $g = 9,81$ m/s², độ sâu $d = 99$ m. Theo biểu thức của Cr, giả thiết bỏ qua vận tốc theo phương x và y ($\sqrt{u^2 + v^2} = 0$). Mặt khác, Cr là số Courant (trong khoảng 0,5 đến 0,8) nên ta chọn $Cr = 0,5$. Từ đó, xác định được bước thời gian $\Delta t = 0,1$ s.

Chiều dài sóng nước sâu là $L = 1,56T_p^2 = 224,64$ m. Số sóng $k = 2\pi/L = 0,028$ m⁻¹. Do đó $kd = 2,772$. Dựa vào bảng 1 do $kd \leq 2,9$ với sai số là 3% nên ta chỉ cần 1 lớp để tính toán.

Để biểu diễn công trình, trong phạm vi SWASH phải nhập vào phạm vi công trình và đặc tính công trình. Đặc tính công trình gồm các yếu tố: chiều cao sóng là $H_s = 13,19$ m và chu kỳ sóng là $T_p = 14,2$ s, kích thước lưới là $(10 \times 10)m^2$ và $\Delta t = 0,1$ s. Phạm vi công trình được định vị trên một lưới độ rỗng (POROSITY). Căn cứ vào tuyến đập vạch ra, nhóm lập lưới POROSITY gồm 970 hàng vào 640 cột, với độ phân giải ngang như lưới tính toán (CGRID). Cụ thể, đối với những vị trí có công trình, người viết sử dụng giá trị 0,4 tại đó và những vị trí không có công trình thì bằng 1.

Để thuận tiện cho việc mô phỏng, các điểm D4-D9 được chọn ra (Hình 9), trong đó D4, D5, D6 là các điểm phía ngoài đập còn D7, D8, D9 phía trong đập.

