

MÔ PHÒNG BIẾN ĐỔI BỜ BIỂN DO BÃO

ĐẶNG VĂN TỎ

Tóm tắt: Cùng với việc giới thiệu mô hình SBEACH, mô phỏng diễn biến bờ biển do bão với số liệu thực đo tại Gold Coast, Úc Châu vào năm 1996 đã được thực hiện. SBEACH đã mô phỏng được sự thay đổi bờ biển một cách định tính: xói lở ở gần bờ và bồi tụ ở xa bờ. Về mặt định lượng, SBEACH chưa mô phỏng chính xác hình dạng thay đổi của trắc đồ độ dọc mặc dù độ cao dãi cát được ước lượng khá chính xác. Nhiều thí nghiệm số cần được thực hiện để xác định đúng các tham số thực nghiệm cho việc mô phỏng chính xác sự thay đổi trắc đồ bờ biển.

I. MỞ ĐẦU

Bão hàng năm đổ bộ vào Việt Nam trung bình từ 9 -12 cơn, di chuyển từ Bắc vào Nam theo sự thay đổi mùa. Tác động của các cơn bão không những gây nên sự úng ngập ven bờ do nước dâng mà còn khiến bờ biển rất dễ bị xói lở do sóng to, gió lớn như đã từng thấy tại hầu hết các tỉnh miền Bắc và Trung Việt Nam: Nam Định, Huế, Quảng Ngãi, Phan Thiết. Vì thế mô phỏng chính xác diễn biến bờ biển là một trong những mục tiêu quan trọng của những nhà Hải dương học và Kỹ thuật ven bờ. Nhiều mô hình số trị đã được xây dựng, phát triển để mô phỏng sự thay đổi của bờ biển dưới tác động của các điều kiện sóng, dòng chảy và công trình ven bờ khác nhau. Ngày nay, mô hình toán số trị thường được dùng như một công cụ hữu hiệu để quản lý và đánh giá biến đổi của vùng biển ven bờ. Hai mô hình thường được dùng trong các bài toán ven bờ là GENESIS (Hanson and Kraus, 1991) và SBEACH (Larson and Kraus, 1989).

Mô hình GENESIS được dùng để dự báo biến đổi đường bờ (*shoreline change*) có kích thước khu vực (1-10km) (*regional range*) và thời gian thay đổi từ vài năm đến hàng chục năm (*long-term processes*) do chịu tác động của các quá trình vận chuyển bùn cát ven bờ (*longshore sediment transport*). Mô hình SBEACH được dùng để dự báo biến đổi trắc đồ bãi biển (*beach profile change*) do chịu tác động của các quá trình vận chuyển ngang bờ (*cross-shore sediment transport*) dưới ảnh hưởng của những cơn bão có thời gian thay đổi hàng giờ hoặc hàng tuần và diễn biến bãi biển thay đổi theo mùa có thời gian thay đổi hàng tháng. Cụ thể, mô hình SBEACH được sử dụng để tính toán sự biến động bờ biển trong bão do trường sóng trong bão có độ dốc rất lớn tạo ra mặt cắt ngang bờ cân

bằng dốc hơn nhiều so với mặt cắt cân bằng trong điều kiện thời tiết bình thường mà người ta hay gọi là mặt cắt Dean (*Dean profile*).

Về nguyên tắc, hai mô hình này có thể luân phiên sử dụng qua lại để dự báo diễn biến ba chiều của bờ biển. Tuy nhiên, việc kết hợp cùng lúc SBEACH và GENESIS không phải dễ dàng. Ngoài ra, diễn biến bờ biển do bão thường được quan tâm cho việc giảm nhẹ tác hại của thiên tai cũng như qui hoạch xây cất ven bờ nhằm giảm thiểu tổn thất vật chất. Do vậy, tùy vào cơ chế gây biến động cụ thể của khu vực bờ biển, mô hình SBEACH phát triển trong môi trường windows rất tiện dụng và thích hợp để mô phỏng thay đổi bờ biển ngắn hạn được sử dụng trong nghiên cứu này.

