

*Bài báo khoa học*

## **Phân tích, xác định nguyên nhân và đề xuất giải pháp công trình chống sạt lở bờ sông Vàm Cỏ Tây**

**Văn Hữu Huệ<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Trường Đại học Xây dựng Miền Tây, Vĩnh Long; huuhuevan@gmail.com

\*Tác giả liên hệ: huuhuevan@gmail.com; Tel.: +84-919235799

Ban Biên tập nhận bài: 7/8/2023; Ngày phản biện xong: 29/9/2023; Ngày đăng bài: 25/10/2023

**Tóm tắt:** Hiện nay việc mất ổn định bờ sông dẫn đến sạt lở xảy ra nhiều nơi ở Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) với nhiều nguyên nhân khác nhau, trong đó phải kể đến sạt lở bờ sông Vàm Cỏ Tây (VCT) đoạn từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại, TP. Tân An, T. Long An. Bài báo nghiên cứu dòng chủ lưu áp sát bờ sông, góp phần làm rõ nguyên nhân mất ổn định nhằm bảo vệ trung tâm chính trị, văn hóa, kinh tế xã hội của TP. Tân An. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát, đánh giá địa chất, lưu tốc dòng chảy, hình thái lòng sông, bình đồ lòng sông kết hợp sử dụng các phương pháp điều tra khảo sát, thống kê, phần mềm Plaxis, Geo 5, MIKE 11, MIKE 21; từ đó xác định các nguyên nhân chủ yếu gây mất ổn định bờ sông là do hình thái sông, dòng chủ lưu áp sát bờ, gia tải bờ sông, lưu chuyển bùn cát và đề xuất giải pháp công trình bảo vệ khu vực nghiên cứu.

**Từ khóa:** Dòng chủ lưu áp sát bờ sông; Ổn định bờ sông VCT; Ổn định bờ sông; Sạt lở ở ĐBSCL.

### **1. Mở đầu**

Tại Hoa Kỳ, xói mòn bờ biển gây thiệt hại khoảng 5.000.000 USD/năm. Để giảm thiểu tình trạng xói mòn bờ biển, chính phủ liên bang chi trung bình 150.000.000 USD/năm cho việc kiểm soát xói mòn bờ biển. Ngoài ra, đất ngập nước ven biển bị mất hơn 80.000 ha/năm, tương đương với bảy sân bóng đá biến mất mỗi giờ mỗi ngày. Kết quả tổng hợp là Hoa Kỳ đã mất một diện tích đất ngập nước lớn hơn bang Rhode Island từ năm 1998 đến năm 2009 [1].

Những năm gần đây, tình hình sạt lở diễn biến phức tạp trên toàn thế giới, cụ thể như sạt lở ở Red Rock, đảo Coochiemudlo, phía nam của Vịnh Moreton, thuộc Đông Nam Queensland, Úc. Đã có nhiều nghiên cứu dự báo xói lở bờ biển cũng như giải pháp khắc phục. Kết quả đã đưa ra cơ chế phá hủy đê khi sóng tràn qua đê biển; mái đê phía biển chịu tác động trực tiếp của sóng, thân đê sẽ bị phá hỏng ở phía biển do sóng và áp lực thẩm thấu ngược dưới đáy bề mặt gia cố; đỉnh đê sẽ bị xói bề mặt, trượt do thấm; như vậy khi sóng tràn, mái trong đồng và mái ngoài biển đều sẽ bị phá hủy.

Kết quả nghiên cứu [2] cho thấy, lòng Mekong đang hạ thấp trung bình 10 cm/năm, định vị thủy âm cho thấy sự xuất hiện của những hố xói lớn mà Hackney cho rằng “Có thể thay đổi hoàn toàn hình dạng dòng sông”. Việc hạ thấp lòng dẫn cùng các nguyên nhân



**Hình 1.** Sạt lở Cồn Long Khánh.

khác làm cho các công trình hiện hữu mất dần ổn định, gây sạt lở nhiều nơi. Còn Long Khánh (H. Hồng Ngự, T. Đồng Tháp) bị sạt lở với chiều dài 3.000 m, lún sâu vào 50 m, sạt lở năm nào cũng diễn ra (Hình 1).

Tháng 4 năm 2017 bờ sông Vàm Nao ở xã Mỹ Hội Đông (H. Chợ Mới, T. An Giang) xảy ra sạt lở, nhấn chìm 14 căn nhà và nền nhà xuống sông. Ở Huyện Cao Lãnh, T. Đồng Tháp, tháng 7 năm 2023, một vụ sạt lở xảy ra tại tuyến đường bờ Tây kênh Nhà Hay (xã Phong Mỹ), chiều dài khoảng 25 m, ăn sâu vào bờ từ 3-5 m, hơn 90 m<sup>2</sup> đất bị rơi xuống kênh. Cùng thời gian trên, tuyến đường bờ Đông kênh Cần Lố (xã Nhị Mỹ) bị sạt lở với chiều dài 15 m, ăn sâu vào mặt đường giao thông khoảng 2m, ảnh hưởng đến việc lưu thông của người dân. Cùng thời điểm đó khu vực chợ Nhị Mỹ (xã Nhị Mỹ) tiếp tục xảy ra sạt lở, chiều dài khoảng 35 m, rộng từ 3-5 m. Trước đó tháng 5 năm 2023, tại khu vực chợ Nhị Mỹ xảy ra vụ sạt lở nghiêm trọng với chiều dài khoảng 30 m, ăn sâu vào mặt đường bờ Tây kênh Cần Lố.

Sông VCT đoạn chảy qua TP. Tân An, T. Long An, lớp bùn có đoạn sâu đến 29 m, là điểm nóng về sạt lở bờ sông, nguyên nhân do địa chất bờ sông yếu, chủ yếu là đất bùn, cường độ chịu lực kém, lưu lượng tàu thuyền lớn, gây xói lở, làm mất ổn định bờ sông [4]. Sông VCT từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại là đoạn sông cong, bờ lồi nên dòng chảy lúc thủy triều lên và xuống dòng chảy hướng mạnh vào bờ, lưu tốc trung bình với dòng triều bình thường  $1,0 \div 1,2$  m/s và với mùa lũ lưu tốc tăng lên  $1,5 \div 1,8$  m/s lớn hơn lưu tốc cho phép xói của đất nền ven bờ. Mái bờ sông khá dốc,  $m = 1,5 \div 2,0$ , dễ mất ổn định khi trong sông hạ thấp đến mực nước nhỏ nhất. Bên cạnh các bến bãi, nhà cửa lấn ra bờ sông làm tăng tải trọng lên mặt bờ có nguy cơ gây mất ổn định. Để chủ động phòng ngừa, kè phòng, chống sạt lở bờ sông VCT đoạn từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại, Phường 6, TP. Tân An là thật sự là cần thiết và cấp bách. Bài báo nghiên cứu một số nội dung chính sau:

Phân tích, đánh giá, xác định nguyên nhân gây ra sạt lở khu vực nghiên cứu (dòng chảy hướng vào bờ, tương tác dòng chảy và lòng dẫn, lưu tốc vượt vận tốc khởi động bùn cát, mất cân bằng khối đất ven sông, giảm hàm lượng chất lơ lửng, sóng...); Đánh giá lựa chọn đề xuất phương án xây dựng tuyến kè dọc theo bờ phải sông VCT từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại, Phường 6, TP. Tân An.



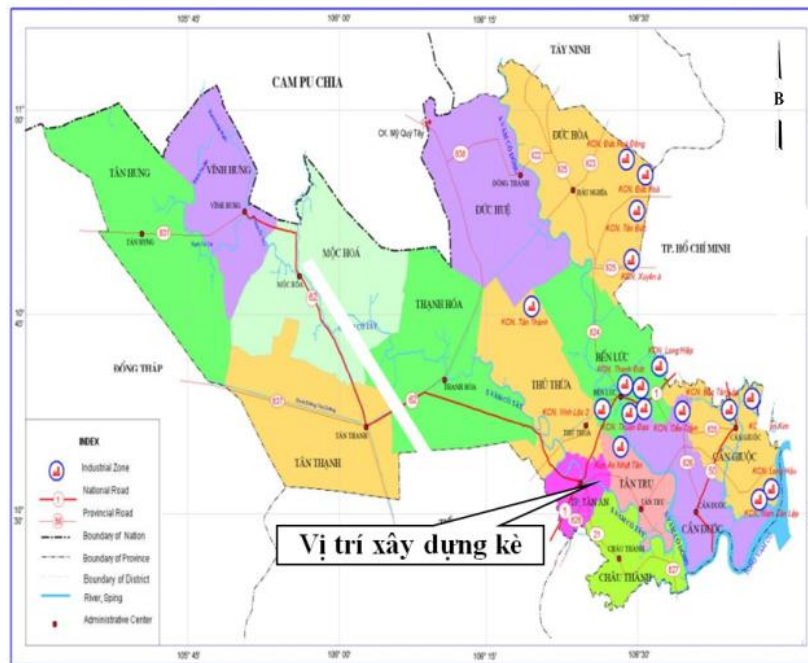
Hình 2. Bình đồ tuyến kè nghiên cứu [4].

## 2. Phương pháp nghiên cứu và tài liệu nghiên cứu

### 2.1. Giới thiệu khu vực nghiên cứu và đặc điểm khí tượng thủy văn

#### 2.1.1. Phạm vi, nhiệm vụ nghiên cứu

Đoạn sông bờ phải sông VCT từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại, Phường 6, TP. Tân An, T. Long An (dài 1.674 m) (Hình 3). Thời gian nghiên cứu: giai đoạn 2020-2023.



**Hình 3.** Vị trí xây dựng tuyến kè [4].

#### 2.1.2. Điều kiện địa hình, địa mạo và địa chất công trình

Địa hình trên cạn: Tương đối bằng phẳng, cao độ biến thiên từ  $+1,50 \div +2,50\text{m}$ , nhà cửa tương đối dày. Tại tuyến có 6 rạch thoát nước. Trong đó có rạch Cồn Đồi tương đối lớn bề rộng khoảng 55 m, cao độ đáy rạch khoảng  $-1,15\text{ m}$  (Hình 4).



**Hình 4.** Bản đồ độ sâu lòng sông [4].

Địa hình dưới nước: Sông VCT có chiều rộng trung bình 200 m, cao trình lạch sâu từ  $-10 \div -15\text{m}$ . Vị trí sạt lở là bờ lồi của đoạn sông cong do ảnh hưởng của dòng chảy ngang (hình thành bởi lực ly tâm) [5] dòng chảy có xu hướng moi đất từ phía bờ lồi đưa sang phía bờ lõm.

Theo kết quả khảo sát và thí nghiệm địa chất trong phòng do Công ty TNHH Tư vấn xây dựng Cao Khoa thực hiện tháng 10-11/2021, khối lượng thực hiện: 6 hố khoan, 17 chỉ tiêu. Địa tầng khảo sát từ trên xuống như sau:

Lớp 1: Đất đắp: Cát pha lẫn xác thực vật, xám vàng, xám nâu.

Lớp 2: Bùn sét lẫn xác thực vật màu xám xanh, xám nâu, trạng thái dẻo chảy.





