

Phân tích và mô phỏng các yếu tố tác động gây mất ổn định kè sông Cần Thơ bằng plaxis 2D

Analysis and simulation of instability-causing factors in Cần Thơ river embankment using plaxis 2D

> **LÊ BẢO QUỐC**

Khoa Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng Miền Tây; Email: lebaoquoc@mtu.edu.vn

TÓM TẮT

Sạt lở bờ sông do nhiều yếu tố tác động làm mất ổn định trượt gây thiệt hại về người, kết cấu công trình và cơ sở hạ tầng. Đặc biệt những năm gần đây, khu vực Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) thường xuyên xảy ra sạt lở rất nghiêm trọng. Để đánh giá các yếu tố tác động ảnh hưởng đến công trình bảo vệ bờ, ngoài các tác động của sóng, dòng chảy... còn có các tác động do tải trọng ngoài gây ra do công người khi khai thác công trình. Tác giả mô phỏng bài toán các tải trọng ngoài do con người gây ra mất ổn định bờ sông, từ đây đề xuất giải pháp để kết cấu công trình bảo vệ bờ bền vững ổn định bằng phần mềm Plaxis 2D.

Từ khóa: Hệ số ổn định; ổn định bờ; phân tử hữu hạn; plaxis.

ABSTRACT

The riverbank erosion, caused by various influencing factors, leads to instability and damage to human lives, structures, and infrastructure. Particularly in recent years, the Mekong Delta region has frequently experienced severe riverbank erosion. To assess the factors affecting the protective structures of the riverbanks, in addition to the impacts of waves and currents, there are also influences from external loads generated by human activities during construction and operation. The author simulates the problem of external loads caused by human activities leading to riverbank instability and proposes solutions for the sustainable stability of riverbank protection structures using the Plaxis 2D software.

Keywords: Coefficient of stability; erosion protection; finite element; plaxis.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

TP Cần Thơ thuộc khu vực ĐBSCL có diện tích 1.439,2 km² là thành phố trực thuộc trung ương, lớn thứ tư của nước Việt Nam. Thực trạng những năm gần đây, TP Cần Thơ có trên 100 vị trí có

nguy cơ sạt lở cao với tổng chiều dài khoảng 52,7 km đang diễn biến phức tạp. Nhằm để bảo vệ bờ sông, khu đô thị nên xây dựng tuyến kè trên sông Cần Thơ đồng thời tốn kém nguồn kinh phí rất lớn cho việc hỗ trợ di dời, tái định cư đối với những hộ dân ở vùng nguy hiểm, dọc theo bờ sông. Tính thời sự, tác giả khảo sát điển hình đoạn kè bảo vệ bờ trái sông Cần Thơ, dài khoảng 5 km từ cầu Cái Răng đến cầu Quang Trung thuộc quận Cái Răng - TP Cần Thơ (Hình 1) đánh giá ổn định kè đoạn sông Cần Thơ.



Hình 1. Khu vực nghiên cứu, tuyến kè sông Cần Thơ (nguồn: google map)

Vấn đề nghiên cứu về hình thái cơ học của việc sạt lở bờ sông, nguyên nhân tác động đã được nhiều nhà khoa học nghiên cứu; mỗi nhà khoa học có giải pháp khác nhau như nhóm tác giả Lê Bá Vinh và cộng sự (2012) mô phỏng hiện trạng bờ sông, đo đạc hiện trường về sạt lở cho thấy vùng cửa sông có nguy cơ sạt lở cao hơn những vùng bên trong của bờ sông Ngã Bảy tỉnh Hậu Giang theo mô hình GIS và MIKE. Tác giả Cù Ngọc Thắng và CTV. (2018) nghiên cứu một số giải pháp công nghệ mới theo hướng công trình mềm, sinh thái, thân thiện với môi trường, được đề xuất áp dụng trong công tác bảo vệ bờ chống sạt lở, đê chắn sóng, các công trình chống xói lở ven biển, ven sông... Đinh Công Sơn (2019) đã đánh giá nguyên nhân gây hư hỏng các công trình kè, ưu điểm và những mặt còn hạn chế, mức độ ổn định và đề xuất phương án khắc phục sự cố có thể xảy ra cho các công trình bảo vệ bờ quan trọng được xây dựng trong những năm qua trên hệ thống sông Cửu Long và hệ thống sông Đồng Nai-Sài Gòn.

Một phương pháp đơn giản nhưng chính xác để phân tích độ ổn định của kè và sườn dốc được Sarma et al. (1975) phát triển để xác định gia tốc động đất cần thiết của khối đất, được giới hạn bởi một đường trượt có hình dạng bất kỳ và bề mặt tự do, đến trạng thái giới hạn cân bằng. Đồng thời, yếu tố an toàn thông thường có thể được xác định dựa trên nguyên tắc trạng thái cân bằng tới hạn và phương pháp lát. Sự phân bố nội lực đã xác định phụ thuộc vào hình dạng của đập và bề mặt trượt cũng như độ bền của vật liệu.