Do việc thu thập số liệu thực tế tại Việt Nam còn gặp nhiều khó khăn và không đồng bộ, bài báo này sẽ chọn khu vực nghiên cứu ở nước ngoài với số liệu tương đối đầy đủ để thực hiện đề tài này. Cụ thể, bãi biển Gold Coast thuộc tiểu bang Queensland của Úc hàng năm mang lại lợi tức khá lớn khoảng hàng chục triệu đô-la từ ngành du lịch sẽ được sử dụng (hình 1). Lý do là vì Gold Coast có rất nhiều công trình như nhà hàng, khách sạn hiện đại được xây dọc theo bãi biển cũng như hàng năm các cơn bão thường xuyên đổ bộ vào khu vực này. Các số liệu đo đạc vì thế thực hiện đều đặn hơn trước và sau cơn bão.



Trong bài báo này, sau phần dẫn nhập chúng tôi sẽ trình bày tóm tắt cơ sở lý thuyết của mô hình SBEACH và ứng dụng của mô hình SBEACH cho bãi biển Gold Coast. Cuối cùng là phần kết luận của đề tài nghiên cứu này.

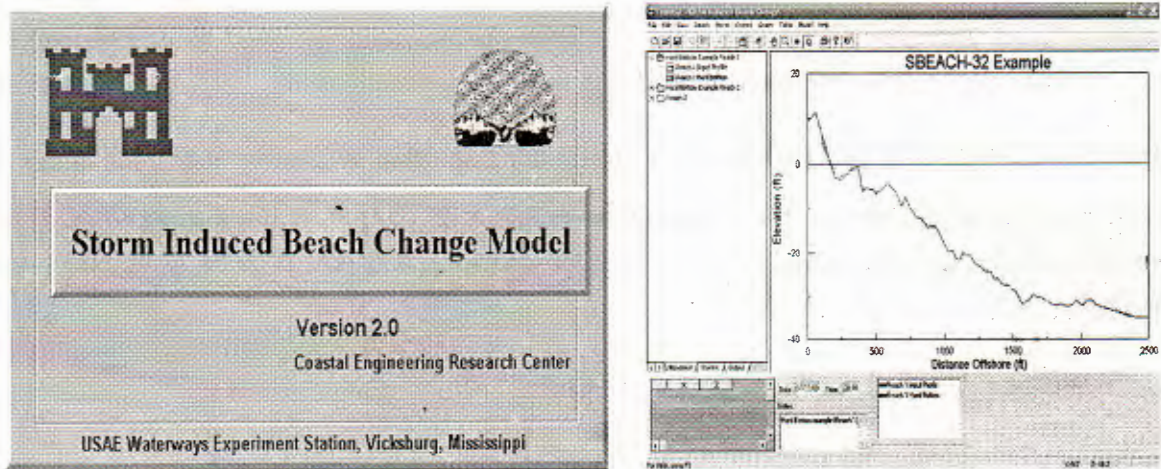
II. CƠ SỞ LÝ THUYẾT MÔ HÌNH SBEACH

SBEACH là tên rút gọn của mô hình số trị mang tên Storm-induced BEAch CHange được Cơ quan nghiên cứu kỹ thuật thuộc Quân đội Mỹ (*U.S. Army Corporation of Engineers*) phát triển từ năm 1989. SBEACH là mô hình hai chiều được thiết lập dựa trên quá trình phân tích tổng hợp sự thay đổi profile bờ. Mô hình SBEACH được ứng dụng khi quá trình chuyển tải trầm tích dọc theo bờ không đáng kể; sự vỡ sóng và thay đổi mực nước là hai nguyên nhân chính gây ra chuyển tải trầm tích và thay đổi profile bờ. SBEACH version 2.0 for Windows (hình 2) có khả năng mô phỏng sự thay đổi trắc đồ bờ biển do ảnh hưởng của các giải pháp rắn như đáy cứng (*hard bottom*) hoặc các giải pháp mềm như đổ cát lấn biển (*beach fill*). Mô hình này chứa 3 module được tính liên tục, tuần

tự tại mỗi bước thời gian như sau: tính độ cao sóng ngang bờ, tốc độ chuyển tải ngang bờ và tính sự thay đổi profile.

1. Module tính toán phân bố ngang bờ của độ cao sóng

Chọn một hệ trục tọa độ xoz sao cho trục x vuông góc đường bờ và trục z hướng thẳng đứng từ dưới lên trên như hình 3. Mô hình tính độ cao sóng ngang bờ được thiết lập dựa vào giả thiết cho rằng ngoài vùng sóng vỡ độ cao sóng có biên độ nhỏ, trong vùng sóng vỡ độ cao sóng tuân theo phương trình bảo toàn năng lượng thông kết hợp với năng lượng tiêu tán của Dally, Dean và Darymble (1984, 1985).