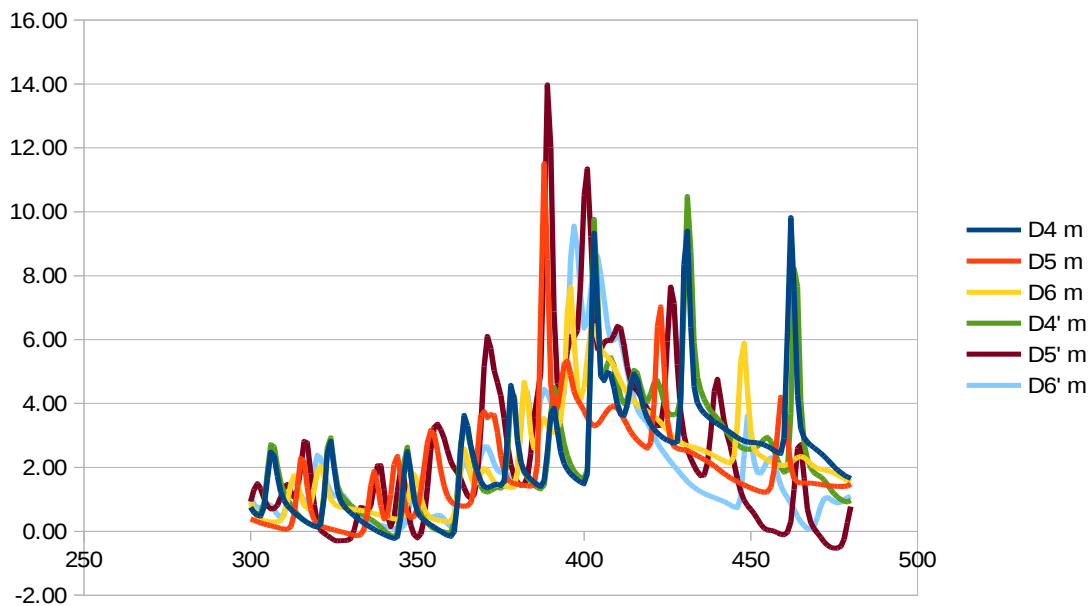


Hình 9: Biểu diễn các điểm tính khi có công trình

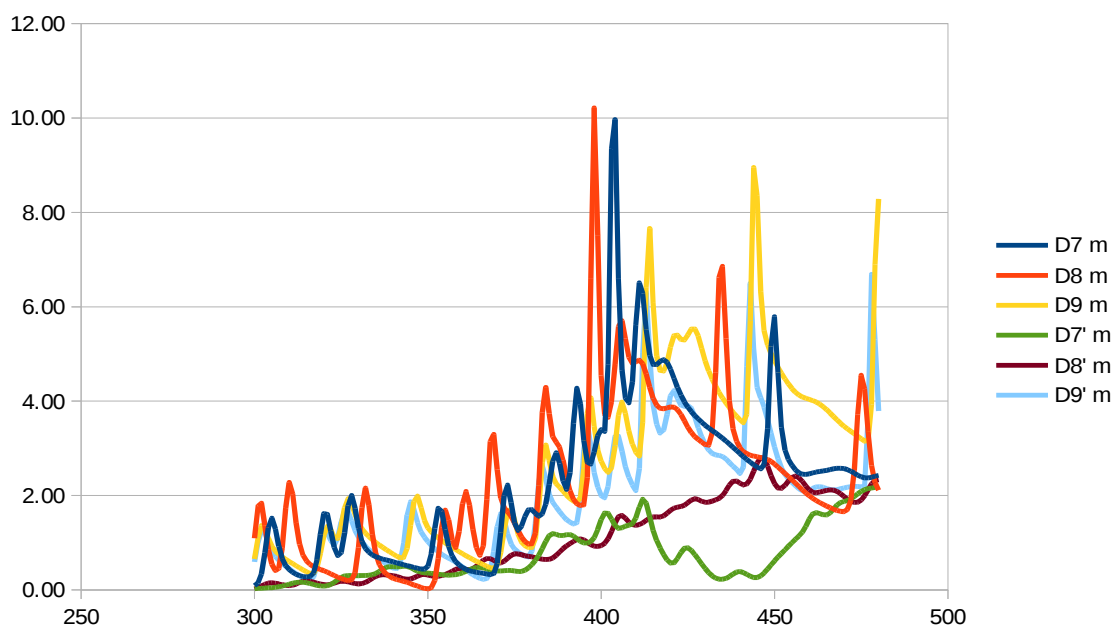
Sau khi chạy mô hình, ta được kết quả đường quá trình mực nước tại các điểm đã chọn (Hình 10 và 11). Từ đường quá trình ta tính được chiều cao sóng ý nghĩa và chu kỳ, kết quả cho bởi bảng 3.

Bảng 3: Tổng hợp kết quả chiều cao và chu kỳ sóng gần công trình

	Điểm	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Trước khi có CT	Hs (m)	7,45 m	6,71 m	6,36 m	6,79 m	6,73 m	7,52 m
	Tp (s)	9,91 s	7,56 s	9,47 s	8,33 s	9,11 s	9,84 s
Sau khi có CT	Hs (m)	7,81 m	10,52 m	8,26 m	2,35 m	3,34 m	5,38 m
	Tp (s)	9,87 s	8,93 s	8,45 s	6,42 s	5,69 s	6,81 s



Hình 10: Đường mực nước tại điểm tính toán theo thời gian ngoài công trình



Hình 11: Đường mực nước tại điểm tính toán theo thời gian trong công trình

5. Truyền sóng vào vịnh biển

Đà Nẵng có bờ biển dài khoảng 30 km, có nhiều bãi tắm đẹp, thuận lợi trong việc phát triển các loại hình kinh doanh, dịch vụ, du lịch biển. Vịnh Đà Nẵng nằm chắn bởi sườn núi Hải Vân và Sơn Trà, mực nước sâu, thuận lợi cho việc xây dựng cảng lớn và một số cảng chuyên dùng khác; và nằm trên các tuyến đường biển quốc tế nên rất thuận lợi cho việc giao thông đường thủy. Vịnh Đà Nẵng còn là nơi trú đậu tránh bão của các tàu có công suất lớn.

Bờ biển Đà Nẵng bị xâm thực dữ dội. Ảnh hưởng của bão đã gây ra sóng biển cao 2 mét trong vịnh Đà Nẵng, khiến tình trạng biển xâm thực càng nghiêm trọng. Hiện tượng nước biển xâm thực mạnh vào bờ biển đang diễn ra tại vùng bờ biển Đà Nẵng. Hàng km bờ biển quận Liên Chiểu đang bị xâm thực vào từ 1-2 m cuốn trôi đi những hàng dương liễu được người dân trồng để chắn cát và gió bão. Nhiều chỗ biển đã lấn sâu vào sát nhà dân. Nguyên nhân chủ yếu của hiện tượng biển xâm thực sâu vào trong được cho là kể từ khi xây dựng kè và kho xăng dầu K83, việc xây dựng lấn và san lấp eo biển dưới chân đèo Hải Vân đã làm thay đổi dòng chảy, gây nên tình trạng biển xâm thực sâu vào bờ biển gây nguy hiểm tới tính mạng và tài sản của người dân.