**Bảng 2.** Mức nước đỉnh triều cao nhất tại các trạm thủy văn theo tần suất (m).

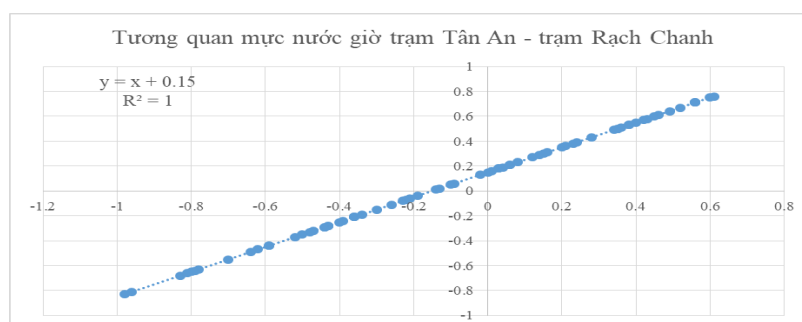
Tên trạm	Đặc trưng thống kê			Mức nước lớn nhất ứng với các tần suất thiết kế P (%)						
	H <sub>tb</sub>	CV	CS	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
Vũng Tàu	1,37	0,07	-0,32	1,59	1,57	1,56	1,55	1,54	1,52	1,49
Tân An	1,44	0,14	-0,46	1,87	1,84	1,82	1,80	1,78	1,74	1,69
Tuyên Nhơn	1,37	0,28	1,40	2,84	2,62	2,50	2,40	2,27	2,11	1,88

**Bảng 3.** Mức nước nhỏ nhất theo tần suất các trạm thủy văn khu vực (m).

Tên trạm	Đặc trưng thống kê			Mức nước thấp nhất ứng với các tần suất thiết kế P (%)						
	H <sub>tb</sub>	CV	CS	75	80	85	90	95	97	99
Vũng Tàu	-2,99	0,13	-0,48	-3,07	-3,10	-3,13	-3,16	-3,22	-3,26	-3,34
Tân An	-1,64	0,13	0,69	-1,86	-1,90	-1,95	-2,01	-2,08	-2,13	-2,20
Tuyên Nhơn	-0,96	0,11	-0,80	-1,15	-1,22	-1,30	-1,40	-1,57	-1,69	-1,93

### 2.1.5. Xây dựng phương trình tương quan mực nước Tân An - Rạch Chanh

Dựa vào kết quả khảo sát thủy văn xã Bình Lợi Nhơn TP. Tân An và số liệu mực nước giờ thực đo trạm Tân An năm 2019. Xây dựng được phương trình tương quan mực nước Tân An - Rạch Chanh thời gian từ 13 giờ ngày 26/06/2019 đến 13 giờ ngày 29/06/2019 (Hình 6).



**Hình 6.** Tương quan mực nước giờ trạm Tân An - Rạch Chanh [3].

Chênh lệch mực nước giờ của trạm Tân An và trạm Rạch Chanh là +15 cm, nên tần suất mực nước trạm Rạch Chanh được thể hiện trên Bảng 4.

**Bảng 4.** Mức nước đỉnh triều cao nhất tại trạm Rạch Chanh theo tần suất (m).

Tên trạm	Đặc trưng thống kê			Mức nước lớn nhất ứng với các tần suất thiết kế P (%)						
	H <sub>tb</sub>	CV	CS	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
Rạch Chanh	1,59	0,14	-0,46	2,02	1,99	1,97	1,95	1,93	1,89	1,84

**Bảng 5.** Mức nước nhỏ nhất theo tần suất tại trạm Rạch Chanh (m).

Tên trạm	Đặc trưng thống kê			Mức nước thấp nhất ứng với các tần suất thiết kế P (%)						
	H <sub>tb</sub>	C <sub>v</sub>	C <sub>s</sub>	75	80	85	90	95	97	99
Rạch Chanh	-1,49	0,13	0,69	-1,71	-1,75	-1,80	-1,86	-1,93	-1,98	-2,05

**Bảng 6.** Mực nước biển dâng theo kịch bản RCP6.5 (cm).

Khu vực	Các mốc thời gian của thế kỷ 21							
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
	11	16	21	27	34	41	48	56

Khu vực	Các mốc thời gian của thế kỷ 21							
	2030	2040	2050	2060	2070	2080	2090	2100
Mũi Kê Gà								
÷ Mũi Cà Mau	(7÷16)	(10÷23)	(14÷31)	(18÷39)	(22÷48)	(27÷58)	(32÷69)	(37÷81)

### 2.1.6. Đề xuất mực nước thiết kế công trình

Khu vực nghiên cứu gần vị trí khảo sát thủy văn Rạch Chanh. Kết quả mực nước cao hơn thiên về bất lợi cho công trình. Do vậy, đề xuất lựa chọn mực nước phục vụ thiết kế tương ứng công trình cấp IV của công trình kê như sau:

Cao trình mực nước lớn nhất thiết kế ứng với tần suất  $P = 2,0\%$ : +1,95

Cao trình mực nước lớn nhất kiểm tra ứng với tần suất  $P = 1,5\%$ : +1,97

Cao trình mực nước thiết kế trong điều kiện NBD năm 2050:  $H_{\max} 2050 = +2,16$

Cao trình mực nước thấp nhất thiết kế ứng với tần suất  $P = 90\%$ : -1,86

Cao trình mực nước thi công ứng với tần suất  $P = 10\%$ .



**Hình 7.** Địa hình lòng sông VCT. từ Rạch Chanh đến cầu Tân An [4].

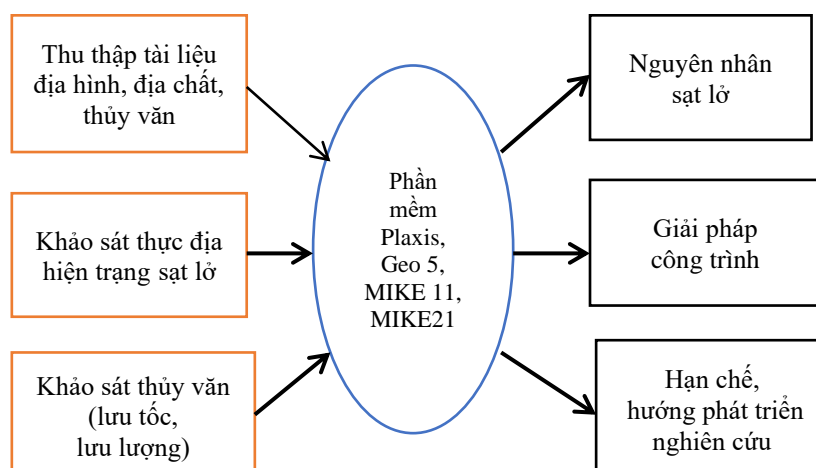
### 2.2. Dữ liệu sử dụng

Tài liệu địa hình: (1) Tài liệu địa hình lòng sông Hậu và sông Tiền do Ủy ban Mekong phát hành năm 1998 (Hydrographic Atlas) tỷ lệ 1:20.000 [6]; (2) Tài liệu địa hình lòng sông vùng Đồng Tháp Mười thu thập tại Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam [7]; (3) Bản đồ DEM vùng hạ lưu Mekong do Ủy ban Mekong phát hành năm 2003; (4) Tài liệu khảo sát địa hình phục vụ nghiên cứu.

Tài liệu địa chất: Gồm 6 hố khoan, 17 chỉ tiêu [4].

Tài liệu thủy văn: Số liệu mực nước trạm thủy văn Tân An, Tuyên Nhơn; dòng chảy triều bình thường tháng 7/2000, dòng chảy lũ tháng 9 ÷ 10/2000.

### 2.3. Phương pháp nghiên cứu



**Hình 8.** Sơ đồ cấu trúc nghiên cứu.

### 2.3.1. Thiết lập các điều kiện biên MIKE 11

#### a) Điều kiện biên lưu lượng

Biên lưu lượng: Ảnh hưởng của thượng lưu được đưa vào mô hình số thông qua 6 biên lưu lượng tại Kratie, Biền Hồ, Vàm Cỏ Đông, Dầu Tiếng, Phước Hòa và Trị An.

#### b) Điều kiện biên mực nước

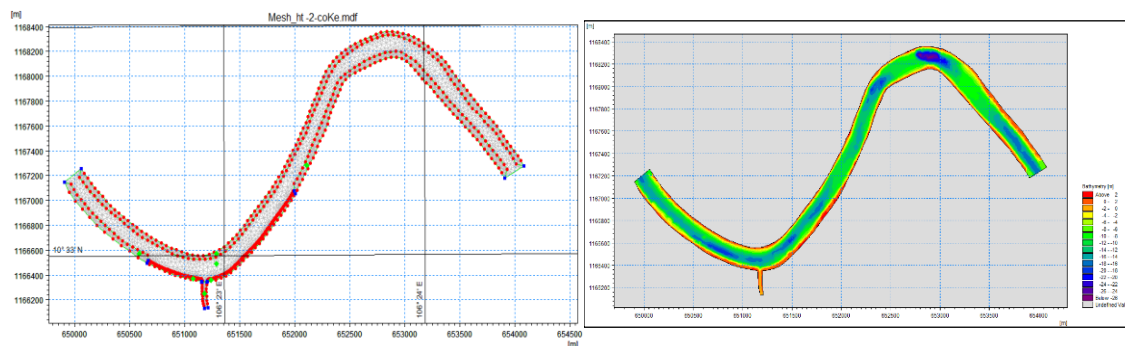
Các biên sử dụng là 10 trạm đặt trên cửa sông chính là: Vũng Tàu (cửa sông Soài Rạp và Lòng Tàu có hiệu chỉnh pha và mực nước từ Vũng Tàu vào cửa), Vàm Kênh (cửa Tiểu), Bình Đại (cửa Đại), An Thuận (cửa Hàm Luông); Bến Trại (cửa Cỏ Chiên, Cung Hầu); Mỹ Thanh (cửa Mỹ Thanh, Định An, Trần đề), Gành Hào, Ông Đốc, Xẻo Rô, Rạch Giá.

Ảnh hưởng của mưa, bốc hơi, thấm, nước ngầm, gió được lấy ở các trạm khí tượng thủy văn Quốc gia trên hạ du lưu vực Mekong, bao gồm: Kratie, Pnompenh, Biền Hồ, Tân Châu, Châu Đốc, Long Xuyên, Sóc Trăng, Cần Thơ, Trà Vinh, Mỹ Tho, Vĩnh Long, Cao Lãnh, Sa Đéc, Mỹ Thuận, Bến Tre, Tân An, Mộc Hóa, Tân Sơn Nhất, Biên Hòa, Rạch Giá, Hà Tiên, Cà Mau.

### 2.3.2. Thiết lập mô hình MIKE 21FM

#### a) Lưới tính toán và địa hình lòng sông

Phạm vi mô hình MIKE 21FM được thiết lập với chiều dài 5,6 km từ Rạch Chanh đến cầu Tân An phục vụ mô phỏng dòng chảy khu vực nghiên cứu và vùng lân cận. Mô hình MIKE 21FM cho phép nội suy các cao độ địa hình đáy sông thực đo tạo ra các khoảng cao độ đồng mức thể hiện địa hình lòng sông qua các phổ màu. Lưới tính toán sử dụng phương pháp lưới hình tam giác phi cấu trúc gồm 9.242 nút, 17.135 phần tử, góc nhỏ nhất của các phần tử tam giác là 300, diện tích mỗi ô lưới là 10 - 1.000 m<sup>2</sup>, chiều dài mỗi đoạn lưới là 5 ÷ 50 m cho kết quả nội suy địa hình mịn và chính xác. Lưới tính toán cho toàn vùng được thể hiện trong Hình 9.



**Hình 9.** Lưới tính toán địa hình lòng sông (trái) và mô phỏng cao độ địa hình đáy sông trong mô hình (phải).



**Hình 10.** Sơ họa vị trí biên mô hình thủy lực MIKE 21.



#### b) Biên tính toán

Biên tính toán cho mô hình MIKE 21FM được trích xuất từ kết quả tính toán mô hình thủy lực MIKE 11. Vị trí trích xuất kết quả mô hình thủy lực MIKE 11 làm biên cho mô hình MIKE 21FM tại các vị trí (1) ngã ba Rạch Chanh, (2) cầu Tân An, (3) rạch nhỏ nhập lưu (Hình 10).

#### 2.4. Hiện trạng sạt lở khu vực nghiên cứu và vùng lân cận

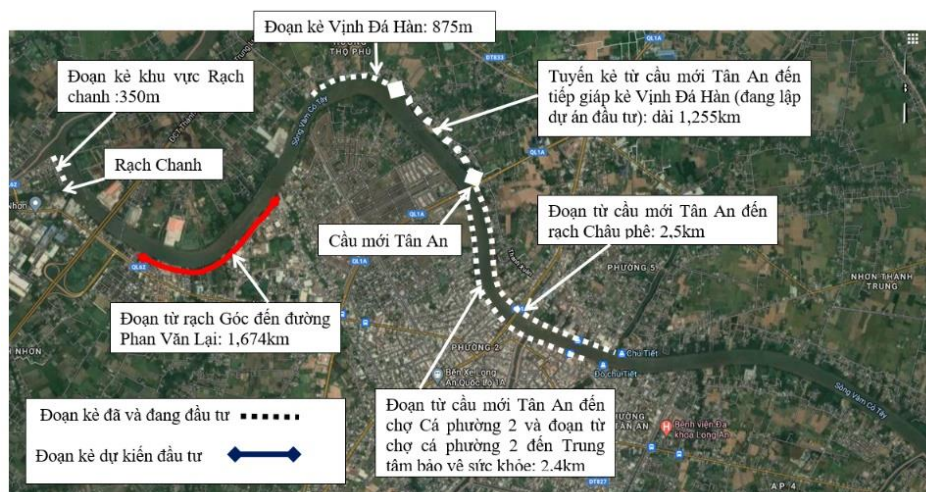
Thời gian qua, tỉnh Long An xảy ra nhiều vụ sạt lở nghiêm trọng; tình trạng sạt lở ngày càng diễn biến phức tạp, nhất là dọc theo sông VCT khu vực TP. Tân An. Nguyên nhân sạt lở là do tác động của dòng chảy hướng vào bờ lõm đoạn sông cong.