Hình 2. Logo và Giao diện của mô hình SBEACH

Ngoài vùng sóng vỡ, độ cao sóng có thể tính nhờ

$$H = K_s K_r H_o \quad (1)$$

trong đó

$$K_s = \frac{1}{2n \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)}, \quad (\text{hệ số nước nông})$$

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos \theta_o}{\cos \theta}}, \quad (\text{hệ số khúc xạ})$$

Và mực nước hạ thấp do sóng (wave setdown) tại điểm sóng vỡ là

$$\eta = -\frac{\pi H^2}{4L \sinh\left(\frac{4\pi d}{L}\right)} \quad (2)$$

Trong vùng sóng vỡ, độ cao sóng được tính dựa vào phương trình

$$\frac{d}{dx}(F \cos \theta) = \frac{\kappa}{d}(F - F_s) \quad (3)$$

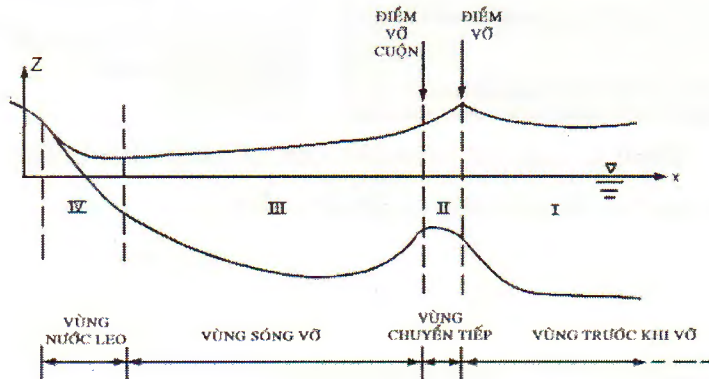
Sự thay đổi mực nước trung bình được xác định từ phương trình ứng suất bức xạ S_{xx} (radiation stress) theo hướng vào bờ:

$$\frac{dS_{xx}}{dx} = -\rho g d \frac{d\eta}{dx} \quad (4)$$

S_{xx} được cho bởi lý thuyết sóng tuyến tính là

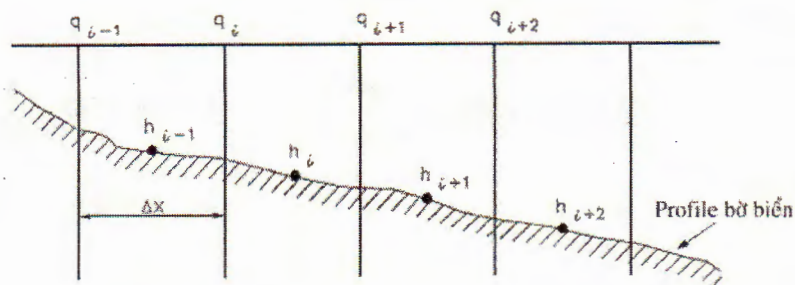
$$S_{xx} = \frac{1}{8} \rho g H^2 \left[n(\cos^2 \theta + 1) - \frac{1}{2} \right] \quad (5)$$

Với θ là góc sóng tới, năng thông sóng nước nông $F = \frac{1}{8} \rho g H^2 \sqrt{gh}$, năng thông ổn định $F_s = E_s C_g$, θ là góc giữa sóng và đường đẳng sâu đáy, κ là hệ số suy giảm sóng, d là độ sâu tổng cộng ($=h+\eta$), h là độ sâu nước tĩnh, η là độ dâng mực nước trung bình, E_s là mật độ năng lượng sóng ổn định, $H_s = \Gamma h$ là độ cao sóng ổn định, Γ là hệ số độ cao sóng ổn định.



Hình 3. Trắc đồ và các khu vực chính của chuyển tải ngang bờ trong mô hình SBEACH

Nhờ vào các phương trình (1)-(5), độ cao sóng ngang bờ tại mỗi bước thời gian được tính toán theo sơ đồ sai phân ẩn Crank-Nicolson. Tính toán bắt đầu từ ô lưới cuối cùng (về phía biển) và tiếp tục về phía bờ bằng cách dùng điểm lưới đã biết để xác định điểm lưới kế tiếp, ở đây i là chỉ số điểm lưới, h là độ sâu nước (chính giữa ô, q là tốc độ chuyển tải ngang qua bờ (tại biên của ô lưới).