Các đoạn kè biển dọc theo cung đường Nguyễn Tất Thành cũng đang bị phá hỏng mỗi khi có bão đổ bộ vào, kè biển ở đây được cho là chỉ chịu được bão cấp 9, nếu bão cấp cao hơn thì các bờ kè sẽ bị phá hỏng. Mới đây nhất vào cuối năm 2013, sau cơn bão số 11 và 12, nhiều nơi biển xâm thực vào đến hơn 15 m (khu vực Hòa Hiệp Nam, Hòa Hiệp Bắc, quận Liên Chiểu) khiến tuyến đường ven biển luôn đối mặt với nguy cơ bị cắt đứt. Hàng trăm hàng quán, hộ dân theo đó cũng sẽ bị kéo xuống biển bất cứ lúc nào.

Vận chuyển bùn cát dọc bờ là do sóng tác dụng theo phương xiên góc với đường bờ tạo nên dòng chảy theo phương dọc với đường bờ. Dòng chảy này vận chuyển bùn cát dọc theo bờ biển, và hình thành dòng chảy dọc bờ, khi dòng ven thay đổi thì quá trình vận chuyển bùn cát dọc bờ cũng bị thay đổi. Vì vậy việc xây dựng các khu du lịch, bến cảng, các công trình lấn biển khác sẽ gây ra biến đổi dòng ven bờ, gây xói lở ở hạ lưu công trình.

Vận chuyển bùn cát ngang bờ có nguyên nhân chủ yếu là bão, khi có bão sẽ có nước dâng và các cơn sóng lớn, nước dâng cao cùng với sóng cao sẽ tấn công bờ biển gây sạt lở, khi sóng rút sẽ mang bùn cát ra xa bờ; vì vậy nếu như bờ biển không được bảo vệ bằng đê kè có đủ khả năng chống được nhưng cơn bão lớn thì bờ biển sẽ bị phá sạt lở.



Hình 12: Cao độ địa hình vịnh Đà Nẵng biểu diễn trên Google Earth

Với vùng vịnh Đà Nẵng, cần mô hình sóng 2 chiều vì theo đặc điểm địa hình vịnh chỉ có một phía thông ra biển và các đường đồng mức uốn cong, các sóng truyền vào vịnh sẽ bị khúc xạ mạnh, cụ thể là phân kì sóng.

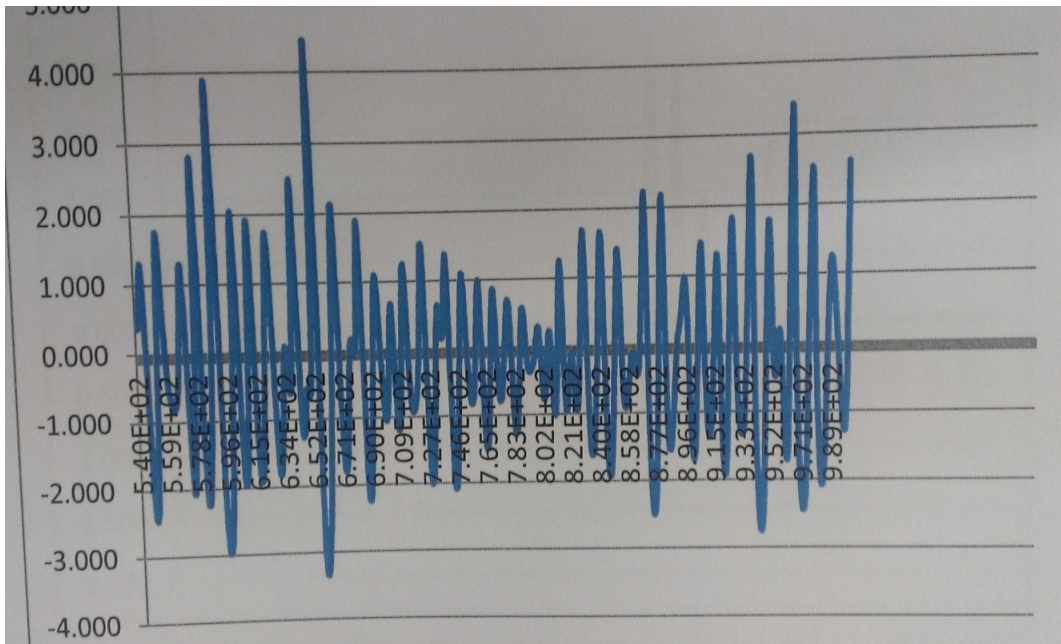
Lưới địa hình vịnh Đà Nẵng là lưới chữ nhật. Điểm gốc dưới phía trái có tọa độ 187464 m E, 1777131 m N trong hệ lưới UTM. Độ phân giải của số liệu là 891,96 m theo phương Đông-Tây và 924,03 m hướng Bắc-Nam. Lưới tính toán có dạng hình vuông, quay góc $\alpha = 45^\circ$, có độ phân giải mịn hơn nhiều so với lưới địa hình ($\Delta x = 12,5$ m và $\Delta y = 25$ m). Có 1024 ô lưới theo phương truyền sóng (hướng Đông Bắc - Tây Nam) và 512 ô lưới theo hướng ngang vịnh.