Đoạn sông VCT chảy qua TP. Tân An có chiều dài khoảng 15 km, năm năm trở lại đây sạt lở xảy ra thường xuyên. Khu vực ấp Rạch Chanh, xã Lợi Bình Nhơn, đoạn sông cong và vùng đất yếu khá dày, chiều dài sạt lở khoảng 500 m.



**Hình 11.** Sạt lở bờ sông khu vực Rạch Chanh, xã Lợi Bình Nhơn [4].

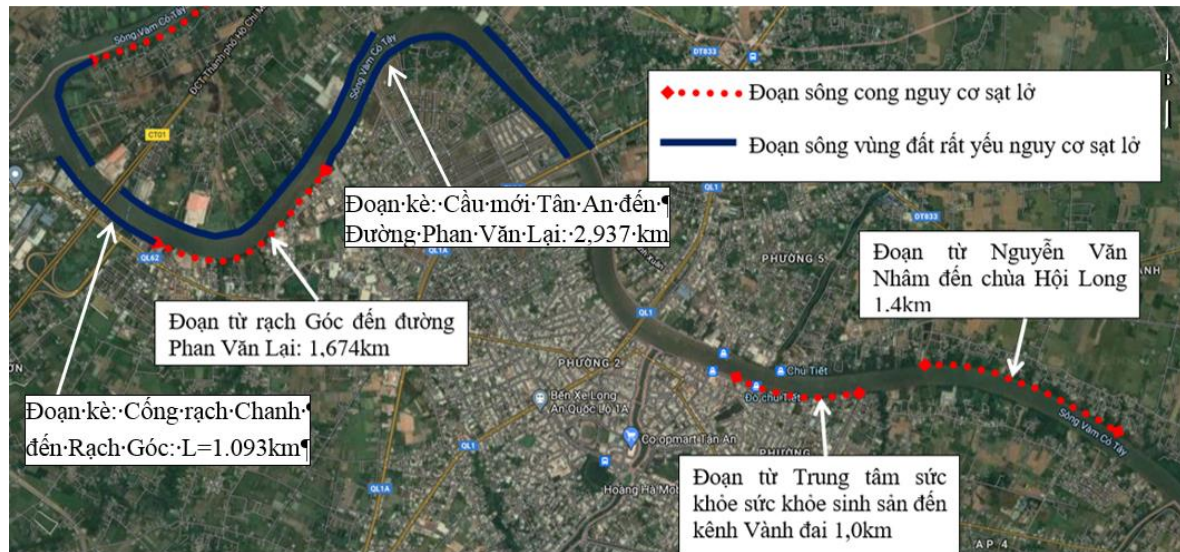
Hiện nay khu vực đã và đang đầu tư xây dựng 05 tuyến kè dọc theo sông VCT (Hình 12) bảo vệ được 6.141 m bờ sông, trong đó 3.395 m bờ trái, 2.746 m bờ phải và một số đơn vị tư nhân đã gia cố kiên cố khoảng 400 m.



**Hình 12.** Các tuyến kè đã đầu tư và dự kiến đầu tư tại sông VCT.



Khoảng 21,8 km bờ sông VCT trong TP. Tân An chưa được gia cố, đặc biệt có khoảng 4 đoạn bờ lồi sông cong có tổng chiều dài khoảng 5,8 km có nguy cơ sạt lở rất lớn cần được gia cố sớm và khoảng 7,5 km (Hình 13) có lớp bùn khá dày  $8 \div 29$  m, khả năng chịu tải kém và rất dễ xảy ra cung trượt sâu.



**Hình 13.** Các vị trí tiềm ẩn nguy cơ sạt lở trên sông VCT [3].

Một số hình ảnh sạt lở tại khu vực nghiên cứu và vùng lân cận.



**Hình 14.** Hình ảnh sạt lở khu vực nghiên cứu [3].

Đường bờ sông từ rạch Góc ( $K_0$ ) đến rạch Cần Đốt ( $K_0+550$ ) thuộc xã Lợi Bình Nhơn, nằm trong đoạn sông cong dễ bị xói lở. Ngoài những đoạn xây dựng kè tạm (khoảng 230 m) các đoạn khác bị sạt lở lấn vào bờ  $10 \div 20$  m. Mái sông hiện trạng khá dốc từ  $m = 1,50 \div 2,50$ . Ảnh hưởng bờ lồi nên đáy lòng sông xu hướng dịch chuyển về phía hướng bờ kè có cao độ đáy từ  $-16,0 \div -20,0$ .

Đường bờ sông từ rạch Cần Đốt ( $K_0+550$ )  $\div K_1+50$  thuộc địa bàn phường 6, TP. Tân An là đoạn sông cong, có mái dốc tự nhiên từ  $1,8 \div 2,4$ ; đường bờ lồi lồi từ  $4 \div 9$  m; lòng sông có cao độ từ  $-17,0 \div -21,0$ , cao độ bờ tự nhiên từ  $+1,30 \div +2,50$ .

Đường bờ từ  $K_1+050 \div K_1+674$  (đường Phan Văn Lai) thuộc phường 6, TP. Tân An tương đối thẳng. Tuy nhiên đây là khu vực dân cư đông đúc. Các bãi vật liệu lấn ra sông từ  $4 \div 14$  m, dài 260 m. Hệ số mái dốc từ  $1,75 \div 3,00$ ; cao độ lòng sông  $-14,0 \div -18,0$ .

## 2.5. Phân tích nguyên nhân, nhân tố gây xói lở bờ

- Tương tác giữa dòng chảy và lòng dẫn: Làm cho lòng dẫn sâu thêm hay cạn đi, lòng sông bị mở rộng hay thu hẹp, nhanh hay chậm, mạnh hay yếu đều phụ thuộc các yếu tố sau:

+ Tất cả các yếu tố tác động vào lòng dẫn hay dòng chảy làm tăng lực gây trượt hay làm giảm lực chống trượt của khối đất, mất cân bằng khối đất mái bờ sông, là hiện tượng trượt hay sụt lở từng mảnh khối đất mái bờ [8].

+ Lưu tốc thực tế lớn hơn vận tốc khởi động của bùn cát cấu tạo lòng dẫn, lưu tốc càng lớn khả năng gây xói mòn lòng dẫn càng lớn [9].

+ Dòng chảy hướng vào bờ ảnh hưởng tới cơ chế xói lở, hố xói hình thành hay không hình thành, hình thành ở đâu, mái bờ sông bị xói mặt hay xói chân... sẽ dẫn tới tốc độ xói lở bờ nhanh hay chậm.

+ Hai mùa mưa nắng gây ra chế độ dòng chảy theo hai mùa khác biệt, dòng chảy có lưu tốc, lưu lượng lớn gấp nhiều lần mùa kiệt. Mùa mưa đất bão hòa nước sẽ bị giảm tính chất cơ lý đất bề mặt, gia tăng trọng lượng bản thân tang lực gây trượt. Dòng chảy thủy triều với lưu tốc lớn, gây nên sóng triều, tạo nên các xoáy lớn trong nội bộ dòng chảy [10].

+ Lũ càng lớn (diện tích MC ướt, lưu lượng càng lớn), mực nước lũ (H) càng cao, kéo dài, lưu tốc lũ vượt nhiều lần so với lưu tốc cho phép không xói ( $V_{\max} > [V]_{\text{xói}}$ ), bờ sông bị sạt lở, thể sông dịch chuyển, hình thái sông thay đổi theo hướng ngày càng bất lợi; dòng chảy lũ là nguyên nhân chủ yếu gây ra sạt lở bờ sông.

+ Dòng chảy giảm hàm lượng chất lơ lửng, phân lưu dòng chảy, hạ thấp lòng dẫn kênh chính sẽ hạ thấp lòng dẫn các chi lưu, tàu thuyền neo đậu hay cập bến; chênh lệch đỉnh triều và chân triều cao, co hẹp mặt cắt (MC) ướt, khai thác cát [11].

- Sóng - nguyên nhân gây xói lở bờ:

Dưới tác động của áp lực sóng (do gió hay tàu thuyền gây ra) mái bờ sông bị phá vỡ kết cấu, các hạt bùn cát của lòng dẫn bị tách rời và dịch chuyển đi nơi khác [12].

Xói lở bờ sông do sóng gió hay sóng tàu gây ra có khối lở bé nhưng diễn ra liên tục nên ảnh hưởng không nhỏ tới xói lở bờ.

- Gia tải lên mép bờ sông gây xói lở bờ do:

+ Xây dựng nhà cửa, cơ sở hạ tầng, chất hàng hóa v.v...;

+ Lũ xuống triều rút làm tăng trọng lượng khối đất bờ hay giảm áp lực đẩy nổi;

+ Mưa làm bão hòa khối đất bờ và phát sinh áp lực thấm....

- Hình thái sông ảnh hưởng tới xói lở bờ [13]:

+ Địa hình đáy sông, thể sông khống chế, chi phối và tạo nên kết cấu dòng chảy của MC. ngang sông ảnh hưởng tới xói lở bờ, cũng như toàn bộ dòng chảy;

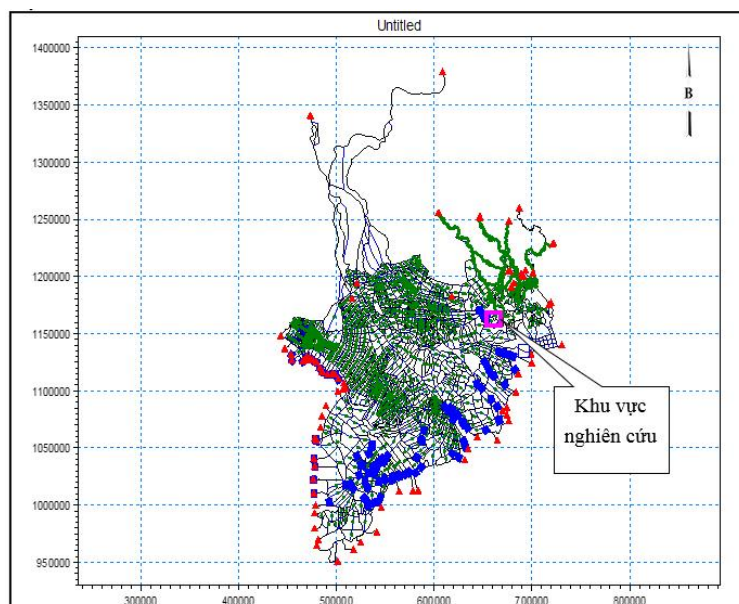
+ Hình dạng đoạn sông ảnh hưởng tới xói lở bờ, đoạn sông cong, dòng chủ lưu tập trung vào bờ lõm sông gây gia tăng khả năng lưu chuyển bùn cát dẫn đến sạt lở [13].

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Thiết lập mô hình MIKE 11 và kết quả tính toán

##### 3.1.1. Thiết lập mô hình thủy lực MIKE 11 cho hệ thống sông

Toàn bộ hệ thống sông kênh trong khu vực được mô hình bằng phần mềm MIKE 11 và được đưa vào mạng lưới sông rạch của toàn bộ vùng ĐBSCL và Đông Nam Bộ. Đây là mạng lưới đã được lập từ trước, đã được sử dụng để tính toán trong nhiều nghiên



Hình 15. Sơ đồ tính toán thủy lực khu vực nghiên cứu [16].



cứu và đề tài nghiên cứu với độ tin cậy cao, trong đó có nhiều nghiên cứu đã và đang trong quá trình xây dựng. Mạng lưới sông rạch được mô hình hóa cụ thể như sau: Các sông kênh rạch được số hoá 1.415 nhánh sông; thể hiện bởi khoảng hơn 68.900 MC. Mô hình thủy lực MIKE 11 toàn ĐBSCL và Đông Nam bộ (Hình 15).

