

# GÓP PHẦN LÀM SÁNG TỎ CƠ CHẾ XÓI LỞ ĐƯỜNG BỜ VÀ CHÂN BỜ HẠT DÍNH KHU VỰC SÔNG SOÀI RẠP (TP. HỒ CHÍ MINH)

BÙI TRỌNG VINH<sup>1</sup>, DEGUCHI ICHIRO<sup>2</sup>

E-mail: buitrongvinh@gmail.com

<sup>1</sup>Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí - Trường Đại học Bách Khoa Tp. HCM

<sup>2</sup>Khoa Kỹ thuật xây dựng - Trường Đại học Osaka, Nhật Bản

Ngày nhận bài: 11 - 11 - 2011

## 1. Mở đầu

Xói lở bờ sông và cửa sông ven biển là một trong những vấn đề nghiêm trọng gây thiệt hại rất lớn về kinh tế - xã hội cũng như về môi trường. Ở một số đoạn sông Soài Rạp (khu vực phía đông nam Tp. Hồ Chí Minh), tốc độ xói lở bờ lên tới trên 10 mét/năm đã được ghi nhận.

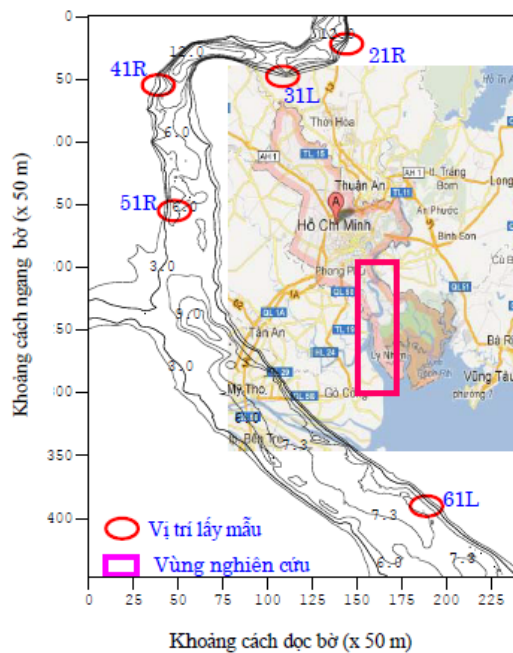
Cơ chế xói lở đường bờ và vật liệu chân bờ hạt dính khu vực bờ sông và cửa sông chưa được hiểu một cách thấu đáo [1]. Nhiều yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính dính của đường bờ và vật liệu chân bờ. Vì vậy, nghiên cứu cơ chế xói lở đường bờ và vật liệu chân bờ hạt dính khu vực sông Soài Rạp được thực hiện dựa trên các khảo sát thực địa, thí nghiệm dòng tia ngập, thí nghiệm trên máng dẫn, thí nghiệm trên mô hình vật lý 3-D và mô hình số.

## 2. Phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Khảo sát thực địa và thí nghiệm dòng tia

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng 12 đoạn thép, mỗi đoạn dài 1,5m và đánh dấu, đóng vuông góc vào 5 vị trí bờ sông Soài Rạp - nơi có khả năng xảy ra xói lở mạnh (hình 1). Sau một năm, nhóm nghiên cứu lấy mẫu và kiểm tra mức độ xói lở và đặc tính xói của vật liệu bờ và chân bờ Soài Rạp.

Ứng suất cắt tới hạn và thành phần vật liệu của các mẫu không nguyên dạng được phân tích theo tiêu chuẩn ASTM và thiết bị thí nghiệm dòng tia xiên góc (được phát triển bởi Hansan và cộng tác khác, 2002) [6].

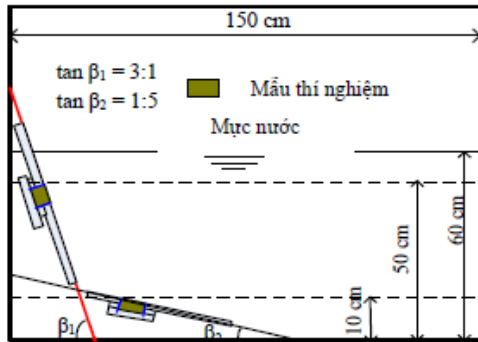


Hình 1. Vị trí khảo sát và lấy mẫu

### 2.2. Thí nghiệm trong máng dẫn

Thí nghiệm được thực hiện trong máng dẫn có chiều dài 30m, chiều cao 2,2m và chiều rộng 1,5m. Một đáy cố định bằng thép được sử dụng để chia chiều cao của máng dẫn thành hai phần. Phần bên dưới được sử dụng để tạo dòng chảy tuần hoàn. Phần bên trên được sử dụng để thí nghiệm. Các mẫu thí nghiệm vật liệu bờ sông và chân bờ được đặt vào hộp chứa mẫu hình chữ nhật có kích thước: 30cm × 10cm × 6cm (chiều dài × chiều rộng × chiều cao). Các mẫu này được đặt tại giữa máng thí

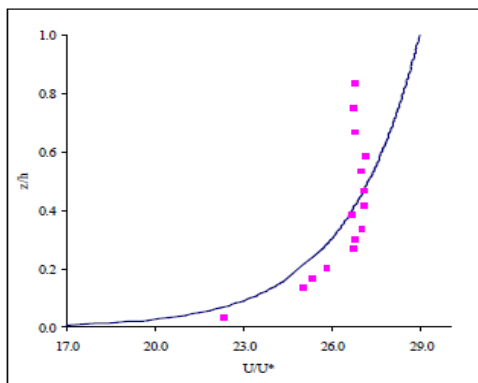
thí nghiệm. Hình 2 minh họa mặt cắt của thí nghiệm. Bờ sông và chân bờ nhân tạo có độ dốc 3:1 ( $\tan\beta_1$ ) và 1:3 ( $\tan\beta_2$ ) tương ứng.



Hình 2. mô hình thí nghiệm trong máng dẫn

Vận tốc dòng chảy ở giữa mặt cắt thí nghiệm được minh họa trên hình 3. Ba quạt lớn tạo vận tốc dòng vô hướng có giá trị từ 0,45 đến 0,6m/s.