Điều kiện biên là sóng tới từ hướng Đông Bắc, truyền vuông góc qua một cạnh của miền tính toán. Chiều cao sóng ngoài biên là $H_s = 7,5$ m còn chu kỳ $T_p = 13$ s. Bước thời gian tính toán bằng 1 s. Đoạn bờ nghiên cứu ở cuối vịnh (đối diện với cửa vịnh nơi sóng truyền vào). Để mô tả hiệu ứng hấp thụ năng lượng sóng của bãi cát, cần đặt một lớp độ rỗng (POROSITY) tương ứng vị trí đường bờ.

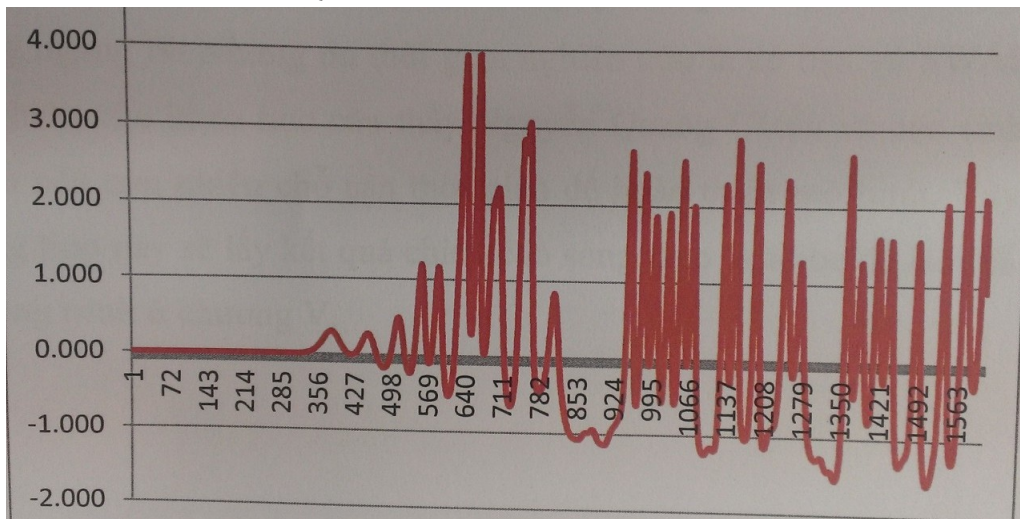


Hình 13. Vị trí các điểm đại diện lấy kết quả dao động mực nước mô phỏng

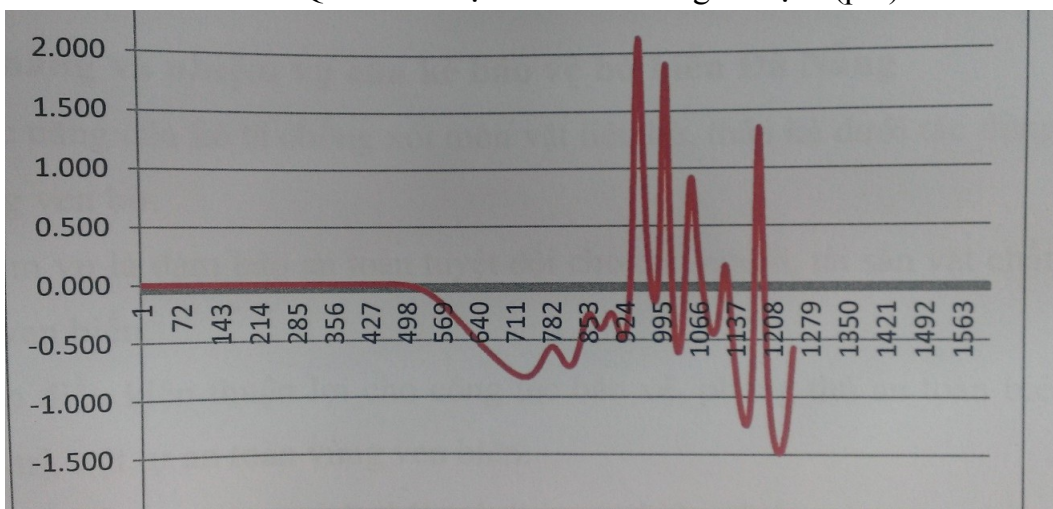
Ta xét một tuyến từ cửa vịnh đến sát bờ biển. Kết quả đường quá trình mực nước thu được như trên các Hình 14 - 16.