Tại khu vực nghiên cứu, xác định được 43 loài cây ngập mặn thuộc 22 họ, trong đó họ Đước chiếm nhiều nhất với 5 loài chủ yếu (Bảng 1). Trong số đó, có 23 loài cây ngập mặn thực thụ thuộc 11 họ và 20 loài cây tham gia ngập mặn. Tại vùng rừng ngập mặn huyện Bình Đại xác định được 17 loài cây thực vật ngập mặn, ít hơn so với khu vực rừng ngập mặn Thạnh Phú 5 loài. Số loài cây tham gia rừng ngập mặn ở khu vực Thạnh Phú là 20 loài, nhiều hơn số loài cây tham gia rừng ngập mặn ở huyện Bình Đại. Số loài cây ngập mặn ở Thạnh Phú trong nghiên cứu có khác về số lượng so với nghiên cứu công bố năm 2020 và 2022 của [17–18] công bố 14 loài cây ngập mặn thực thụ và 9 loài tham gia rừng ngập mặn và [19] công bố 21 loài ngập mặn và 27 loài tham gia.

### 3.1.2. Hiệu chỉnh, kiểm định mô hình

Năm được chọn để hiệu chỉnh mô hình là năm có đủ số liệu thực đo trên hệ thống sông đang xét và cũng là năm có lũ khá lớn so với chuỗi quan trắc trên toàn hệ thống. Điều đó sẽ đảm bảo tính đặc trưng cho hệ thống và đảm bảo độ chính xác cho mô hình khi áp dụng với các dạng lũ đơn giản hơn. Căn cứ vào tiêu chí lựa chọn, dựa vào số liệu thực đo thu thập được, mô hình được hiệu chỉnh theo các số liệu thực đo vào các tháng mùa lũ từ tháng 7 ÷ tháng 11/2000. Sau khi hiệu chỉnh mô hình, phải dùng chuỗi quan trắc độc lập với chuỗi đã dùng trong hiệu chỉnh để kiểm định mô hình. Trong giai đoạn kiểm định không thay đổi các tham số thủy lực đã chọn trong giai đoạn hiệu chỉnh. Nếu kết quả kiểm định cho thấy sai số nằm trong phạm vi chấp nhận được, mô hình đáp ứng được nhu cầu cho dự báo. Mô hình được hiệu chỉnh tháng 7 ÷ tháng 11/2000; kiểm định tháng 07 ÷ tháng 11/2011 và tháng 6/2019 (theo số liệu khảo sát thủy văn tại Rạch Chanh thuộc phạm vi nghiên cứu).

### 3.1.3. Các kịch bản và tính toán kết quả

Khu vực nghiên cứu chịu ảnh hưởng bởi lũ trên ĐBSCL và triều biển Đông ảnh hưởng vào thông qua sông Soài Rạp - Vàm Cỏ. Lũ năm 2000 trên vùng ĐBSCL là một trong những trận lũ lớn, điển hình ảnh hưởng đến khu vực nghiên cứu. Các kịch bản tính toán và các kết quả tính toán theo các kịch bản được thể hiện trên Bảng 7-8.

**Bảng 7.** Các kịch bản tính toán.

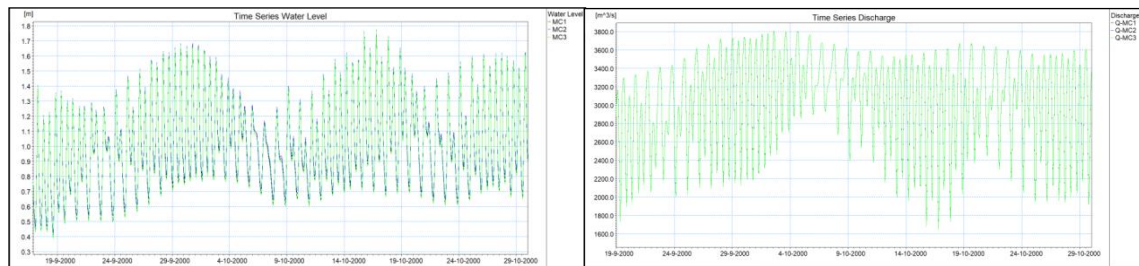
Tên kịch bản (KB)	Nội dung tính toán
KB.1	Lũ 2000 trong điều kiện hiện trạng
KB.2	Lũ 2000 trong điều kiện xét đến NBD 2050
KB.3	Lũ 2000 trong điều kiện xét đến NBD 2100



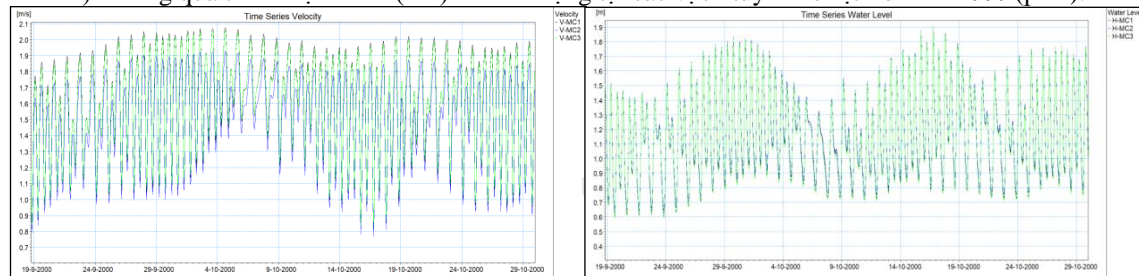


**Bảng 8.** Kết quả tính toán các KB [4].

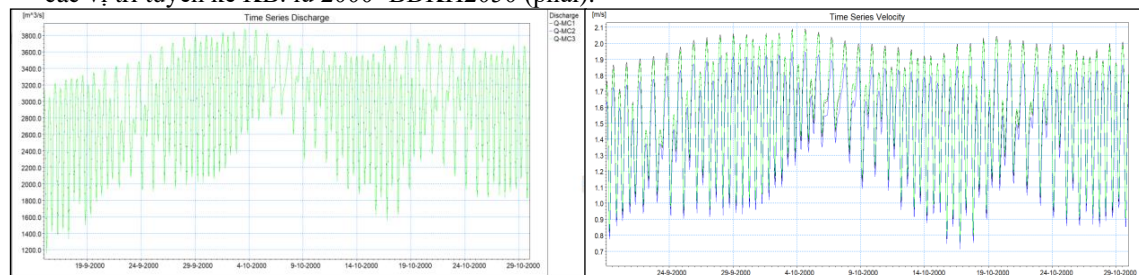
Tên kịch bản	Vị trí	$H_{\max}$ (m)	$Q_{\max}$ (m <sup>3</sup> /s)	$V_{\max}$ (m/s)
KB.1	Đầu tuyến kè	1,77	3806,2	2,07
	Giữa tuyến kè	1,77	3807,1	1,93
	Cuối tuyến kè	1,77	3807,9	2,05
KB.2	Đầu tuyến kè	1,92	3878,3	2,09
	Giữa tuyến kè	1,91	3879,5	1,95
	Cuối tuyến kè	1,91	3880,7	2,08
KB.3	Đầu tuyến kè	2,11	3920,6	2,07
	Giữa tuyến kè	2,10	3921,8	1,94
	Cuối tuyến kè	2,10	3922,6	2,07



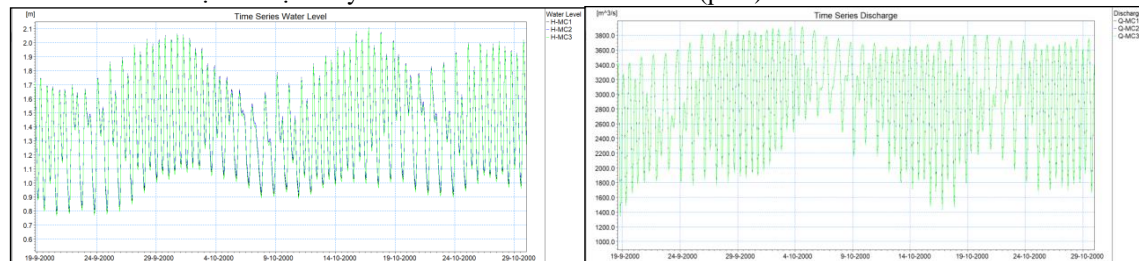
a) Đường quá trình mực nước (trái) và lưu lượng tại các vị trí tuyến kè kịch bản lũ 2000 (phải).



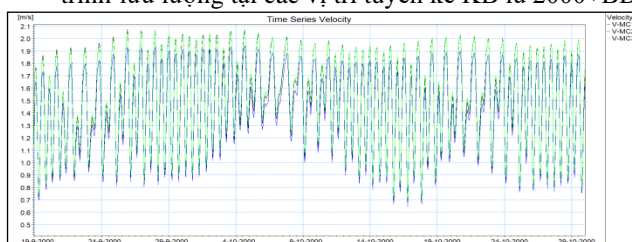
b) Đường quá trình lưu tốc tại các vị trí tuyến kè KB lũ 2000 (trái) và Đường quá trình mực nước tại các vị trí tuyến kè KB. lũ 2000+BDKH2050 (phải).



c) Đường quá trình lưu lượng tại các vị trí tuyến kè KB. lũ 2000+BDKH2050 (trái) và Đường quá trình lưu tốc tại các vị trí tuyến kè KB lũ 2000+BDKH2050 (phải).



d) Đường quá trình mực nước tại các vị trí tuyến kè KB. lũ 2000+BDKH2100 (trái) và Đường quá trình lưu lượng tại các vị trí tuyến kè KB lũ 2000+BDKH2100 (phải).



e) Đường quá trình lưu tốc tại các vị trí tuyến kè KB. lũ 2000 và BDKH 2100.

**Hình 17.** Đường quá trình mực nước, lưu lượng và lưu tốc ở các KB.

Trong thời gian ảnh hưởng bởi lũ thượng lưu trên ĐBSCL lưu lượng dòng chảy luôn theo chiều dương, chứng tỏ dòng chảy lũ từ thượng lưu về chiếm ưu thế, tuy nhiên vẫn còn ảnh hưởng bởi thủy triều nhưng biên độ triều dao động nhỏ hơn các tháng không có lũ.

Theo kết quả tính toán thủy lực, mực nước, lưu lượng lớn nhất tại vị trí nghiên cứu:

Trường hợp ứng với trận lũ 2000:  $H_{\max} = +1,77$  m,  $Q_{\max} = 3.807,99$  m<sup>3</sup>/s,  $V_{\max} = 1,93 \div 2,07$  m/s;

Trường hợp xét đến BĐKH&NBD 2050:  $H_{\max} = +1,92$  m,  $Q_{\max} = 3.880,69$  m<sup>3</sup>/s,  $V_{\max} = 1,95 \div 2,09$  m/s;

Trường hợp xét đến BĐKH&NBD 2100,  $H_{\max} = +2,11$  m,  $Q_{\max} = 3.922,64$  m<sup>3</sup>/s,  $V_{\max} = 1,94 \div 2,07$  m/s.

Lưu lượng gần như không thay đổi dọc theo tuyến [14]. Lưu tốc đầu tuyến và cuối tuyến lớn hơn lưu tốc ở giữa tuyến là do MC uốn sông khu vực giữa tuyến rộng hơn.

Mực nước lớn nhất theo kết quả tính toán thủy lực nhỏ hơn mực nước theo kết quả tính toán thủy văn, có thể do các nguyên nhân truyền dòng chảy lũ, triều nên sự gia tăng mực nước triều do BĐKH&NBD vào khu vực nghiên cứu nhỏ hơn. Để thiên về an toàn kiến nghị lựa chọn mực nước thiết kế công trình đã đề xuất tại mục 2.1.6.

### 3.2. Kết quả tính toán từ MIKE 21

#### 3.2.1. KB. tính toán: Tính toán cho hai phương án (PA)

(1) PA.1: Dòng chảy triều bình thường tháng 7/2000; (2) PA.2: Dòng chảy lũ tháng 9 ÷ 10 (lũ 2000).