Hình 4. Phác hoạ định nghĩa của lưới sai phân

2. Module tính tốc độ chuyển tải ngang bờ

Dựa vào các tính chất động lực học sóng ven bờ và bản chất Vật lý của quá trình chuyển tải trầm tích trong các điều kiện dòng khác nhau, SBEACH chia profile bờ biển thành bốn vùng chuyển tải chính là (hình 3):

* Khu vực I: từ độ sâu về phía biển mà tại đó chuyển tải cát có ảnh hưởng cho đến điểm vỡ sóng (*break point*) (khu vực trước khi sóng vỡ-*prebreaking zone*)

* Khu vực II: từ điểm sóng vỡ đến điểm sóng vỡ cuộn (*plunge point*) (khu vực chuyển tiếp sóng vỡ)

* Khu vực III: từ điểm sóng vỡ cuộn đến điểm sóng tái tạo hay là đến khu vực nước leo (khu vực sóng đã vỡ)

* Khu vực IV: từ biên về phía bờ của vùng vỡ sóng cho đến giới hạn sóng leo phía bờ (khu vực nước leo)

Ngoài ra, hướng của chuyển tải trầm tích (vào bờ hay xa bờ) được xác định từ công thức sau với $M=0,00070$:

Nếu $\frac{H_o}{L_o} \leq M \left(\frac{H_o}{wT} \right)^3$ thì profile được dự báo là xói mòn hay trầm tích chuyển động xa bờ. Nếu $\frac{H_o}{L_o} > M \left(\frac{H_o}{wT} \right)^3$ thì profile được dự báo là bồi tụ hay trầm tích chuyển động vào bờ.

Qui trình tính toán chuyển tải trầm tích được thực hiện như sau. Độ lớn của tốc độ được tính trước tiên tại khu vực vỡ sóng (khu vực III) dựa trên lý thuyết cân bằng. Sau đó tính chuyển tải trong các khu vực I, II, IV từ các hàm thực nghiệm của các giá trị chuyển tải được tính tại các biên với khu vực sóng vỡ.

$$\text{Khu vực I: } q = q_b e^{-\lambda_1(x-x_b)} \quad x_b < x \quad (6)$$

$$\text{Khu vực II: } q = q_p e^{-\lambda_2(x-x_p)} \quad x_p < x \leq x_b \quad (7)$$

$$\text{Khu vực III: } q = \begin{cases} K \left(D - 0.75D_{eq} + \frac{e}{K} \frac{dh}{dx} \right) & D > \left(0.75D_{eq} - \frac{e}{K} \frac{dh}{dx} \right) \\ 0 & D \leq \left(0.75D_{eq} - \frac{e}{K} \frac{dh}{dx} \right) \end{cases} \quad (8)$$

với $x_z \leq x \leq x_p$

$$\text{Khu vực IV: } q = q_z \left(\frac{x-x_r}{x_z-x_r} \right) \quad x_r < x < x_z \quad (9)$$

trong đó: q là tốc độ chuyển tải cát tổng cộng ngang bờ, q_b là tốc độ chuyển tải cát tổng cộng ngang bờ tại điểm vỡ, $\lambda_{1,2}$ là hệ số suy giảm theo không gian trong khu vực I và II, x là trục vuông góc với bờ có chiều dương hướng về biển, K là hệ số tốc độ chuyển tải cát, D là sự tiêu tán năng lượng sóng trên mỗi đơn vị thể tích, D_{eq} là sự tiêu tán năng lượng sóng cân bằng trên mỗi đơn vị thể tích, ε là hệ số tốc độ chuyển tải cát liên hệ với độ dốc, chỉ số dưới b , p , z và r chỉ các đại lượng lần lượt được ước lượng tại các điểm vỡ, điểm sóng vỡ cuộn, đoạn cuối của vùng sóng vỡ, và giới hạn sóng leo.