Hình 14. Quá trình mực nước ở điểm sát biên vịnh



Hình 15. Quá trình mực nước ở điểm giữa vịnh (pt1)



Hình 14. Quá trình mực nước ở điểm gần bờ (pt0)

6. Thảo luận kết quả

6.1 Đối với trường hợp truyền sóng ngang bãi nông

Xét trên toàn 3 mặt cắt khi truyền sóng vào bờ. Nhận thấy, chiều cao sóng giữa các điểm phía biển cao hơn khá nhiều với các điểm phía sát mũi đập mỏ hàn. Chiều cao sóng giảm dần và giảm khá nhiều. Với chiều cao sóng tại các điểm phía biển là $H_s = 3,24$ m, $H_s = 2,84$ m, $H_s = 2,5$ m. Có thể thấy chiều cao sóng tại các điểm gần sát mũi đập mỏ hàn dự kiến đều khá bé, $H_s = 1,03$ m, $H_s = 0,94$, $H_s = 0,86$ m.

Chiều cao sóng giảm đi thể hiện hiệu ứng nước nông. Xét riêng mặt cắt A-A, hệ số sóng vỡ $\gamma = H / h$ tại các điểm 1, 2, 3 lần lượt là: $\gamma_1 = 0,16$; $\gamma_2 = 0,29$; $\gamma_3 = 0,47$.

Kết luận: giá trị này của γ có thể nhỏ hơn hẳn giá trị thường dùng (0,6 – 0,7) với trường hợp đáy biển dốc đều, không có bãi nông hay cồn ngầm.

6.2 Đối với trường hợp truyền sóng đến đảo

Chiều cao sóng trước khi có công trình thì tương đối cao dao động tương đối lớn. Nhưng khi ta xây dựng công trình đập chắn sóng vào thì chiều cao sóng có sự thay đổi lớn. Đối với những điểm nằm ngoài đập chắn sóng (D4, D5, D6), khi có sự xuất hiện của đập chắn sóng làm một phần sóng phản xạ dẫn đến chiều cao sóng tăng lên còn với những điểm nằm phía trong đập chắn sóng (D7, D8, D9) đã được che chắn thì sóng sẽ giảm xuống do tác dụng của đập chắn sóng. Để thuận tiện cho việc so sánh chiều cao sóng, ta kí hiệu các điểm khi đã xây dựng đập chắn sóng là D4', D5', D6', D7', D8', D9'.

Ngoài biển khơi, khi có tác động của sóng truyền vào bờ khi gặp đập chắn sóng sẽ gây ra hiện tượng khúc xạ sóng sẽ làm cho các tia sóng bị khúc tán, điều này cũng có nghĩa là năng lượng sóng sẽ bị khúc tán và do vậy mà chiều cao sóng giảm đi với những điểm tính nằm bên trong đập chắn sóng (D7, D8, D9) như hình ... Đối với các điểm tính nằm bên ngoài đập chắn sóng (D4, D5, D6) thì khi sóng tiến vào bờ gặp đập chắn sóng sẽ bị phản xạ và làm chiều cao sóng tăng lên rõ rệt như hình ...