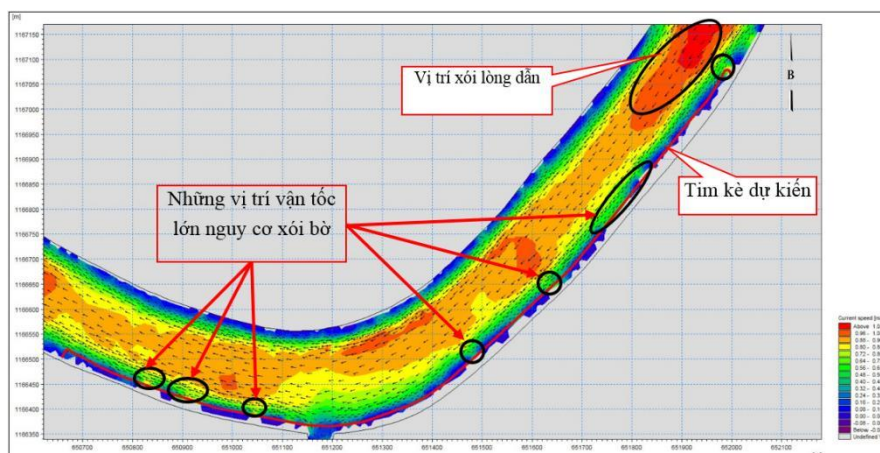
#### 3.2.2. Phân tích kết quả tính toán

Chế độ dòng chảy khu vực nghiên cứu khá phức tạp do nằm tại vị trí đoạn cong của sông VCT. Dòng chảy chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi lũ thượng nguồn và triều biển Đông.

\*PA. 1: Dòng chảy triều bình thường tháng 7/2000

Trường hợp địa hình lòng sông hiện trạng:

Tại khu vực nghiên cứu, chế độ dòng chảy triều ảnh hưởng mạnh nhất vào khoảng 6 ÷ 7 giờ từ thời điểm bắt đầu triều lên hoặc bắt đầu xuống. Tại thời gian này do khu vực nghiên cứu nối tiếp điểm cong hẹp của sông VCT. nên dòng triều chịu ảnh hưởng lưu tốc lớn. Lưu tốc có thể đạt từ 1 ÷ 1,5 m/s, lớn xảy ra tại vị trí co hẹp dòng chảy như hình 18. Lưu tốc lớn gây xói lòng dẫn và có nguy cơ gây sạt lở đường bờ.

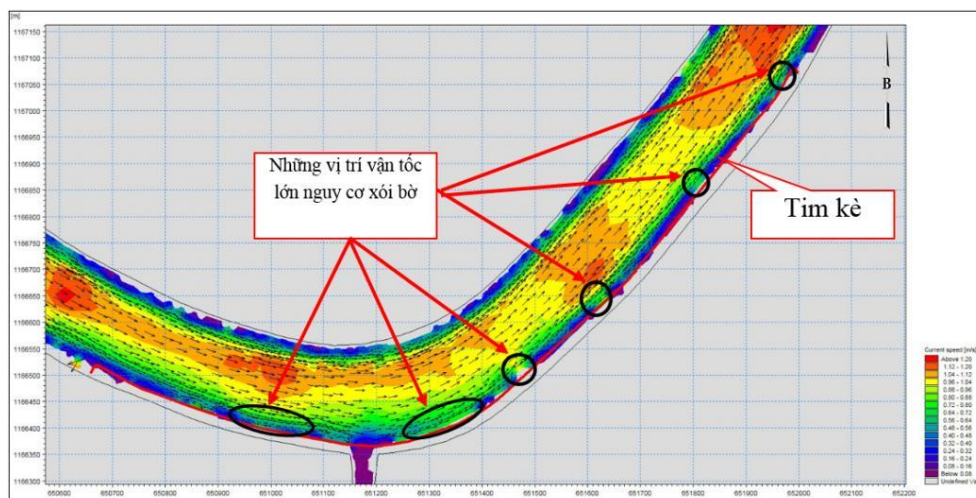


**Hình 18.** Lưu tốc dòng chảy triều lên lớn nhất khu vực kè với lòng sông hiện trạng.

Thời gian triều lên, dòng chảy triều lớn có xu hướng thúc mạnh vào đoạn phía thượng nguồn bờ hữu đoạn sông cong trong phạm vi khoảng 400 m tính từ rạch Cần Đốt về phía thượng lưu. Phía hạ lưu từ rạch Cần Đốt đến đường Phan Văn Lại cũng xuất hiện rải rác các



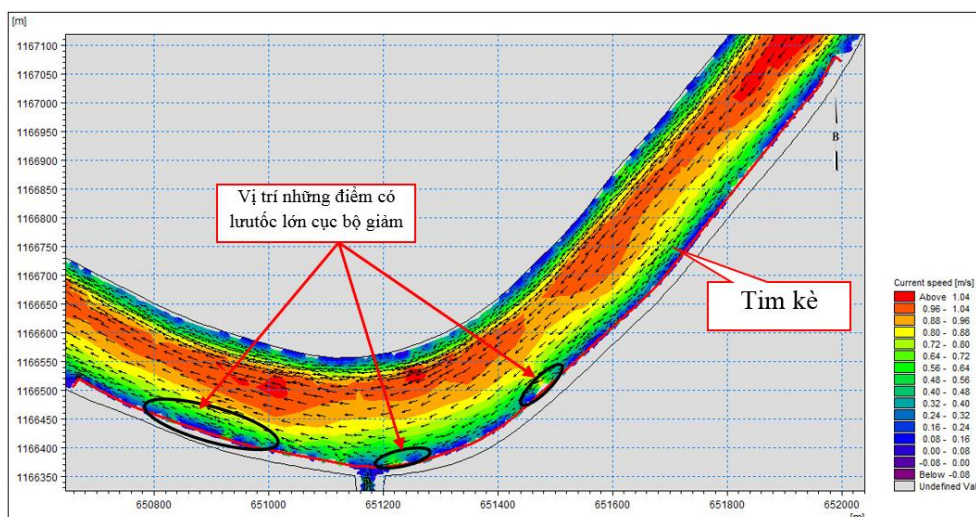
vị trí có lưu tốc lớn. Tại các vị trí cục bộ, lưu tốc ven bờ lớn khoảng  $0,8 \div 1,0$  m/s, có xu hướng moi bờ đất làm tăng nguy cơ xói bờ cho bờ sông này. Phía bờ đối diện (bờ lồi) dòng chảy êm hơn, có xu hướng đồng đều dọc theo bờ sông. Lưu tốc ven bờ khoảng  $0,1 \div 0,3$  m/s.



**Hình 19.** Lưu tốc dòng chảy triều xuống lớn nhất khu vực kè với lòng sông hiện trạng.

Thời gian triều xuống, lưu tốc lớn hơn thời kỳ triều lên,  $V_{max}$  đạt khoảng 1,2 m/s. Dòng chảy thủy triều rút từ hướng thượng nguồn về, ảnh hưởng mạnh mẽ đến đoạn sông cong và phía hạ lưu khoảng 1,1 km đến khu vực đường Phan Văn Lại. Do tính chất đoạn sông cong nên dọc theo phạm vi từ rạch Góc đến đường Phan Văn Lại xuất hiện những vị trí có lưu tốc lớn cục bộ, có xu hướng làm xói lở bờ (Hình 20). Lưu tốc ven bờ từ  $0,8 \div 1,04$  m/s, giữa lòng sông đạt khoảng 1,2 m/s. Tương tự như thời kỳ triều lên, phía bờ đối diện (bờ lồi) dòng chảy êm hơn và có xu hướng đồng đều dọc theo bờ sông. Lưu tốc dòng chảy ven bờ khoảng  $0,1 \div 0,4$  m/s.

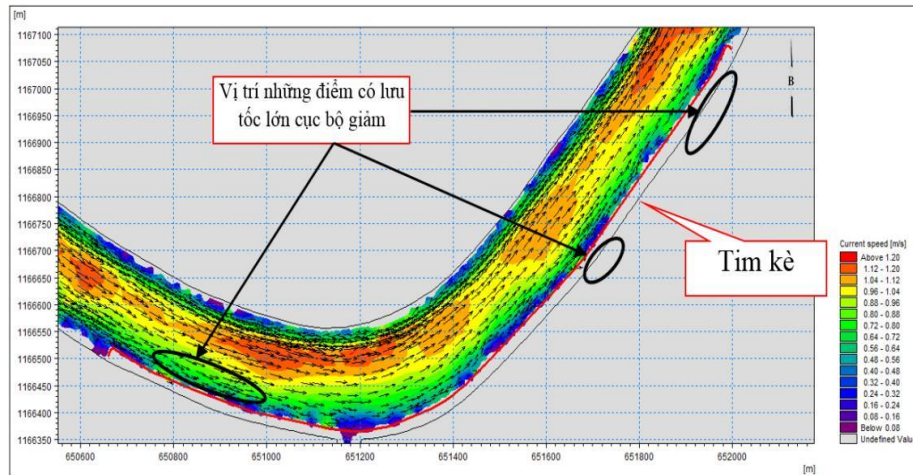
Trường hợp xây dựng kè:



**Hình 20.** Lưu tốc triều lên lớn nhất khu vực kè với lòng sông hiện trạng kết hợp kè.

Kết quả cho thấy sau khi xây dựng tuyến kè trường hợp triều lên, lưu tốc lớn cục bộ tại những điểm bờ có nguy cơ gây xói lở giảm từ  $0,86 \div 0,46$  m/s. Số lượng các điểm có lưu tốc lớn cục bộ giảm đi, lưu tốc ven bờ có xu hướng đều hơn do tuyến kè lựa chọn trơn thuận. Khi có tuyến kè lưu tốc lớn nhất thời kỳ triều lên gần như không đổi so với lúc chưa có kè,  $V_{max}$  đạt 1,04 m/s. Như vậy tuyến kè không làm co hẹp dòng chảy và gần như không làm gia tăng mực nước khu vực.





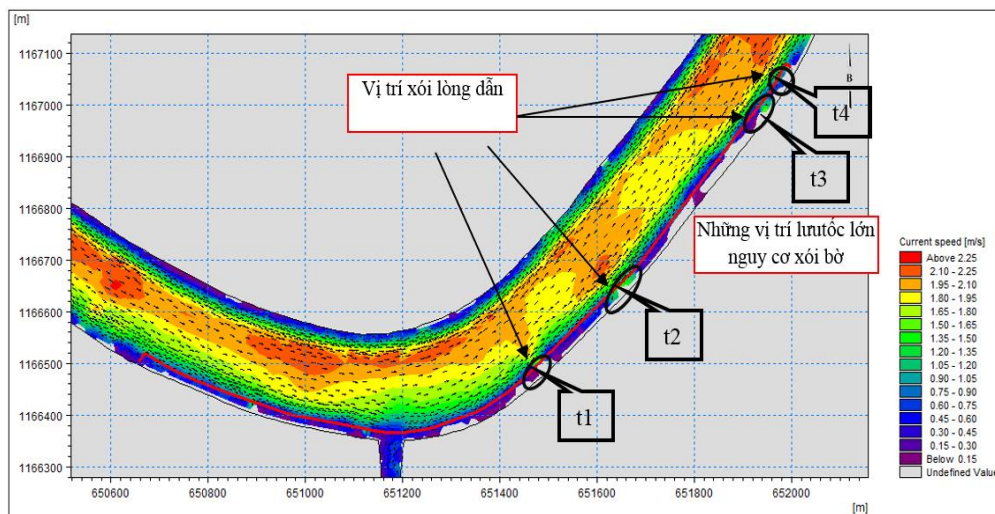
**Hình 21.** Lưu tốc triều xuống lớn nhất khu vực kê với lòng sông hiện trạng kết hợp kê [4].

Trường hợp triều xuống khi xây dựng tuyến kê, lưu tốc tại những điểm lớn cục bộ giảm từ khoảng  $0,95 \div 0,79$  m/s tại những vị trí có nguy cơ xói bờ. Lưu tốc trên đoạn sông gần như không thay đổi so với thời gian chưa xây dựng kê.