Các hệ số suy giảm theo không gian mô tả sự suy giảm tốc độ chuyển vận theo khoảng cách. Biểu thức thực nghiệm của chúng được xác định như sau:

Hệ số suy giảm trong khu vực I:

$$\lambda_1 = 0.4 \left[\frac{D_{50}}{H_b} \right]^{0.47} \quad (10)$$

và trong khu vực II:

$$\lambda_2 = 0.2\lambda_1 \quad (11)$$

Tốc độ chuyển tải trong vùng I và II được xác định trước tiên tại điểm sóng vỡ cuộn, sau đó sử dụng tốc độ suy giảm mũ theo hướng về phía biển cho các khu vực tương ứng. Cần lưu ý là mối liên hệ giữa tốc độ chuyển tải ngang bờ và sự tiêu tán năng lượng được phân tích từ dữ liệu thực nghiệm trong vùng sóng vỡ. Trong vùng nước leo, tốc độ chuyển tải được xây dựng sao cho nó giảm tuyến tính từ điểm cuối của vùng sóng vỡ đến giới hạn sóng leo. Mối liên hệ giữa tốc độ chuyển tải ngang bờ và sự tiêu tán năng lượng xuất hiện trong cả chuyển tải gần bờ lẫn xa bờ.

Do phân bố tốc độ chuyển tải bùn cát phụ thuộc vào khu vực chuyển tải bùn cát, đạo hàm theo không gian sẽ bị gián đoạn tại các biên giữa các khu vực. Để làm trơn hơn, ta sử dụng ba điểm lọc để tính tốc độ chuyển tải trên các ô lưới liên tục từ các biên như sau:

$$q'_u = 0.25q_{i-1} + 0.50q_i + 0.25q_{i+1} \quad (12)$$

dấu (') ký hiệu tốc độ chuyển vận đã được làm tròn.

3. Module tính sự thay đổi profile

Sự thay đổi profile được tính từ phương trình bảo toàn khối lượng với các phân bố tốc độ chuyển tải tổng cộng cho từng khu vực tương ứng ((6)-(11)). Phương trình bảo toàn khối lượng khi không có chuyển tải dọc theo bờ là:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial q}{\partial x} \quad (13)$$

Về điều kiện biên, tốc độ chuyển vận cát bằng 0 tại giới hạn sóng leo và tại độ sâu về phía biển biểu thị dịch chuyển cát bắt đầu xảy ra. Điều kiện biên về phía biển của lưới tính (độ sâu giới hạn chuyển động của cát) được xác định bằng sự suy giảm mũ trong vùng I cho đến điểm mà tốc độ chuyển vận giảm đến giá trị nhỏ.

Để xác định phân bố tốc độ chuyển tải, trước tiên tính chuyển tải cát trong các khu vực có sóng vỡ hoàn toàn (khu vực III) theo phương trình:

$$q_i = K \left[\frac{(D_i + D_{i-1})}{2} - D_{cq} + \frac{\varepsilon}{K \Delta x} (h_i - h_{i-1}) \right] \quad (14)$$

Lưới tính được xác định trong hình 4. Sự tiêu tán năng lượng được tính tại điểm h (giữa ô tính). Tốc độ chuyển tải trong vùng sóng vỡ hoàn toàn xác định biên của khu vực III, từ đó tính được tốc độ chuyển tải trong các khu vực khác.

Phương trình bảo toàn khối lượng sử dụng phân bố tốc độ chuyển tải từ hai mức thời gian kế tiếp nhau. Chỉ số k ký hiệu mức thời gian nào đó, và phương trình được sai phân như sau:

$$\frac{h_i^{k+1} - h_i^k}{\Delta t} = \frac{1}{2} \left[\frac{q_{i+1}^{k+1} - q_i^{k+1}}{\Delta x} + \frac{q_{i+1}^k - q_i^k}{\Delta x} \right] \quad (15)$$

trong đó Δt là bước thời gian, $(k+1)$ là bước thời gian kế tiếp.

Ngoài ra, SBEACH còn dùng thủ thuật bờ biển đổ nhào để khống chế sự bất ổn định của mô hình khi tính toán các thay đổi của địa hình. Chi tiết về thủ thuật đổ nhào (*Avalanche*) có thể tham khảo từ sổ tay SBEACH (Larson and Kraus, 1989).