Nhóm cố gắng lượng hóa áp suất do sóng tác dụng lên vách đá của đảo. Cơ chế xói lở vách đá đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu, tổng kết (xem Hamsom và nnk, 2008). Một số nhà khoa học thấy rằng: sóng áp lực tác động và áp suất bên ngoài truyền qua nén không khí ở các khe nứt, các vết nứt liên tục làm nứt, gãy bề mặt đá. Các sóng truyền gây gãy khe nứt, vết nứt có thể tự tách rời và vận chuyển từng khối hoặc bị dễ vận chuyển bởi một làn sóng sau đó. Mặt trước thẳng đứng của sóng tạo ra áp suất tối đa lên một vách đá; áp suất này bao gồm cả hai thành phần thủy động và thủy tĩnh. Áp suất tĩnh ở vị trí mà áp suất động đạt mức tối đa thì không đáng kể nhưng áp lực thủy động tối đa tác dụng lên một vách đá ngập nước bởi sóng vỡ có thể được ước tính theo Sunamura (1992):

$$p_m = 35\rho_f gH_{ob}$$

Trong đó: ρ_f : khối lượng riêng của nước biển ($1,024$ T/m³), H_{ob} : chiều cao sóng nước sâu

còn p_m : áp suất thủy động tối đa.

Đối với trường hợp khi xây dựng công trình đập chắn sóng, ta có áp suất thủy động tối đa tại điểm D5 lớn nhất với $p_m = 3698 \text{ N/m}^2$ và tại điểm D7 nhỏ nhất với $p_m = 826 \text{ N/m}^2$.

Như vậy, mô hình SWASH đã giúp ta đánh giá được hiệu quả của đập chắn sóng phía Đông Nam huyện đảo Lý Sơn.

6.3 Đối với trường hợp sóng truyền vào vịnh

Rõ ràng hiệu ứng nước nông đã làm cho chiều cao sóng giảm bớt. Hơn nữa, có thể thấy các con sóng truyền vào vịnh có xu hướng có đỉnh nhọn hơn và đáy bằng hơn (Hình 15, 16).

7. Kết luận và kiến nghị

Như vậy mô hình SWASH đã áp dụng được và cho kết quả khá tốt cho cả ba bài toán nhỏ. Do mới tìm hiểu mô hình, nhóm nghiên cứu mới trích xuất kết quả mực nước và ước tính chiều cao sóng ý nghĩa. Tuy nhiên cao hơn nữa, nếu có yêu cầu cho biết phân bố chiều cao sóng hay mức độ thường xuyên của những con sóng lớn thì mô hình hoàn toàn có khả năng cho kết quả. Ngoài ra, mô hình còn cho kết quả phân bố vận tốc dòng chảy và ứng suất tiếp tại đáy trên toàn bộ miền tính toán. Điều này rất cần cho việc nghiên cứu và phân tích vận chuyển bùn cát ven bờ. Nhìn chung, khối lượng thông tin kết quả của mô hình là khá lớn.

Mặc dù bước đầu nhóm thu được nhiều kết quả từ mô hình SWASH, như trong quá trình tìm hiểu và chạy mô hình còn gặp nhiều khó khăn. Việc chạy mô hình thử nghiệm mất khá nhiều thời gian cũng như thời gian chạy mỗi file số liệu khá lâu. Ngoài ra, trong quá trình chạy mô hình bị dừng đột ngột do có lỗi sai và phải chạy lại từ đầu. Các lỗi gây ra việc dừng mô hình thường là bước thời gian mô phỏng kịch bản không đúng, chưa phù hợp với các số kiểu đầu vào. Các điểm lựa chọn chưa phù hợp với hướng song, điểm đặt công trình. Cần có kiểm định mô hình mới có thể thu được kết quả tin cậy.

Tài liệu tham khảo

- [1] Nguyễn Mạnh Hùng, Nguyễn Thọ Sáo (2005) *Mô hình tính sóng vùng ven bờ*, Đại học quốc gia Hà Nội.
- [2] Phạm Văn Ninh và nnk. (2003) *Biển Đông, tập 2: Khí tượng thủy văn, động lực học biển*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [3] The SWASH team (2014) *SWASH user manual*, Delft University of Technology.
- [4] Hansom, Barltrop, Hall (2008) Modelling the processes of cliff-top erosion and deposition under extreme storm waves, *Marine Geology* **253**, 36-50.
- [5] Vũ Thanh Ca (2005) *Sóng gió*, Giáo trình dùng cho trường Đại học thủy lợi.
- [6] Zijlema, Stelling, Smit (2011) SWASH: An operational public domain code for

simulating wave fields and rapidly varied flows, *Coastal Engineering* **58**(10), 992-1012.

[7] Ứng dụng web IndieMapper (<http://indiemapper.com/app/>)

[8] Địa hình GEBCO (www.gebco.net)

Phụ lục

Các file số liệu được tập hợp cùng với báo cáo ở trang web Cơ sở dữ liệu Nghiên cứu khoa học Sinh viên khoa B, thư mục NCKHSV/Tuyet_nnk_2015.