\*PA. 2: Dòng chảy lũ tháng 9 ÷ 10 (lũ 2000)

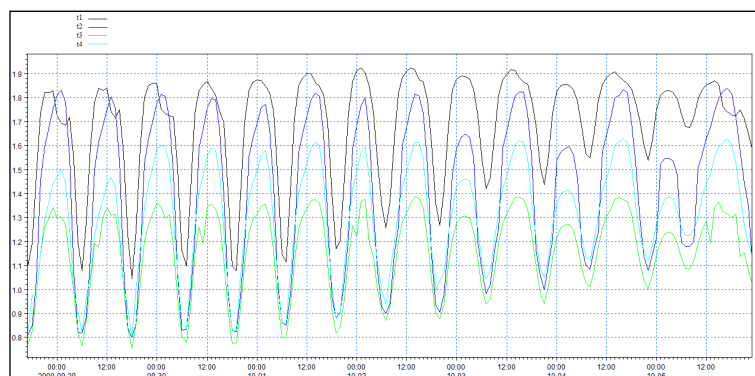
Trường hợp địa hình lòng sông hiện trạng:

Trong thời gian ảnh hưởng bởi lũ thượng lưu trên ĐBSCL lưu lượng dòng chảy luôn theo chiều dương, điều này chứng tỏ dòng chảy lũ từ thượng lưu về chiếm ưu thế, tuy nhiên vẫn còn ảnh hưởng bởi thủy triều nhưng biên độ triều dao động nhỏ hơn các tháng không có lũ.



**Hình 22.** Lưu tốc lũ lớn nhất khu vực kê với lòng sông hiện trạng.

Trong thời kỳ tiêu lũ, dòng chảy lũ lớn hướng về phía hạ lưu thúc mạnh vào đoạn hạ lưu bờ lở lôm gây ra những vị trí có lưu tốc lớn cục bộ. Lưu tốc ven bờ lớn nhất đạt khoảng  $1,4 \div 1,9$  m/s và có nguy cơ cao gây sạt lở nghiêm trọng khu vực bờ (Hình 23).

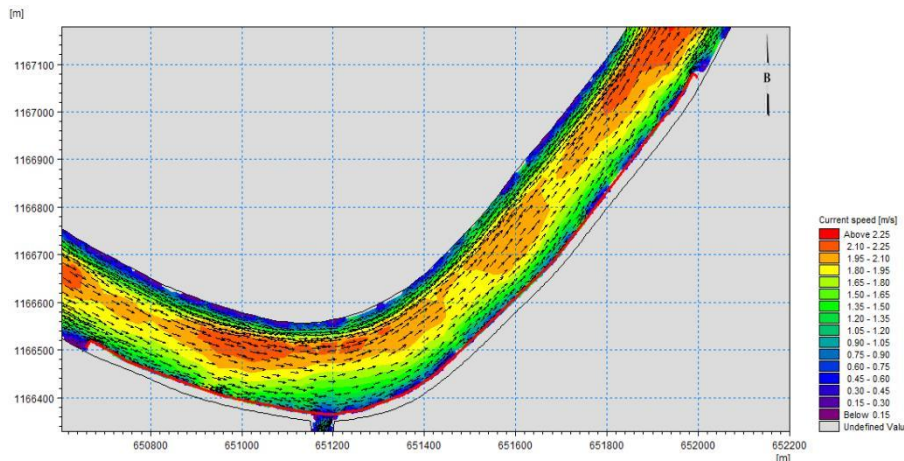


**Hình 23.** Biểu đồ lưu tốc lũ lớn nhất khu vực kê với lòng sông hiện trạng [3].

**Bảng 9.** Bảng giá trị lưu tốc lớn nhất thời kỳ lũ lớn tại các điểm cục bộ.

Điểm	t.1	t.2	t.3	t.4
$V_{\max}$ (m/s)	1,92	1,81	1,39	1,61

PA xây dựng kè: Sau khi tuyến kè được xây dựng, lưu tốc tại vùng bờ có xu hướng giảm và chảy êm hơn so với bờ hiện trạng do tuyến kè lựa chọn là đường tròn thuận. Thỉnh thoảng xuất hiện một số vị trí lưu tốc ven bờ đạt khoảng  $1,2 \div 1,5$  m/s. Tuy nhiên, với PA kết cấu kè lựa chọn là bê tông thì lưu tốc này được đảm bảo. Lưu tốc lớn nhất trên đoạn sông sau khi xây dựng tuyến kè đạt 2,25 m/s, chủ yếu ở giữa lòng sông (Hình 24). Như vậy, tuyến kè xây dựng không làm co hẹp dòng chảy không ảnh hưởng đến khả năng thoát lũ của lòng sông.



**Hình 24.** Lưu tốc lũ lớn nhất với lòng sông hiện trạng kết hợp kè.

### 3.2.3. Phân bố tốc độ dòng chảy theo MC ngang

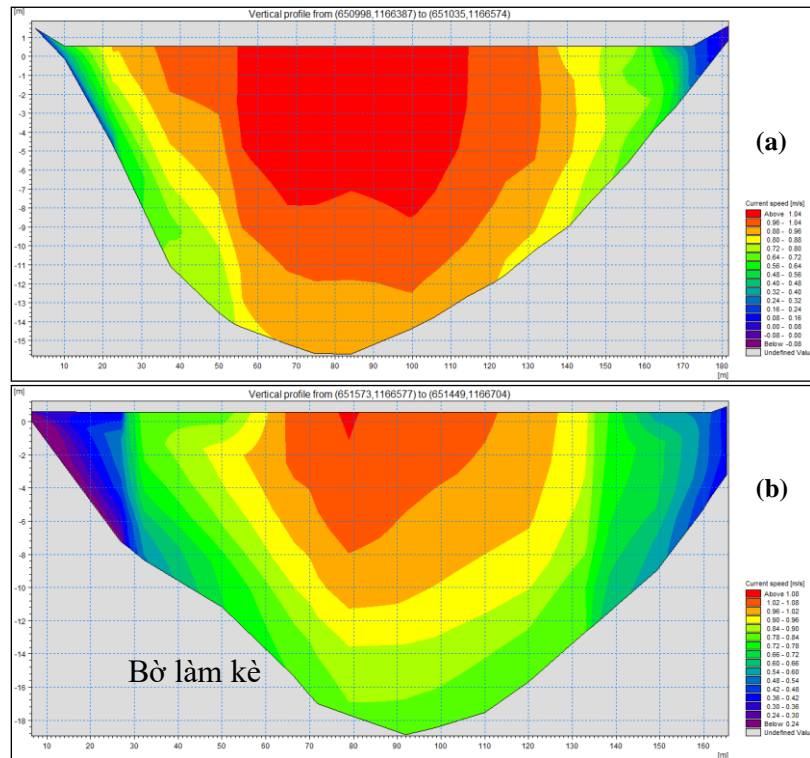
Để đánh giá tốc độ dòng chảy trên MC ngang khu vực nghiên cứu khai thác kết quả từ mô hình dòng chảy ba chiều xét trên các MC sông đại diện khu vực nghiên cứu như Hình 25.

- +MC.1: đoạn sông cong phía thượng nguồn (từ rạch Góc đến rạch Cần Đốt);
- +MC.2: đoạn sông cong phía hạ nguồn (từ rạch Cần Đốt đến đường Phan Văn Lợi).



**Hình 25.** Các vị trí tính toán lưu tốc trong mô hình.

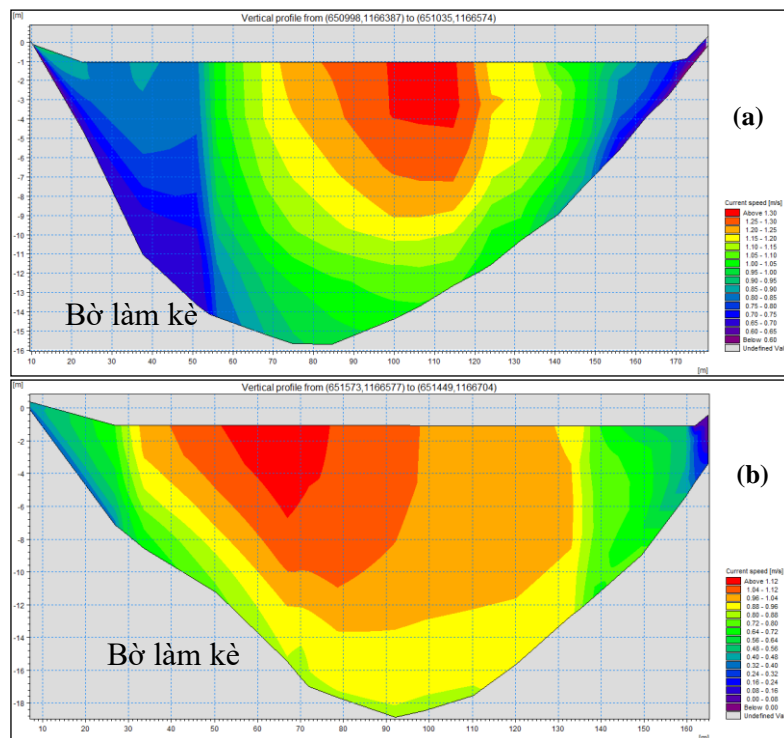
Vào thời kỳ triều lên: Lưu tốc phân bố theo xu hướng lớn nhất ở giữa lòng sông phía trên mặt và thấp dần về phía hai bờ sông và đáy sông. Lưu tốc lớn nhất trên mặt sông đạt trên 1,04 m/s. Lưu tốc dưới đáy sông khu vực ven bờ từ  $0,6 \div 0,7$  m/s, khu vực giữa lòng từ  $0,90 \div 1,04$  m/s. Phân bố lưu tốc có xu hướng lớn hơn phía bờ lõm của đoạn sông cong (khu vực xây dựng kè) (Hình 26).



**Hình 26.** Phân bố lưu tốc lớn nhất của (a) MC.1, (b) MC. 2 thời điểm triều lên.

Lưu tốc phân bố theo xu hướng lớn nhất ở giữa lòng sông phía trên mặt và thấp dần về phía hai bờ sông và đáy sông. Lưu tốc lớn nhất trên mặt sông đạt trên 1,08 m/s. Lưu tốc dưới đáy sông khu vực ven bờ từ 0,4 ÷ 0,5 m/s, khu vực giữa lòng từ 1,00 ÷ 1,08 m/s.

Vào thời kì triều xuống: Lưu tốc phân bố theo xu hướng lớn nhất ở giữa lòng sông phía trên mặt và thấp dần về phía hai bờ sông và đáy sông. Lưu tốc lớn nhất trên mặt sông trên 1,3 m/s. Lưu tốc dưới đáy sông khu vực ven bờ ở khoảng từ 0,8 ÷ 0,9 m/s, khu vực giữa lòng từ 1,2 ÷ 1,3 m/s (Hình 27).

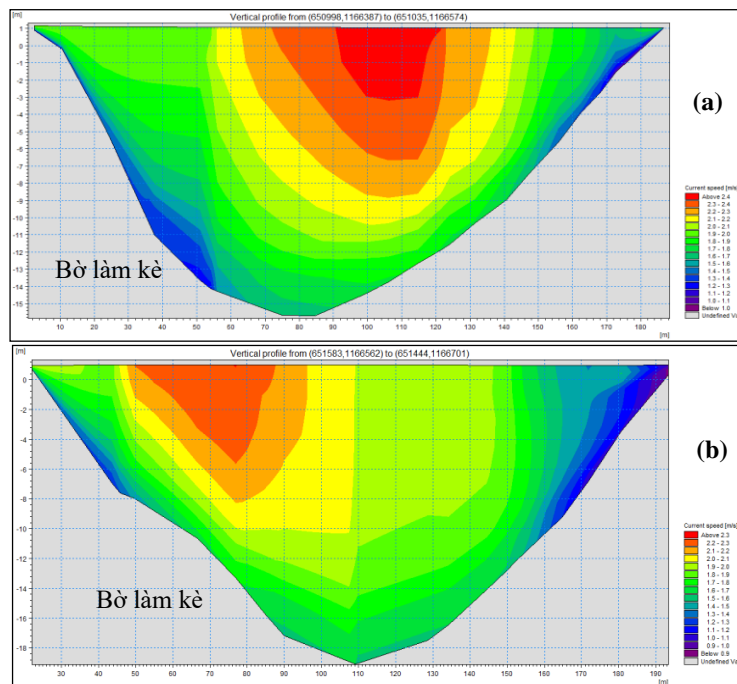


**Hình 27.** Phân bố lưu tốc lớn nhất của (a) MC.1, (b) MC. 2 thời điểm triều xuống.



Lưu tốc phân bố theo xu hướng lớn nhất ở giữa lòng sông phía trên mặt và thấp dần về phía hai bờ sông và đáy sông. Lưu tốc lớn nhất trên mặt sông đạt trên 1,12 m/s. Lưu tốc dưới đáy sông khu vực ven bờ ở khoảng từ 0,6 ÷ 0,7 m/s, khu vực giữa lòng ở khoảng từ 1,0 ÷ 1,12 m/s. Phân bố dòng chảy có xu hướng lệch về phía bờ lõm của đoạn sông cong vào thời kỳ triều xuống.