III. MÔ PHỎNG DIỄN BIẾN BỜ BIỂN Ở GOLD COAST

1. Phạm vi nghiên cứu

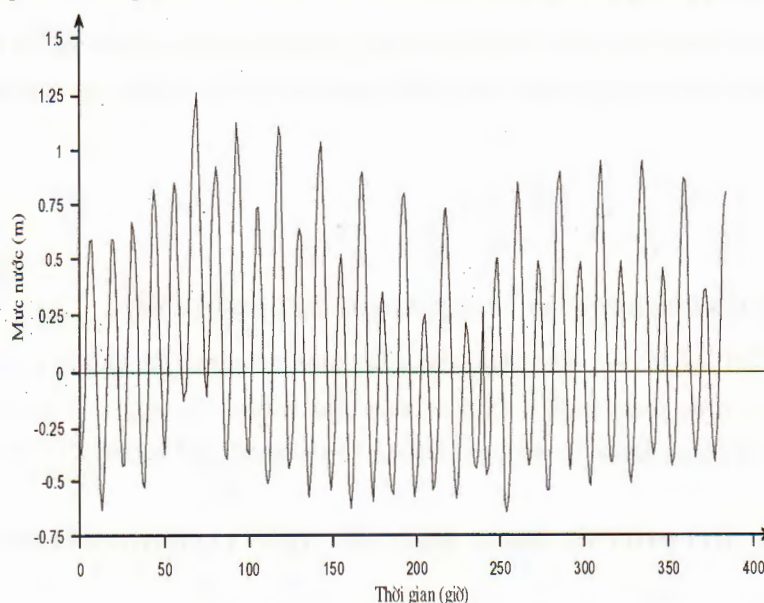
Gold Coast ở bờ phía Đông tiểu bang Queensland là một bãi biển có tiềm năng du lịch rất lớn, do đó tại đây hệ thống các công trình được xây dựng rất qui mô. Tháng 5/1996, hai cơn bão lớn xảy ra ở Gold Coast làm cho bờ biển bị xói lở nghiêm trọng, các nhà nghiên cứu đã tiến hành đo đạc sự thay đổi profile bờ biển do hai cơn bão này gây ra nhằm thu thập các dữ liệu phục vụ cho quá trình phát triển mô hình để mô phỏng sự thay đổi profile bờ. Ngoài ra, cần chú ý rằng Gold Coast là một bãi biển tương đối đều theo phương ngang, do đó dựa trên các dữ liệu trong cơn bão ngày 03/05/1996 và các dữ liệu liên quan đến sóng, chúng tôi sẽ mô phỏng sự thay đổi bờ biển chỉ từ một profile tiêu biểu ở Gold Coast bằng mô hình SBEACH (Carley, 1992).

2. Dữ liệu và tham số cho mô hình

a. Dữ liệu nhập vào mô hình

Các số liệu thực đo do bão xảy ra vào ngày 03/05/1996 được dùng trong mô hình này:

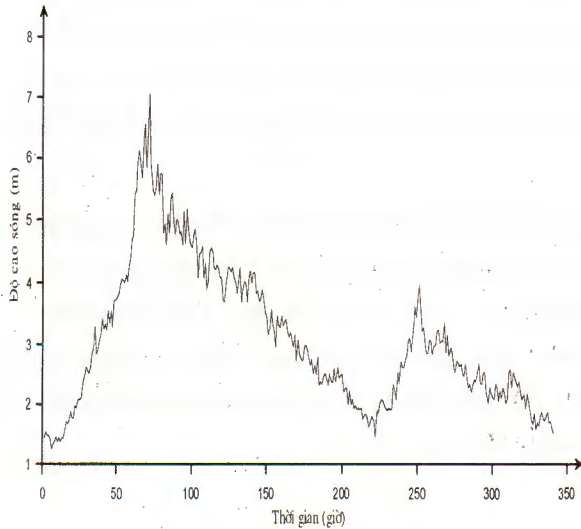
- Dữ liệu profile ban đầu là dữ liệu đo được trước khi xảy ra cơn bão một năm.
- Dữ liệu profile đo đạc sau cơn bão dùng để so sánh với mô hình SBEACH.
- Dữ liệu về sự thay đổi mực nước triều (hình 5).
- Dữ liệu độ cao sóng (hình 6) và chu kỳ sóng (hình 7) được xấp xỉ từ các dữ liệu được lấy trước và sau khi cơn bão xảy ra.
- Dữ liệu góc sóng được giả sử là 0.
- Dữ liệu gió được giả sử là 0 cho tất cả các hướng gió và góc gió.