Bốn cặp mẫu thí nghiệm (P1, P2, P3, và P4) có cùng hàm lượng sét và cát trộn lẫn (50% cát và 50% sét) được đặt vào bờ và chân bờ nhân tạo của máng thí nghiệm. Ứng suất cắt tới hạn của mỗi cặp mẫu được đo bằng thiết bị thí nghiệm dòng tia ngập thẳng đứng [2]. Độ sâu xói của các mẫu thí nghiệm được đo dọc theo phía trên và dưới của hộp đựng mẫu bằng thước đo inox (loại thon nhỏ) và tia laser.

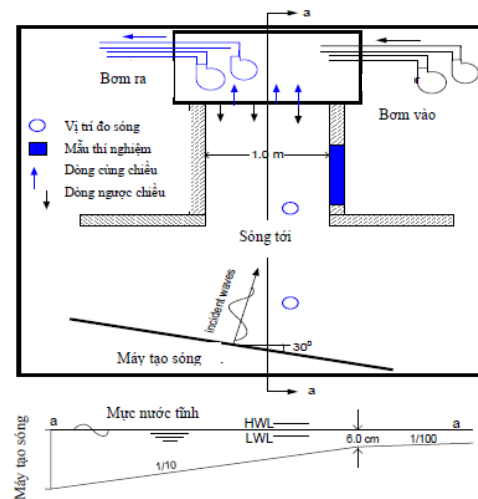


Hình 3. Vận tốc dòng chảy tại vị trí thí nghiệm

### 2.3. Thí nghiệm trong bể sóng - dòng chảy

Thí nghiệm thực hiện trong bể sóng - dòng chảy được minh họa trên hình 4. Bãi biển mô hình có độ dốc 1/10 được thiết lập và cửa sông mô hình được đặt ở giữa bãi biển. Độ dốc đáy sông khoảng 1/100 và bề rộng sông khoảng 1m. Chiều cao sóng được đo bằng thiết bị đo sóng loại điện dung trên mặt phẳng có xe trượt. Sóng tới được tạo bởi hệ thống tạo sóng có chiều cao 5cm và 9cm với chu kỳ 1s và 1,2s tương ứng. Góc sóng tới là 30 độ.

Dòng chảy cùng chiều và ngược chiều đối với hướng sóng được tạo ra bằng 4 máy bơm đặt trong và ngoài bể nước nhỏ. Vận tốc của dòng cùng chiều và ngược chiều là 0,2m/s. Các mẫu thí nghiệm với hàm lượng trộn lẫn là: 40% cát và 60% sét được đặt vào vị trí thí nghiệm trong bờ và đáy sông nhân tạo.



Hình 4. Sơ đồ mô hình thí nghiệm bể sóng - dòng chảy và vùng cửa sông

Ảnh hưởng của rễ và lá cây được kiểm tra với 3 trường hợp: không có lá và rễ cây (F1), có ít rễ và lá cây (F2: 5-7 rễ và lá /10cm<sup>2</sup> mẫu), và nhiều rễ và lá (F3: 9-11 rễ và lá /10cm<sup>2</sup> mẫu).

Mô hình số:

Để hiểu rõ ảnh hưởng của tương tác sóng, sóng - dòng chảy lên quá trình xói lở vùng cửa sông ven biển, mô hình số được thiết lập để dự báo sự phân bố của ứng suất cắt tác động do sóng, sóng - dòng chảy lên các mẫu thí nghiệm.

Đầu tiên, trường sóng hay sự lan truyền sóng ở vùng cửa sông được tính toán dựa trên phương trình bảo toàn năng lượng (1) [4]. Kế tiếp, dòng chảy tạo bởi sóng được tính bằng phương trình (2-4) [4]. Sau cùng, trường sóng được tính lại để tích hợp tương tác giữa sóng và dòng chảy cùng chiều hoặc dòng chảy ngược chiều.

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{E(C_g \cos \theta + U)\} + \frac{\partial}{\partial y} \{E(C_g \sin \theta + V)\} + S_{xx} \frac{\partial U}{\partial x} + S_{xy} \frac{\partial V}{\partial x} + S_{yx} \frac{\partial U}{\partial y} + S_{yy} \frac{\partial V}{\partial y} = -D_i \quad (1)$$

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \{U(h + \eta)\} + \frac{\partial}{\partial y} \{V(h + \eta)\} = 0 \quad (2)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h+\eta)} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right) = -g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho(h+\eta)} + L' \nabla^2 U \quad (3)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{1}{\rho(h+\eta)} \left( \frac{\partial S_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yx}}{\partial y} \right) = -g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho(h+\eta)} + L' \nabla^2 V \quad (4)$$

Trong đó,  $E = \rho g H^2 / 8$ ;  $g$  là gia tốc trọng trường;  $\rho$  là trọng lượng riêng của nước;  $H$  là chiều cao sóng;  $\theta$  là hướng sóng;  $C_g$  là vận tốc nhóm sóng;  $D_i$  là mức độ tán xạ năng lượng;  $S_{xx}$ ,  $S_{xy}$ , và  $S_{yy}$  là các ứng suất tán xạ;  $\eta$  là dao động bề mặt nước so với mực nước tĩnh;  $U$  và  $V$  là vận tốc ngang bờ trung bình theo phương thẳng đứng và dọc theo bờ từ mực nước tĩnh;  $\tau_x$  và  $\tau_y$  là ứng suất cắt đáy trung bình theo thời gian theo phương  $x$  (ngang bờ) và  $y$  (dọc bờ);  $h$  là độ sâu;  $L'$  là hệ số rối ngang.