Vào thời kì lũ lớn nhất: Lưu tốc phân bố lớn nhất ở giữa lòng sông phía trên mặt và thấp dần về hai phía bờ sông và đáy sông. Lưu tốc lớn nhất trên mặt sông đạt trên 2,4 m/s. Lưu tốc dưới đáy sông khu vực ven bờ ở khoảng từ 1,6 ÷ 1,7 m/s, khu vực giữa lòng ở khoảng từ 1,6 ÷ 1,8 m/s. Lưu tốc phân bố theo xu hướng lớn nhất ở giữa lòng sông phía trên mặt và thấp dần về phía hai bờ sông và đáy sông. Lưu tốc lớn nhất trên mặt sông đạt trên 2,3 m/s. Lưu tốc dưới đáy sông khu vực ven bờ từ 1,7 ÷ 1,8 m/s, giữa lòng từ 1,5 ÷ 1,7 m/s. Phân bố dòng chảy tại MC. 2 có xu hướng lệch về phía bờ lõm của đoạn sông cong vào thời kỳ lũ xuống (Hình 28).



**Hình 28.** Phân bố lưu tốc lớn nhất của (a) MC. 1, (b) MC. 2 thời điểm lũ lớn nhất.

### 3.3. Giải pháp công trình ứng phó sạt lở bờ sông VCT

Công trình kè phòng, chống sạt lở bờ sông VCT đoạn từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại, TP. Tân An có tổng chiều dài toàn tuyến công trình là 1.674 m.

Hình thức kè: Khu vực xây dựng kè nằm trong khu vực TP. Tân An nên yêu cầu thẩm mỹ cao. Vì vậy đề xuất lựa chọn kết cấu kè tường đứng kết hợp mái nghiêng bằng kết cấu cừ bê tông cốt thép (BTCT) dự ứng lực (DUL) hoặc tường chữ L trên nền cọc BTCT, bởi vì kết cấu kè toàn bộ mái nghiêng sẽ tăng thêm diện tích chiếm đất 1 ha đất ở đô thị và giảm mỹ quan khi đoạn bờ từ đỉnh kè xuống khoảng 3 m nước thường xuyên rút xuống lộ bùn và cây cối mọc lên mái. Giải pháp kè tường đứng kết hợp mái nghiêng đồng bộ cho toàn tuyến trong khu vực đã được xây dựng.

Cao trình đỉnh kè: Theo kết quả tính toán và phân tích trong thuyết minh thiết kế cơ sở, đồng thời phù hợp cao trình đỉnh kè trên sông VCT thuộc TP. Tân An. Cao trình đỉnh kè được lựa chọn là +2,50 m.

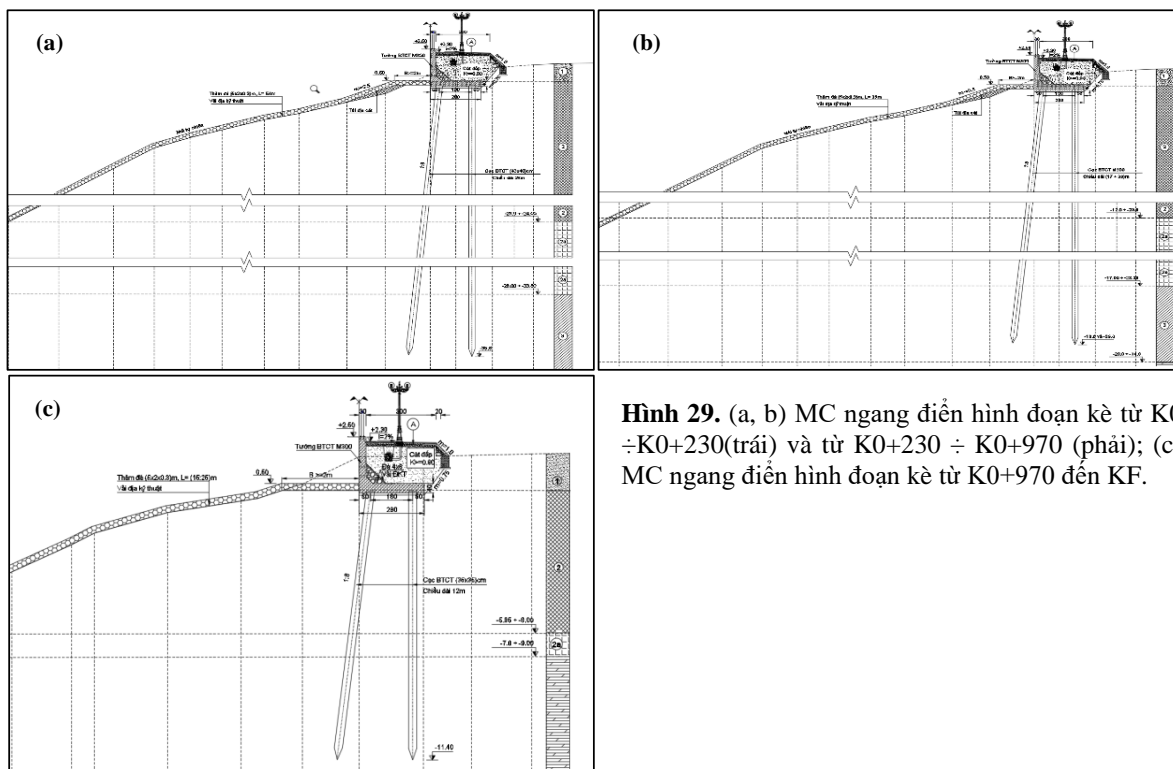
#### 3.3.1. PA.1: Tường kè đứng chữ L trên nền cọc BTCT kết hợp mái nghiêng

a) Kết cấu tường kè: Đỉnh kè bằng tường góc BTCT M300 trên nền cọc BTCT M300. Kết cấu tường góc BTCT: Bản mặt tường BTCT dày 30 cm, cao 2,0 m (từ cao trình +2,5 ÷

+0,5); bản đáy tường BTCT dày 40 cm, rộng 2,8 m, phía dưới bản đáy là lớp bê tông lót đá 4x6 dày 10 cm.

b) Gia cố nền: Chiều dày lớp bùn, đất dẻo mềm từ 5 ÷ 32 m nên chia làm nhiều đoạn bố trí chiều dài cọc khác nhau. Gia cố nền bằng cọc vuông 40x40 cm BTCT M300, chiều dài cọc L=36 m (K0 ÷ K0+230), cọc 35x35 L=30 m (K0+230 ÷ K0+360), L=24 m (K0+360 ÷ K0+525), L=24 m (K0+583 ÷ K0+730), L=19 m (K0+730 ÷ K0+800), L=17 m (K0+800 ÷ K0+970) và L=12 m (K0+970 ÷ K1+674). Căn cứ vào kết quả tính toán, kết cấu cọc lựa chọn dựa vào khả năng chịu tải, chuyển vị nền và độ mảnh cọc. Đoạn K0 ÷ K0+230: gia cố thêm 02 hàng cừ dũa, tận dụng làm đề quay khi thi công để tăng ổn định mái phía sông.

c) Gia cố chống xói chân kè: Thảm đá dày 30 cm kết hợp lót vải địa kỹ thuật, những vị trí lòng kênh tự nhiên bị xói sâu sử dụng túi địa cát đắp bù tạo mái trước khi trải thảm đá.



**Hình 29.** (a, b) MC ngang điển hình đoạn kè từ K0 ÷ K0+230(trái) và từ K0+230 ÷ K0+970 (phải); (c) MC ngang điển hình đoạn kè từ K0+970 đến KF.

Phạm vi gia cố thảm đá: Căn cứ vào kết quả tính toán thủy văn, thủy lực và lưu tốc không xói của nền gia cố thảm đá đến đáy lòng sông khu vực nền đất yếu đến vị trí mái dốc  $m \geq 3,0$  theo TCVN 8419: 2010 (đối với lưu tốc  $< 2$  m/s) [15].

Trong điều kiện thông thường lưu tốc thủy triều lên và xuống lưu tốc ven bờ luôn nhỏ hơn lưu tốc cho phép của nền nên không gây xói lở. Lưu tốc trường hợp lũ tương ứng 2% lớn hơn lưu tốc không xói nền cho phép từ 4 ÷ 20% (chủ yếu giữa đáy lòng sông). Tuy nhiên, trường hợp này tần suất xảy ra rất thấp không riêng vị trí kè mà toàn bộ sông VCT khu vực TP. Tân An, cũng như tốc độ bồi lắng của dòng chảy nên đề xuất không gia cố toàn bộ lòng sông.

### 3.3.2. PA. 2: Tường cừ đứng BTCT DUL kết hợp mái nghiêng

Đoạn kè K0 ÷ K0+970 nếu sử dụng PA tường cừ BTCT DUL có chi phí thường khá cao so với PA kè tường góc (Chữ L trên nền cọc BTCT) và không phù hợp với chiều dày lớp bùn quá lớn vì chiều dài cừ có giới hạn và không thể đóng xiên. Trường hợp vẫn sử dụng cho vùng đất bùn dày thì phải bổ sung bản giảm tải trên nền cọc BTCT hoặc hệ thống neo, khi đó chi phí xây dựng cho đoạn kè K0 ÷ K0+970 theo PA tường cừ BTCT DUL được ước tính 156,8 tỷ đồng. Trên cùng tuyến nếu so sánh với chi phí xây dựng kè tường góc được ước tính 60,8 tỷ đồng có sự chênh lệch về chi phí xây dựng quá lớn.

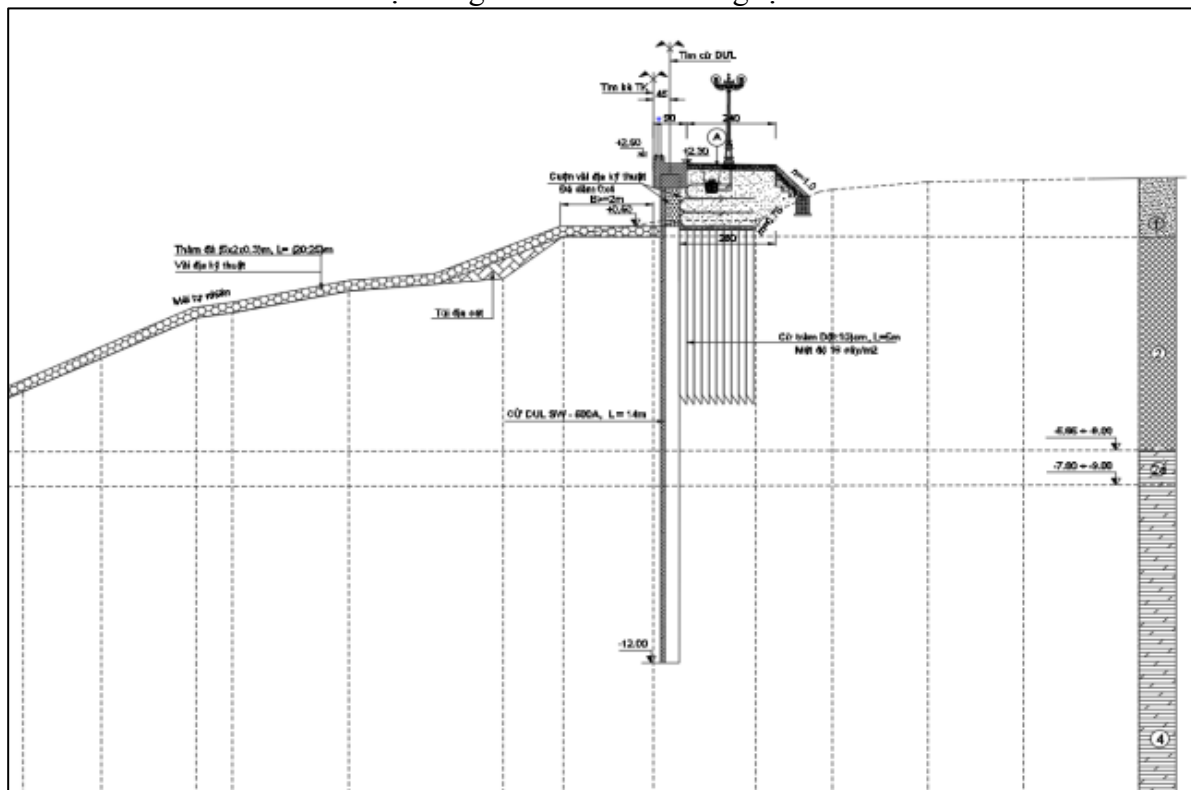
Đối với những vùng có địa chất lớp bùn mỏng từ 3 ÷ 7 m thì giải pháp cừ BTCT DUL tương đối khả thi. Khi đó có thể so sánh chi phí về xây lắp, biện pháp thi công và tiến độ thi công để lựa chọn giải pháp phù hợp.