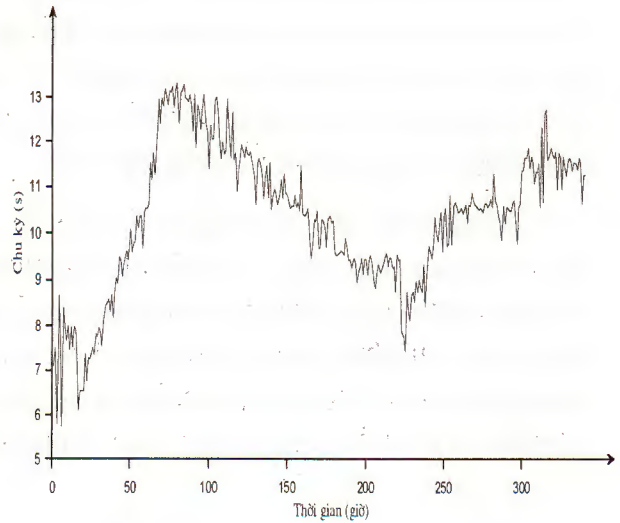
Hình 5. Dao động mực nước

b. Tham số của mô hình

Đề chạy mô hình SBEACH nhằm tính toán sự thay đổi profile ở bờ biển Gold Coast, 1250 bước thời gian với $\Delta t=5$ phút và 200 ô lưới với $\Delta x=5$ m được sử dụng cùng với bảng tham số dưới đây (bảng 1):



Hình 6. Độ cao sóng



Hình 7. và chu kỳ

Bảng 1: Các tham số dùng cho mô hình SBEACH

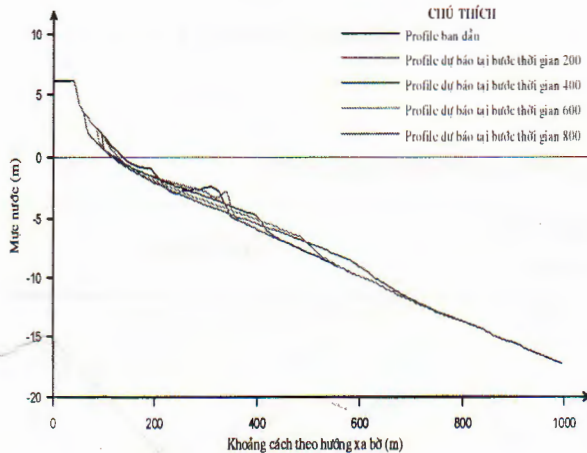
Hằng số	Giá trị mẫu ở Gold Coast	Khoảng giá trị biến thiên	Chú thích
K	$2,5e^{-6} \text{ m}^4/\text{N}$	$0,5 \times 10^{-6} - 5,0 \times 10^{-6}$	Hệ số tốc độ chuyển tải
ϵ	$0,003 \text{ m}^2/\text{s}$	0,002 - 0,005	Hệ số tốc độ chuyển tải phụ thuộc độ dốc
κ	0,13	0,06 - 0,15	Hệ số suy giảm độ vỡ
$\gamma_b \text{ min}$	1,00	0,60 - 1,00	Giới hạn dưới của tỉ số vỡ
$\gamma_b \text{ max}$	1,40	1,40	Giới hạn trên của tỉ số vỡ
	20%	0% - 20%	Biến đổi ngẫu nhiên trong độ cao sóng
ψ_y	30°	$15^\circ - 30^\circ$	Góc nghiêng ban đầu
λ_0	0,4	0,1 - 0,5	Hệ số suy giảm tốc độ chuyển tải theo không gian
Γ	0,4	0,4	Hệ số độ cao sóng ổn định

3. Kết quả tính toán

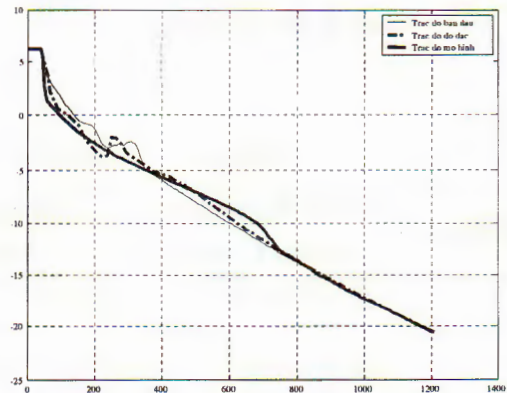
Với các tham số vừa được thiết lập, kết quả tính toán của sự thay đổi profile được trình bày trong hình 8 và hình 9.