Độ lớn của ứng suất cắt đáy được tính theo phương trình 5 [4].

$$\tau = \rho f_w U_r^2 \quad (5)$$

Trong đó  $U_r$  là vận tốc tổng hợp của sóng và dòng chảy với vận tốc phân tử nước tại đáy được tính theo phương trình 6 và  $f_w$  là hệ số ma sát được tính theo phương trình 7 [4].

$$U_r^2 = \frac{1}{2} W_b^2 + \frac{2}{\pi} W_b W_c + U_w^2 \quad (6)$$

Trong đó:

$$W_b = \frac{\pi H}{T \sinh k(h+\eta)} \quad (7)$$

$$W_c = |U| \cos \theta + |V| \sin \theta$$

$$U_w = \frac{1}{2} \sqrt{U^2 + V^2}$$

$$f_w = \exp \left\{ -5.977 + 5.213 (a_b / k_s)^{-0.194} \right\} \quad (8)$$

Trong đó  $a_b$  là độ lệch của phân tử nước được xác định theo phương trình 9, sử dụng tần số góc  $\sigma$  theo lý thuyết sóng tuyến tính,  $k_s$  là độ nhám tương đương,  $T$  là chu kỳ sóng.

$$a_b = U_r / \sigma, \sigma = 2\pi / T \quad (9)$$

Kích thước mô hình là  $8m \times 9m$  với kích thước lưới  $\Delta x = \Delta y = 2,5cm$  và bước thời gian tính  $\Delta t = 0,002s$ ; hướng sóng là  $210^\circ$ ;  $d_{50} = 0,01cm$ . Chiều

cao sóng tới ( $H_0$ ) là  $5cm$  và  $9,0cm$ ; chu kỳ sóng ( $T$ ) là  $1,0s$  và  $1,2s$  tương ứng (bảng 1). Ảnh hưởng của thủy triều với biên độ  $+1cm$  và  $-1cm$  cũng được tính trong mô hình. Trong bảng 1,  $E_0$  là độ cao mực nước được cho tại biên thượng nguồn.

**Bảng 1. Các điều kiện đầu vào của mô hình số**

TH.	$H_0(cm)$	$T(s)$	$E_0(cm)$	Triều(cm)	Hướng dòng chảy
1	9,0	1,2	0,0	0,0	-
2	9,0	1,2	-6,0	0,0	Cùng chiều
3	9,0	1,2	-6,0	1,0	Cùng chiều
4	9,0	1,2	-6,0	-1,0	Cùng chiều
5	9,0	1,2	6,0	1,0	Ngược chiều
6	9,0	1,2	6,0	0,0	Ngược chiều
7	5,0	1,0	0,0	0,0	-
8	5,0	1,0	-6,0	0,0	Cùng chiều
9	5,0	1,0	-6,0	1,0	Cùng chiều
10	5,0	1,0	-6,0	-1,0	Cùng chiều
11	5,0	1,0	6,0	0,0	Ngược chiều
12	5,0	1,0	6,0	1,0	Ngược chiều

Ghi chú: TH.: trường hợp

### 3. Kết quả

#### 3.1. Khảo sát thực địa và thí nghiệm dòng tia

Kết quả khảo sát thực địa cho thấy rằng tốc độ xói ở một số khu vực của sông Soài Rạp lớn hơn  $10m/năm$ . Nhóm nghiên cứu đã không tìm thấy các thanh thép đánh dấu để đo tốc độ xói. Điều này có thể khẳng định tốc độ xói ở các khu vực khảo sát lớn hơn  $1,5m/năm$ .

Kết quả thí nghiệm dòng tia và đặc tính của đất được thể hiện trong bảng 2. Từ bảng này ta thấy ứng suất cắt tới hạn  $\tau_c$  khá thấp, vào khoảng  $0,075$  tới  $2,47N/m^2$ . Hàm lượng cát trong các mẫu không nguyên dạng thay đổi từ  $1,4$  tới  $7,7\%$ . Sự có mặt của hàm lượng bột và sét cao trong tất cả các mẫu không nguyên dạng được lấy ở bờ sông Soài Rạp cho thấy chúng có tính dính rất mạnh.

Do độ ẩm trong đất rất cao ngay cả khi thủy triều thấp chứng tỏ rằng quá trình phong hóa ảnh hưởng không nhiều đến cơ chế xói lở của đường bờ này.

Hệ số thấm của các mẫu tại vị trí 51R và 61L lớn hơn so với các mẫu tại vị trí còn lại. Tuy nhiên, tốc độ xói tại vị trí 31L và 51R lớn hơn tốc độ xói tại vị trí 21R, 41R, và 61L. Dữ liệu này cho thấy, không chỉ đặc tính của đất mà ứng suất cắt tới hạn của dòng chảy, sóng do gió và tàu, chế độ triều cũng ảnh hưởng đến cơ chế xói ở đây.

**Bảng 2. Đặc tính cơ lý của mẫu thí nghiệm**

Mẫu	$\tau_c$ (N/m <sup>2</sup> )	$k_d$ (cm <sup>3</sup> /N-s)	Cát (%)	Bột (%)	Sét (%)	MC. (%)	K ( $\times 10^{-6}$ cm/s)
21R	2.31	5.21	1.4	46.0	52.6	104.3	1.08
31L	1.01	3.73	3.2	43.1	52.7	110.5	2.77
41R	0.075	4.81	1.8	40.4	57.8	108.3	1.25
51R	2.47	0.42	2.4	31.3	67.3	94.8	33.20
61L	0.231	8.79	7.7	51.3	41.0	87.5	54.70

Trong đó  $\tau_c$ : ứng suất cắt tới hạn,  $k_d$ : hệ số xói; MC.: độ ẩm, K: hệ số thấm

Hình 5, 6 cho thấy quá trình xói ở vị trí 21R của sông Roài Rạp tháng 11/2007 và tháng 8/2008. Sau gần một năm, hầu như toàn bộ lớp đất phủ thực vật và của vật liệu bờ bị xói khoảng 2-3m theo phương ngang.



Hình 5. Xói tại vị trí 21R vào tháng 11/ 2007



Hình 6. Xói tại vị trí 21R vào tháng 8/2008

mặt nước 10cm. Trong các mẫu sau, mực nước tĩnh giảm tới phần trên cùng của hộp đựng mẫu. Đặc tính xói của 4 cặp mẫu được thể hiện trong bảng 3.