Vì vậy đoạn kè từ K0 ÷ K0+970 có chiều dày lớp bùn và dẻo mềm từ 7 ÷ 32 m vẫn chọn PA kè tường góc chữ L trên nền cọc BTCT. Đoạn kè từ K0+970 ÷ K1+674 chọn giải pháp cừ BTCT DUL để so sánh với PA kè tường góc chữ L trên nền cọc BTCT.

Kết cấu kè: Dầm đỉnh kè BTCT trên nền cừ BTCT DUL SW500A dài 14 m, dầm đỉnh kè có cao trình +2,50, trên dầm đỉnh kè bố trí lan can.

Gia cố nền: Dưới vỉa hè đắp cát từng lớp kết hợp cuộn vải địa kết cấu dạng tường đất có cốt nhằm giảm áp lực ngang tác dụng vào tường trên nền cừ tràm [19]. Cát đầm chặt với hệ số đầm nén  $K \geq 0,90$ . Gia cố cừ dừ từ K0 ÷ K0+230 tương tự như PA.1

Gia cố chống xói chân kè: Gia cố chống xói chân kè bằng thảm đá dày 30 cm kết hợp lót vải địa kỹ thuật [16], những vị trí lòng kênh tự nhiên bị xói sâu sử dụng túi địa cát đắp bù tạo mái trước khi trải thảm đá. Phạm vi gia cố thảm đá: tương tự PA.1.



**Hình 30.** MC. ngang điển hình đoạn kè từ K0+970 đến K1+674.

### 3.3.3. Lựa chọn PA kết cấu công trình

Qua những phân tích so sánh có thể đưa ra kết luận như sau:

PA. 2 tuy có giá trị xây dựng cao hơn (5,9%) nhưng có những lợi thế về mặt thẩm mỹ, thi công nhanh hơn phù hợp với công trình cấp bách, ít gây nứt nhà dân phù hợp cho khu vực phường 6 đông đúc dân cư, đáp ứng yêu cầu chỉnh trang đô thị, phù hợp với định hướng lên đô thị loại I của thành phố.

PA. 1 giá trị xây dựng thấp hơn PA. 2, kết cấu truyền thống, có nhiều kinh nghiệm thi công. Tuy nhiên đơn giản, yếu tố thẩm mỹ không được cao và thời gian thi công lâu, trong quá trình thi công có thể gây rung chấn, nứt nhà dân nhất là khu vực phường 6 nhà cửa đông đúc và lớp bùn mỏng dễ gây rung chấn.

Từ phân tích trên đề nghị áp dụng kết cấu PA. 2: Kết cấu kè tường góc BTCT (K0 ÷ K0+970) kết hợp kè tường cừ DUL (K0+970÷K1+674).



#### 4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu chỉ ra nguyên nhân gây ra sạt lở khu vực nghiên cứu là do đất yếu (lớp bùn khá dày  $8 \div 29$  m), tương tác giữa dòng chảy và lòng dẫn, sóng va đập bờ sông (do gió và tàu thuyền), gia tải lên mép bờ sông, hình thái sông công dòng chủ lưu áp sát bờ sông:

- + Lưu tốc thực tế lớn hơn vận tốc khởi động của bùn cát cấu tạo lòng dẫn;
- + Dòng chảy hướng vào bờ ảnh hưởng tới cơ chế xói lở;
- + Dòng chảy có lưu tốc, lưu lượng lớn gấp nhiều lần mùa kiệt. Mùa mưa đất ngập lâu trong nước sẽ bị giảm tính chất cơ lý đất bề mặt, gia tăng trọng lượng bản thân khối đất lở gây xói lở;
- + Dòng chảy giảm hàm lượng chất lơ lửng,
- + Tác động của áp lực sóng, mái bờ sông bị phá vỡ kết cấu;
- + Gia tải lên mép bờ sông;
- + Mưa làm bão hòa khối đất bờ và phát sinh áp lực thấm....
- + Hình thái sông cong ảnh hưởng tới xói lở bờ:
- Trên cơ sở tính toán kỹ thuật, tính kinh tế và yếu tố mỹ quan, môi trường đề xuất lựa chọn PA.2, kết hợp kết cấu kè BTCT trên nền cọc và tường cừ DUL BTCT.

Kiến nghị: (1) Do thể sông cong, cần nghiên cứu chỉnh trị dòng chảy không áp sát bờ bằng biện pháp công trình như kè mỏ hàn...; (2) Thường xuyên theo dõi bình đồ lòng sông để có giải pháp ứng phó kịp thời; (3) Khuyến cáo người dân không gia tải lên mép bờ sông, không xây dựng công trình lấn ra sông, neo đậu tàu thuyền có trọng tải lớn...

Hạn chế nghiên cứu: Chưa đánh giá định lượng việc hạ thấp lòng dẫn lưu vực sông VCT; chưa đánh giá chi tiết việc giảm các chỉ tiêu cơ lý đất của đất ven sông khu vực nghiên cứu và chưa định lượng việc giảm hàm lượng chất lơ lửng trên sông VCT.

Hướng phát triển nghiên cứu: Đánh giá định lượng việc hạ thấp lòng dẫn lưu vực sông VCT; đánh giá chi tiết việc giảm các chỉ tiêu cơ lý [17] đất của đất ven sông khu vực nghiên cứu và định lượng việc giảm hàm lượng chất lơ lửng trên sông VCT.

**Lời cảm ơn:** Bài báo hoàn thành nhờ kết quả “Nghiên cứu kè phòng, chống sạt lở bờ sông VCT đoạn từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại TP. Tân An, T. Long An” do Cty.TNHH. tư vấn XD. Cao Khoa thực hiện năm 2022.

**Lời cam đoan:** Tác giả cam đoan bài báo này là công trình nghiên cứu của tác giả, chưa từng được công bố, không sao chép các nghiên cứu trước đây.

#### Tài liệu tham khảo

1. Huệ, V.H. Đánh giá ổn định bờ sông Cổ Chiên, tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2023, 752, 12–28.
2. Huệ, V.H. Giải pháp công trình khắc phục sạt lở cồn Thanh Long. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* 2023, 754, 26–43.
3. Dự án: Kè phòng, chống sạt lở bờ sông VCT. đoạn từ Rạch Góc đến đường Phan Văn Lại TP. Tân An, T. Long An. Công ty TNHH. tư vấn XD. Cao Khoa, 2022.
4. Hùng, L.M.; Sãn, Đ.C. Xói lở bờ sông Cừ Long và giải pháp phòng tránh cho các khu vực trọng điểm. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, TP. HCM, 2002.
5. Bích, L.N. và cs. Điều tra biến đổi lòng dẫn hệ thống sông Cừ Long, hạ du sông Đồng Nai - Sài Gòn và định hướng giải pháp kỹ thuật phòng chống sạt lở giảm nhẹ thiên tai trên sông Cừ Long, 1995-1998.
6. Hùng, L.M. và cs. Nghiên cứu dự báo xói lở-bồi lắng lòng dẫn và đề xuất các biện pháp phòng chống cho hệ thống sông ở ĐBSCL. Báo cáo đề tài cấp nhà nước KC.08.15. Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam, 2004.
7. Lareal, P. và cs. Công trình trên đất yếu trong điều kiện Việt Nam. Công trình hợp tác Việt - Pháp FST No 4282901, 1989.
8. Hậu, L.P. Nghiên cứu các giải pháp KHCN cho hệ thống công trình chỉnh trị sông

- trên các đoạn trọng điểm vùng đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ. Đề tài KC08-14/06-10, 2010.
9. Chương, L.T. Đánh giá thực trạng sạt lở bờ sông Tiền đoạn chảy qua địa phận tỉnh Tiền Giang khu vực đầu cồn Tân Phong huyện Cai Lậy và đề xuất giải pháp phòng chống, khắc phục. Viện KHTL miền Nam, 2014.
  10. Hùng, L.M. Nghiên cứu ảnh hưởng hoạt động khai thác cát đến thay đổi lòng dẫn sông Cửu Long (sông Tiền, sông Hậu) và đề xuất quản lý, quy hoạch khai thác cát, ĐTĐL.2010T/29. Viện KHTL miền Nam, 2010-2013.
  11. Linh, D.D. và cs. Mô phỏng khả năng giảm sóng của kè cọc ly tâm bằng mô hình Flow-3D. *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng* **2023**, 13(04). <https://doi.org/10.54772/jomc.04.2023.537>.
  12. Khoa, H.Đ. Quan trắc diễn biến đường bờ Cù lao Dung bằng công nghệ phân tích ảnh viễn thám. *Tạp chí Vật liệu và Xây dựng* **2023**, T.13S.02.
  13. Kixêlep, P.G. và cs. Sổ tay tính toán thủy lực. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội, 1984.
  14. TCVN 8419:2010. Công trình thủy lợi - Thiết kế công trình bảo vệ bờ sông để chống lũ.
  15. Ân, C.N. Nền móng. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP HCM, 2002.
  16. Whitlow, R. Cơ học đất (Tập 1, 2). Nhà xuất bản Giáo dục, Hà Nội, 1999.
  17. Hậu, L.P. Động lực học dòng sông, Trường đại học Xây dựng Hà Nội, 1992.
  18. Đề tài cấp Nhà nước “Nghiên cứu các giải pháp Khoa học - Công nghệ để điều chỉnh và ổn định các đoạn sông có cù lao đang diễn ra biến động lớn về hình thái trên sông Tiền, sông Hậu” Viện Khoa học Thủy lợi Miền Nam.
  19. Trí, Đ.Q. Ứng dụng mô hình Mike 11 mô phỏng và tính toán xâm nhập mặn cho khu vực Nam bộ. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2016**, 671, 39–46.
  20. TCVN 9902:2016. Công trình Thủy lợi - yêu cầu thiết kế đê sông (Bảng 2).
  21. Quỳnh, H.N.N.; Khôi, Đ.N.; Hoài, H.C.; Bầy, N.T. Ứng dụng viễn thám và Gis đánh giá biến động đường bờ sông Tiền và sông Hậu. *Tạp chí Khí tượng Thủy văn* **2018**, 690, 12–22.
  22. TCXDVN 285:2002. Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế.

## Construction solutions prevents erosion on Vam Co Tay riverbank

Van Huu Hue<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Mien Tay Construction University; huuhuevan@gmail.com

**Abstract:** Currently, the riverbank instability leads to erosion occurring in many places in the Mekong Delta for many different reasons, including the riverbank erosion of the Vam Co Tay River section from Rach Goc to Phan Van Lai Street, Tan An City, Long An Province. The article studies the mainstream close to the riverbank, contribute to clarify the causes of instability in order to protect the political, cultural, and socio-economic center of the Tan An City. The study conducted surveys and evaluated geology, flow velocity, riverbed morphology, and riverbed maps in combination with survey and statistical methods, Plaxis, Geo 5, and Mike 11, Mike 21 software; from there, the study identify the main causes of riverbank instability such as river morphology, mainstream close to the riverbank, riverbank loading, transferring mud and sand and propose structural solutions to protect the study area.

**Keywords:** The mainstream close to the riverbank; Stabilize Vam Co Tay riverbank; Riverbank stabilization; Erosions in Mekong Delta.