Hình 8 cho thấy trắc đồ bị xói lở ở gần bờ và bồi tụ ở xa bờ. Sau khi có bão đi qua, đường bờ bị mất đi một đoạn là 42,87m và doi cát được dịch chuyển xa bờ theo thời gian. Thể tích cát bị xói mòn khỏi phần bờ không ngập nước sau khi cơn bão đi qua là 0,053 m³/m. Thể tích cát mất đi sau cơn bão là 3,730 m³/m. Thể tích cát bồi tụ là 3,767 m³/m. So với chiều cao doi cát ban đầu, profile dự báo đã mô phỏng được cao độ của doi cát khá tốt, tuy nhiên vị trí doi cát thì không chính xác.

Hình 9 cho thấy profile dự báo từ mô hình SBEACH so với profile đo đạc chỉ phù hợp một cách định tính, có nghĩa là sau cơn bão, bờ biển bị xói lở gần bờ và bồi tụ xa bờ. Về mặt định lượng, kết quả tính toán không khớp lắm so với số liệu đo đạc. Điều này cho thấy rằng mô hình SBEACH phụ thuộc khá nhiều vào các số liệu ban đầu và tham số trong mô hình. Việc mô phỏng chính xác thay đổi bờ biển trong cơn bão cần có nhiều thí nghiệm số hơn để xác định các tham số thích hợp cho khu vực dự báo.



Hình 8. Diễn biến trắc đồ theo thời gian



Hình 9. Mô phỏng diễn biến bờ biển do bão

IV. KẾT LUẬN

Mô phỏng diễn biến bờ biển trong cơn bão bằng mô hình SBEACH đã được thực hiện và một số nhận xét ban đầu được đưa ra như sau:

- Về mặt định tính, SBEACH mô phỏng sự thay đổi profile sau cơn bão tương đối tốt.

- Về mặt định lượng, SBEACH chưa mô phỏng chính xác profile thực đo. Mặc dù SBEACH dự báo độ cao doi cát khá tốt, nhưng vị trí và hình dạng profile cuối cùng còn khác biệt nhiều so với profile thực đo.

- SBEACH có thể xác định thể tích xói mòn / bồi tụ một cách định lượng.

- SBEACH phụ thuộc nhiều vào các tham số thực nghiệm để có thể mô phỏng chính xác sự thay đổi bờ biển. Vì vậy, thí nghiệm số cần phải được thực hiện nhiều hơn để đánh giá đúng các tham số thực nghiệm và cũng như ảnh hưởng của độ nhạy cảm ô lưới và bước thời gian.

- Cần phải có kiến thức vững về các quá trình ven bờ mới có thể sử dụng và giải đoán các kết quả tính toán của SBEACH một cách thích hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. **Hanson, H. and Kraus, N.C., 1991.** GENESIS: Generalized model for simulating shoreline change. Tech. Rep. CERC-89-19. Reprinted, 1: 185.
2. **Larson, M. and Kraus, N.C., 1989.** SBEACH. Numerical model for simulating storm-induced beach change; report 1. Empirical foundation and model development. Tech Rep CERC-89-9: 256pp.
3. **Carley, J.T., 1992.** Analysis of SBEACH numerical beach model and applications in Australia. MS Thesis, School of Environmental and Civil Engineering, Sydney, UNSW.

BEACH PROFILE CHANGES INDUCED BY STORMS

DANG VAN TO

Summary: Along with the introduction of the SBEACH model, the storm-induced beach profile changes in the Gold Coast, Australia, were simulated using SBEACH with survey data collected in 1996. SBEACH qualitatively modeled the profile changes: onshore erosion and offshore deposition. Quantitatively, SBEACH did not simulate accurately the shape of the measured profile change in spite of the correct estimation of the bar height. Numerical experiments are necessary to conduct in order to properly determine the empirical parameters for the accurate simulation of profile changes.

Ngày nhận bài: 18 - 10 - 2007

Địa chỉ: Đại học Khoa học Tự nhiên TP.HCM

Người nhận xét: PGS.TS. Nguyễn Mạnh Hùng