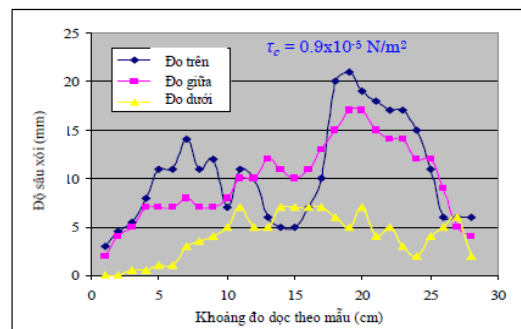
**Bảng 3. Đặc tính xói của mẫu thí nghiệm**

Mẫu	$\tau_c$ (N/m <sup>2</sup> )	$k_d$ (cm <sup>3</sup> /N-s)	$\tau_e$ (N/m <sup>2</sup> )	h (cm)	$U_m$ (m/s)	t (h)
P1bờ	$0.9 \times 10^{-5}$	64.0	0.05	60	0.4-0.6	2
P1đáy	$0.9 \times 10^{-5}$	64.0	0.01	60	0.4-0.6	2
P2	1.09	4.5	1.13	60	0.4-0.6	18
P3	2.03	4.05	2.05	60	0.4-0.6	18
P4	0.37	42.5	0.39	50	0.4-0.6	18

Ghi chú:  $\tau_c$  ứng suất cắt tới hạn;  $k_d$  hệ số xói;  $\tau_e$  là ứng suất cắt tác động lớn nhất được tính theo phương trình 9 [6] trong đó  $\varepsilon$  là tốc độ xói lớn nhất (cm/s); h là mực nước tĩnh từ đáy cố định;  $U_m$  là vận tốc trung bình được tạo bởi hệ thống máng dẫn, t là thời gian thí nghiệm.

$$\varepsilon = k_d (\tau_e - \tau_c) \quad (10)$$

Hình 7, 8 cho thấy độ sâu xói của các mẫu thí nghiệm có ứng suất cắt tới hạn gần bằng 0 N/m<sup>2</sup> trong 2 giờ thí nghiệm (P1). Các hình này cho thấy độ sâu xói của mẫu ở bờ lớn hơn độ sâu xói của mẫu ở đáy từ 2 đến 10 lần.

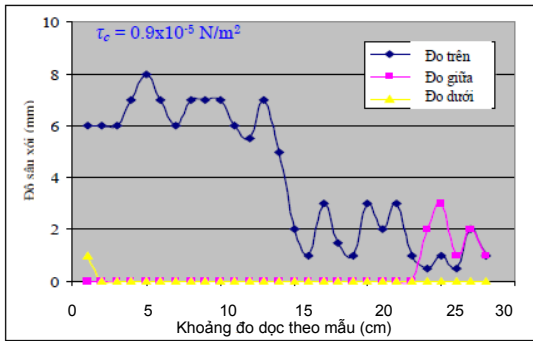


Hình 7. Độ sâu xói mẫu bờ sau 2 giờ

### 3.2. Thí nghiệm trong máng dẫn

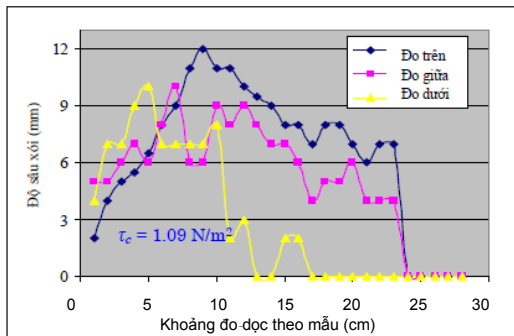
Bốn cặp mẫu thí nghiệm được đưa vào vị trí thí nghiệm với dòng chảy vô hướng có vận tốc khoảng 0,4 tới 0,6m/s. Các mẫu bờ sông được đặt thấp hơn

Độ sâu xói ở đường trên cùng của các mẫu bờ và đáy có xu hướng lớn hơn độ sâu xói ở đường chính giữa và đường bên dưới cùng. Điều này chứng tỏ rằng vận tốc lớn ở gần mặt nước đã gây xói lở mạnh hơn so với gần đáy. Các mẫu này quá yếu nên dễ bị xói mạnh chỉ sau 2 giờ thí nghiệm.

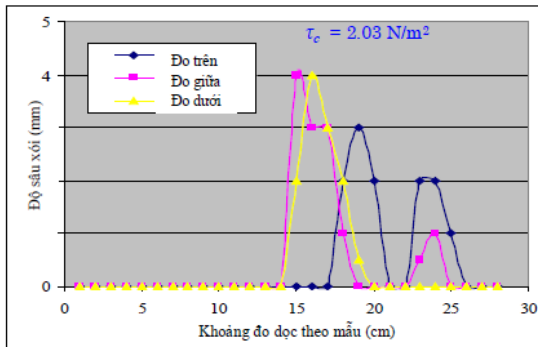


Hình 8. Độ sâu xói mẫu đáy sau 2 giờ

Hình 9, 10 cho thấy độ sâu xói của hai mẫu bờ có ứng suất cắt tới hạn  $1,09\text{N/m}^2$  (P2) và  $2,03\text{N/m}^2$  (P3) trong suốt 18 giờ thí nghiệm tương ứng.



Hình 9. Độ sâu xói mẫu P2 sau 18 giờ



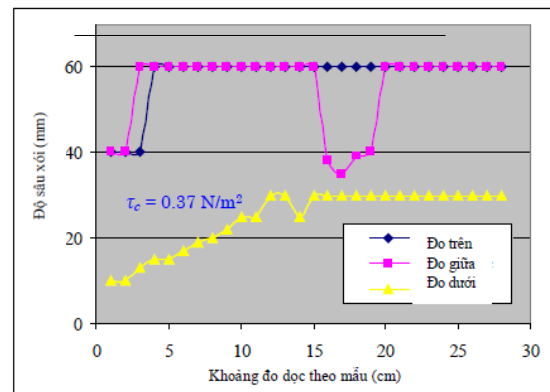
Hình 10. Độ sâu xói mẫu P3 sau 18 giờ

Trong hình 9, độ sâu xói lớn nhất của P2 xuất hiện xung quanh phần giữa và trên của mẫu. Độ sâu xói dọc theo đường chính giữa có xu hướng lớn nhất trong khoảng 8 tới 24cm. Ở phần phía trên của mẫu, độ sâu xói ở đường dưới đạt giá trị cao nhất.

Trong hình 10, hầu như phần trên của mẫu bờ P3 không bị xói. Độ sâu xói lớn nhất chỉ khoảng 4mm ở phần giữa của mẫu. Ở phần phía cuối của

mẫu, độ sâu xói có xu hướng giảm tới 0. Hai mẫu đáy không bị xói với hai giá trị ứng suất cắt tới hạn khác nhau. Có thể nói rằng vận tốc dòng chảy ở gần đáy máng không đủ lớn để gây xói mẫu trong suốt 18 giờ thí nghiệm.

Hình 11 cho thấy hầu hết đường chính giữa và đường phía trên của mẫu bờ P4 bị xói với độ sâu xói lớn nhất (60mm). Đường phía dưới của mẫu cũng bị xói với độ sâu từ 10 đến 30mm. Trong trường hợp này, ảnh hưởng của dao động bề mặt nước với vận tốc lớn nhất gây ra cơ chế xói này. Mặt khác, ứng suất cắt tới hạn  $0,37\text{N/m}^2$  làm mẫu bờ sông bị yếu đi. Nhóm tác giả không thấy xói trong mẫu đáy P4.



Hình 11. Độ sâu xói mẫu P4 sau 18 giờ

### 3.3. Thí nghiệm trong bể sóng - dòng chảy

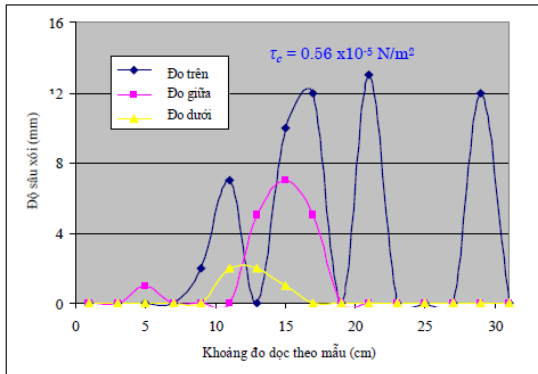
Năm mẫu thí nghiệm được sử dụng để nghiên cứu cơ chế xói trong bể sóng - dòng chảy. Đặc tính xói của các mẫu được thể hiện trong bảng 4. Trong các trường hợp này, chỉ có tác động của sóng với chiều cao 5,0cm và chu kỳ sóng là 1,0s.

Bảng 4. Đặc tính xói của mẫu thí nghiệm

Mẫu	Rễ và lá cây	$\tau_c(\text{N/m}^2)$	$k_d(\text{cm}^3/\text{N}\cdot\text{s})$	$T_e(\text{N/m}^2)$	t(h)
F1	Không có	$0,56 \times 10^{-5}$	3,2	0,38	3
F2	ít	$1,96 \times 10^{-5}$	4,5	0,27	3
F3	Nhiều	1,85	0,98	3,93	3
F4	ít	0,37	1,07	1,56	5
F5	ít	1,95	2,8	2,43	5

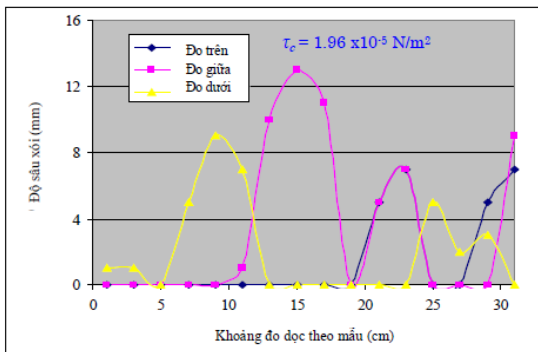
Hình 12 cho thấy độ sâu xói của mẫu F1 đạt giá trị lớn nhất là 13mm ở đường phía trên tại vị trí 21cm. Đường trên cùng của mẫu bị xói nhiều hơn

là ở đường chính giữa và đường phía dưới. Phần cuối của mẫu bị xói bởi sóng. Trong trường hợp này, ứng suất cắt tối hạn của mẫu rất nhỏ ( $0,6 \times 10^{-5} \text{N/m}^2$ ) nên dễ bị xói.



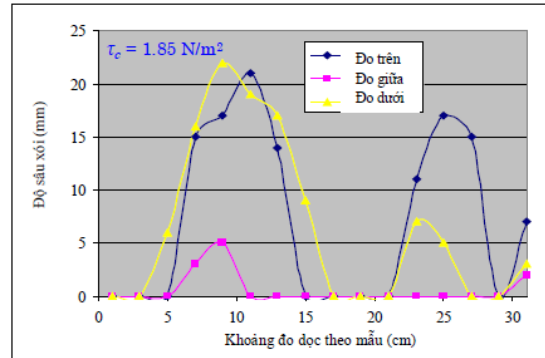
Hình 12. Độ sâu xói của mẫu F1 sau 3 giờ

Hình 13 cho thấy độ sâu xói của mẫu F2 đạt giá trị lớn nhất là 13mm tại đường chính giữa của mẫu ở vị trí 15cm. Độ sâu xói của đường phía trên và đường phía dưới khá lớn trong khoảng đo 7cm và từ 20 đến 30cm. Trong trường hợp này, do rễ và lá cây không nhiều nên ứng suất cắt tối hạn khá thấp ( $1,96 \times 10^{-5} \text{N/m}^2$ ) nhưng cũng gấp 3 lần của mẫu F1.



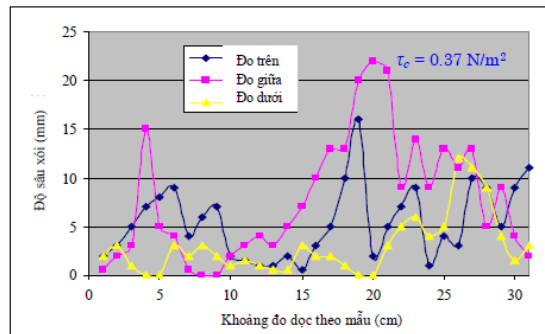
Hình 13. Độ sâu xói của mẫu F2 sau 3 giờ

Hình 14 cho thấy giá trị lớn nhất của độ sâu xói đạt 22 mm tại đường phía dưới trong khoảng đo 9cm. Độ sâu xói ở đường thấp và cao gần như nhau ở khoảng đo 5cm và 15cm. Độ sâu xói tại đường chính giữa đạt giá trị thấp nhất. Ứng suất cắt tối hạn của mẫu khá cao ( $1,80 \text{N/m}^2$ ). Tuy nhiên, độ sâu xói của mẫu này khá cao. Điều này có thể giải thích mật độ rễ và lá cây cao làm tăng ứng suất cắt tối hạn nhưng lại làm tăng mức độ xói.

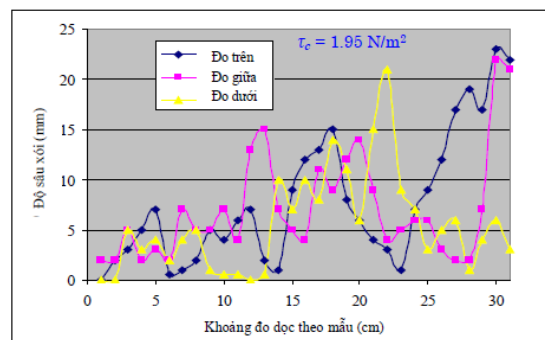


Hình 14. Độ sâu xói của mẫu F3 sau 3 giờ

Hình 15, 16 cho thấy độ sâu xói của mẫu sau 5 giờ thí nghiệm với sự tương tác của sóng và dòng chảy. Sóng tới có chiều cao 9,0cm và chu kỳ 1,2s tác động vào mẫu.



Hình 15. Độ sâu xói khi sóng ngược chiều dòng chảy (sau 5 giờ thí nghiệm)



Hình 16. Độ sâu xói khi sóng cùng chiều dòng chảy (sau 5 giờ thí nghiệm)

Ở điều kiện dòng chảy ngược chiều sóng ( $u = 20 \text{cm/s}$ ), độ sâu xói của mẫu đạt giá trị lớn nhất là 22mm tại đường chính giữa trong khoảng đo 20cm (hình 15). Mặt khác, độ sâu xói lớn nhất của dòng

chảy cùng chiều sóng là 23mm tại đường phía trên ở phía cuối mẫu (hình 16).

Độ sâu xói trong điều kiện dòng chảy cùng chiều sóng có xu hướng lớn hơn độ sâu xói trong điều kiện dòng chảy ngược chiều, mặc dù ứng suất cắt tới hạn của điều kiện thứ hai lớn hơn 5,3 lần ứng suất cắt tới hạn của trường hợp thứ nhất. Điều này cho thấy tác động của sóng và dòng chảy cùng chiều sóng lớn hơn tác động của sóng và dòng chảy ngược chiều sóng.

### 3.4. Kết quả mô hình số

Bảng 5 cho thấy các kết quả tính toán ứng suất cắt tác động xung quanh cửa sông và vùng gần bờ sông và đáy sông.

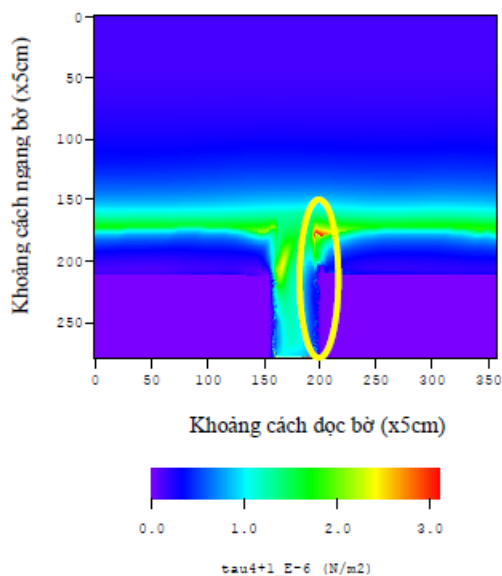
Trong bảng này,  $\tau_e$  là ứng suất cắt tác động lên bờ sông và đáy,  $\tau_{e\max}$  là ứng suất cắt động lớn nhất xung quanh cửa sông và vùng ven bờ;  $H_b$  và  $RV$  là chiều cao sóng cục bộ và vận tốc dòng chảy tổng hợp tác động lên bờ sông và chân bờ tương ứng.

**Bảng 5. Kết quả tính toán mô hình số**

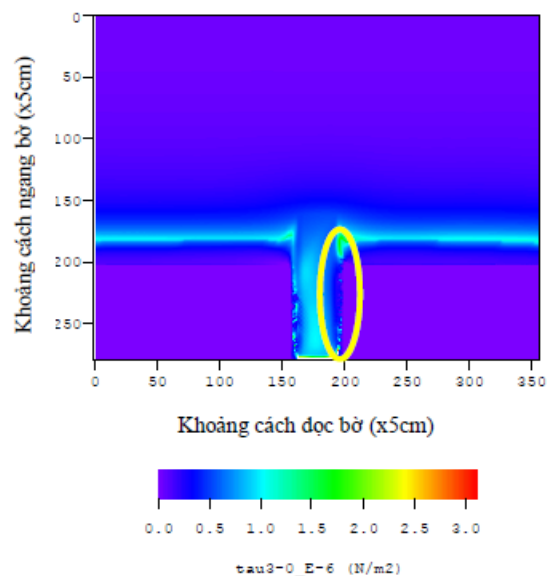
TH.	$\tau_e(N/m^2)$	$H_b(cm)$	$RV(cm/s)$	$\tau_{e\max}(N/m^2)$
1	0,47	4,3	9,1	2,65
2	1,42	6,8	23,9	3,07
3	1,71	7,8	26,3	3,21
4	1,02	4,9	14,0	2,93
5	0,51	4,1	3,2	2,71
6	0,63	4,9	4,6	2,53
7	0,82	4,5	3,6	1,40
8	1,10	3,9	12,1	1,80
9	1,01	4,3	11,9	2,02
10	1,02	3,4	12,2	1,93
11	0,87	4,6	4,1	1,60
12	0,70	4,2	6,2	1,60

Ghi chú: TH.: trường hợp

Hình 17, 18 minh họa hai ví dụ về kết quả tính toán bằng mô hình số sự phân bố của ứng suất cắt tác động xung quanh cửa sông lên đường bờ sông và chân bờ. Các trường hợp tính toán khác cũng được thảo luận trong phần này.



Hình 17. Phân bố ứng suất cắt  $\tau_e$  (TH.3)



Hình 18. Phân bố ứng suất cắt  $\tau_e$  (TH.8)

Hình 17 cho thấy kết quả tính của trường hợp 3 (bảng 5). Ứng suất cắt tác động của sóng và dòng chảy cùng chiều với sóng phân bố hầu hết phía bờ trái và chân bờ mặc dù ứng suất cắt tác động lớn hơn  $3,0N/m^2$  phân bố ở vùng cửa sông và vùng ven bờ. Chiều cao sóng lớn hơn 7,8cm và dòng chảy cùng chiều với sóng có vận tốc lên tới 26,3cm/s đã tác động lên bờ và đáy bờ. Ứng suất cắt tác động

$1,71N/m^2$  có thể gây xói các mẫu bờ và chân bờ nếu ứng suất cắt tới hạn nhỏ hơn giá trị này.

Hình 18 cho kết quả tính trong trường hợp 8. Trong điều kiện không có ảnh hưởng của thủy triều (triều = 0,0cm), ứng suất cắt tới hạn  $1,1N/m^2$  được tạo thành do sóng có chiều cao nhỏ hơn 3,9cm và dòng chảy cùng chiều sóng có vận tốc 12,1cm/s tác

động dọc bờ và chân bờ bên trái. Trong trường hợp này, ứng suất cắt tác động nhỏ hơn ứng suất cắt tác động trong trường hợp 3.

Trong trường hợp 1, 5, 6, 7, 11, và 12 (bảng 5), ứng suất cắt tác động hầu như nhỏ hơn  $1,0\text{N/m}^2$  và xuất hiện rải rác ở bờ và chân bờ bên trái. Các ứng suất tác động này là do sóng cục bộ và tương tác của sóng - dòng chảy. Ứng suất cắt tác động lớn nhất nằm vào khoảng  $1,4$  đến  $2,9\text{N/m}^2$  phân bố chủ yếu ở vùng cửa sông và ven bờ gây ra do sự vỡ sóng. Trong các điều kiện này, chiều cao sóng cục bộ và tương tác sóng - dòng chảy có thể gây xói bờ và chân bờ với mức độ không lớn.

Trong trường hợp 2, 4, 9, và 10, ứng suất cắt tác động lớn hơn  $1,0\text{N/m}^2$  và gây xói bờ và chân bờ với tốc độ trung bình. Trong trường hợp 2, với ứng suất cắt tác động là  $1,42\text{N/m}^2$ , chiều cao sóng cục bộ và tương tác sóng - dòng chảy gây xói khá lớn.

#### 4. Thảo luận

Dọc sông Soài Rạp, cả hai bờ sông hầu như được bao phủ bởi thực vật ngập mặn nhưng vẫn bị xói nghiêm trọng. Tốc độ xói ở những khu vực này có thể lên tới trên  $10\text{m/năm}$ . Nhiều yếu tố gây xói lở bờ nhưng quá trình thủy động lực là yếu tố chính cũng như tác động của rễ và lá cây ngập mặn chết, các hố đào của các loài thủy sinh.

Trong các thí nghiệm ở cả máng dẫn và bể sóng - dòng chảy, độ sâu xói của tất cả các mẫu thí nghiệm không giống nhau ở đường trên, đường giữa, và đường dưới. Điều này có nghĩa là những phần của mẫu yếu sẽ bị xói trước, sau đó phần mẫu còn lại trở nên yếu và tiếp tục bị xói. Thời gian thí nghiệm có ảnh hưởng đến mức độ ổn định của mẫu.

Ở thí nghiệm trong máng dẫn, độ sâu xói của mẫu bờ sông lớn hơn mẫu chân bờ từ 2 đến 10 lần. Điều này cho thấy cơ chế xói của đường bờ sông khác với cơ chế xói của chân bờ. Xói khối là cơ chế xói chính ở bờ sông, nhưng xói bề mặt lại chiếm ưu thế ở chân bờ. Sự dao động của bề mặt nước cũng làm tăng tốc độ xói của mẫu bờ. Gaskin và nnk. (2003) đã chỉ ra rằng xói khối là cơ chế xói chủ yếu trên các mẫu sét không nguyên dạng ở bờ sông St. Lawrence [5]. Ở một số khu vực bờ Soài Rạp, xói khối là cơ chế xói chính.

Trong thí nghiệm bể sóng - dòng chảy, sự có mặt của rễ và lá cây đã chết làm tăng ứng suất cắt tới hạn

của các mẫu thí nghiệm nhưng lại làm tăng tốc độ xói. Điều này có thể giải thích: rễ và lá cây có thể làm xáo trộn mẫu khi sóng và dòng chảy tác động vào. Dòng chảy cùng chiều với sóng có thể làm tăng tốc độ xói khi so với dòng chảy ngược chiều. Một số vật liệu hiện hữu và vật liệu bị xói trước đó trong nước như cát - bột - sét, rác, lá cây,... cũng có thể là yếu tố bên ngoài cả nát mẫu và gây xói dưới tác động của sóng vỡ và tương tác sóng - dòng chảy. Các đỉnh sóng cục bộ làm tăng ứng suất cắt tác động lên bờ và chân bờ gây xói mạnh.

Ứng suất cắt tới hạn của cả mẫu không nguyên dạng và mẫu thí nghiệm đều phụ thuộc vào hàm lượng sét - bột - cát, độ ẩm, và độ mặn [2]. Ứng suất cắt tới hạn của mẫu tỷ lệ thuận với hàm lượng sét - độ mặn, và tỷ lệ nghịch với độ ẩm. Cơ chế xói của bờ và chân bờ bị ảnh hưởng mạnh bởi các yếu tố này [2]. Couper (2003) cũng đã nghiên cứu ảnh hưởng của hàm lượng bột - sét lên tính nhạy cảm của bờ sông tới quá trình gần bề mặt bờ. Kết quả cho thấy, vật liệu bờ sông với hàm lượng bột cao dễ bị xói do quá trình gần bề mặt của bờ [3]. Tuy nhiên, quá trình này được quan sát thấy chỉ ở vị trí 21R và không phải là cơ chế xói chính của toàn bộ bờ và chân bờ sông Soài Rạp.

Trong phần mô hình số, trường hợp 3 có ứng suất cắt tác động lớn nhất lên bờ và chân bờ phía bên trái. Trong các thí nghiệm này, có một số trường hợp ứng suất cắt tới hạn của mẫu thí nghiệm lớn hơn  $1,7\text{N/m}^2$  nhưng các mẫu vẫn bị xói. Điều này có thể giải thích là rễ và lá cây chết đóng vai trò quan trọng trong việc làm suy yếu mẫu do sự dao động của chúng bởi sóng và sóng - dòng chảy. Các trường hợp khác, ứng suất cắt tác động đủ lớn để làm xói vật liệu bờ và chân bờ với các ứng suất cắt tới hạn thấp.

#### 5. Kết luận

Ba cơ chế xói của vật liệu bờ và chân bờ hạt dính được nghiên cứu bằng các thí nghiệm ngoài thực địa, thí nghiệm trong phòng và mô hình số. Xói bề mặt thường xảy ra ở bề mặt mẫu bờ sông khi sóng và dòng chảy thấp tác động lên. Xói khối lượng lớn có thể xảy ra khi các mẫu bờ sông bị tác động bởi sóng và dòng chảy mạnh. Tác động do rễ và lá cây chết cũng là cơ chế xói quan trọng khi các mẫu bờ và chân bờ ở môi trường nước có nhiều rễ và lá cây chết.

Kết quả khảo sát thực địa cho thấy tốc độ xói của bờ và chân bờ Soài Rạp xảy ra nghiêm trọng,



từ 1,5 tới 10m/năm. Cơ chế thủy động lực học như sóng (do gió, do tàu), dòng triều là những yếu tố chính gây xói lở bờ và chân bờ. Sự xuất hiện của rễ và lá cây chết cũng như hang hốc của động vật thủy sinh làm suy yếu bờ hạt dính.

Các nghiên cứu thực nghiệm và nghiên cứu mô hình số cho thấy cơ chế xói của mẫu thí nghiệm đường bờ và chân bờ hạt dính xảy ra tương tự ngoài thực tế. Kết quả mô hình số gần giống với kết quả thí nghiệm trong mô hình vật lý. Tuy nhiên, cần phải có nhiều thí nghiệm trên các mẫu không nguyên dạng và mô hình số này cần được áp dụng vào khu vực thực tế đã nghiên cứu.

Lời cảm ơn: Nhóm tác giả chân thành cảm ơn Đại học Quốc Gia Tp. HCM đã hỗ trợ kinh phí thực hiện đề tài này. Nhóm tác giả cảm ơn TS. Mamoru Arita, TS. Han James đã giúp đỡ thực hiện các thí nghiệm và khảo sát thực địa.

#### TÀI LIỆU DẪN

[1] *Ariathurai R. and Arulanandan K.*, 1978: Erosion Rates of Cohesive Soils. *Journal of*

*Hydraulic Division, Proc. of ASCE*, Vol.104, HY2, pp 279-283.

[2] *Bui Trong Vinh, Deguchi Ichiro, Arita Mamoru, Fukuhara Saori*, 2008: Experimental study on critical shear stress of cohesive bed material for erosion. In Japanese. *Annual Journal of Coastal Engineering, JSCE*, Vol.1, pp.531-535.

[3] *Couper, P.*, 2003: Effects of silt-clay content on the susceptibility of river banks to subaerial erosion. *Journal of Geomorphology*, Vol.56, (1-2), pp.95-108

[4] *Deguchi Ichiro, Sawaragi Toru*, 1988: Effects of structure on deposition of discharged sediment around river mouth. *Proc. of 21<sup>st</sup> International Conference on Coastal Engineering*, Vol.2, pp.1573-1587.

[5] *Gaskin, et al.*, 2003: Erosion of undisturbed clay samples from the banks of the St. Lawrence River. *Canadian Journal of Civil Engineering* Vol.30, pp. 585-595.

[6] *Hanson G. J. and Cook K. R.*, 2002: Non-vertical jet testing of cohesive streambank materials. ASAE paper No.022119.

#### SUMMARY

##### **Erosion Mechanism of Cohesive River Bank and Bed of Soai Rap River (Ho Chi Minh City)**

In recent years, river bank and bed erosion has been one of the most severe problems and caused much damage to economic-social activities and environment of Cuu Long and South-eastern regions. Soai Rap River (Ho Chi Minh City) has been chosen as main navigational channel for big ships with 70.000 DWT to Hiep Phuoc Port. Dredging up to 12m carried out will cause river bank unstably. High wave - induced by big ships has accelerated the erosion rate of this bank.

In this paper, field investigations have been done to measure erosion rate of the river bank. Beside, the numerical models have been also applied to calculate the distribution of effective shear stresses caused by waves and currents. The results showed that erosion rates of cohesive bank materials are greater than those of cohesive bed materials from 2 to 10 times. These results indicate that local high waves approach to the banks are the main factor which causes erosion severely. Other factors such as the mixing rates of sand, silt and clay contents, moisture contents, salinity, dead roots and leaves, and aquatic caves and holes also affect the stability of the cohesive bed and bank strongly.