Erban et al. (2014) trình bày mối quan hệ giữa việc khai thác nước dưới đất đến lún bề mặt cũng tác động của nước biển dâng lên chuyển vị của mặt đất; cảnh báo rằng ĐBSCL đã và đang đối diện với nguy cơ sụt lún, mỗi năm ĐBSCL bị sụt lún khoảng 2 - 4 cm. Việc khai thác nước dưới đất là nguyên nhân chính gây ra sụt lún bề mặt, đặc biệt trong vùng gần biển thì ảnh hưởng của nước biển dâng càng nghiêm trọng.

Ngoài ra, một số nghiên cứu thực nghiệm đã được tiến hành bởi Arvin et al. (2012) đã thực hiện nghiên cứu về hiện tượng sụt lún bờ sông Brahmaputra ở Ấn Độ đưa ra nhiều nguyên nhân gây nên hiện tượng sụt lún. Nhóm nghiên cứu đã giải quyết bài toán cho tất cả các biến liên quan.

2. KHU VỰC NGHIÊN CỨU

Khảo sát đoạn kè bảo vệ bờ trái sông Cần Thơ từ cầu Cái Răng đến cầu Quang Trung thuộc quận Cái Răng - TP Cần Thơ, dài khoảng 5 km có các số liệu môi trường trình bày Bảng 1.

Bảng 1. Các tham số môi trường đất nền khu vực nghiên cứu

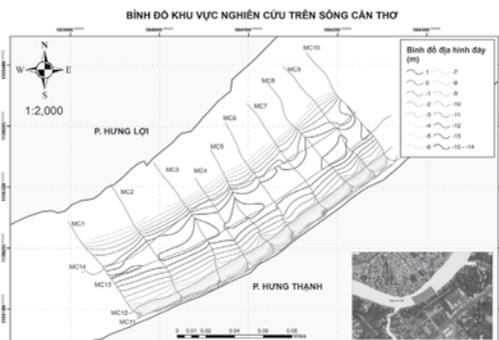
Tên lớp đất	γ_{tn}	c	ϕ	E
	(kN/m^3)	(kPa)	(độ)	(kPa)
Đắp cát	19,0	0	30	10.000
Lớp đất 1	15,7	5,8	5	1.547
Lớp đất 1b	16,8	6,7	5,3	1.787
Lớp đất 2a	18,3	21	14	5.600
Lớp đất 2	19,1	38	15,44	10.130

Các tham số về thủy văn được nhóm tác giả thực hiện thí nghiệm đo đạc hiện trường đoạn sụt lún sông Cần Thơ bằng thiết bị quan trắc lưu lượng nước ADCP, kết quả thể hiện theo các bình đồ.



Hình 2. Đo đạc hiện trường bằng máy ADCP (tháng 5 năm 2020)

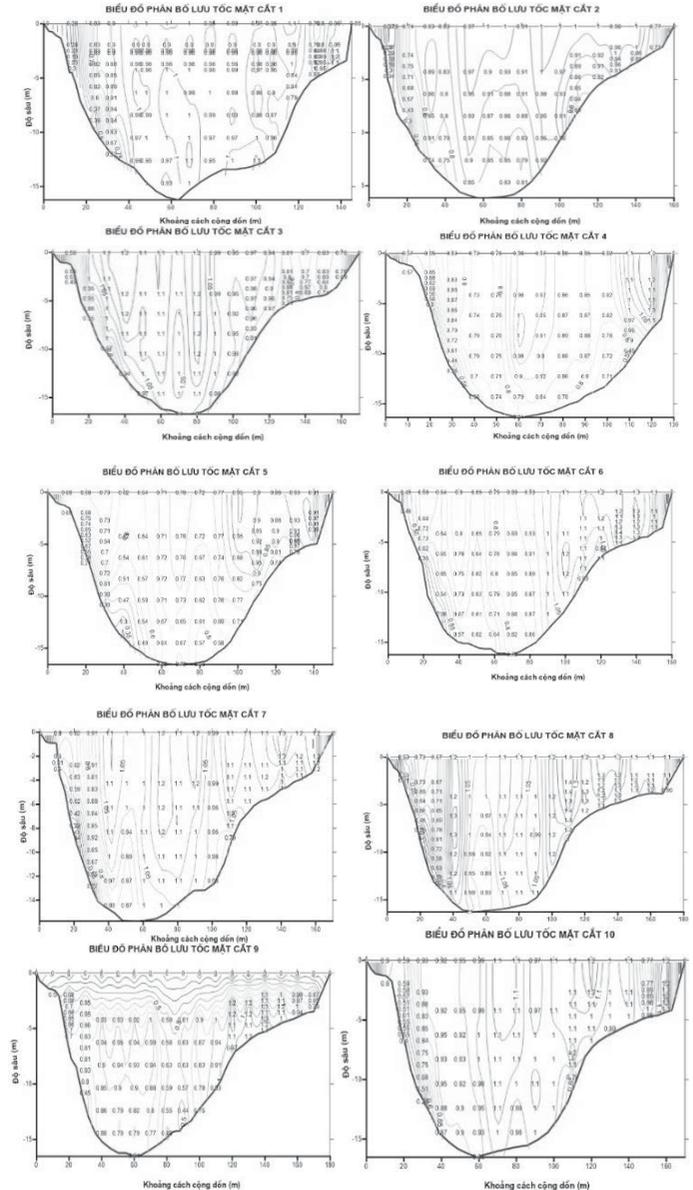
Các tham số về thủy văn được nhóm tác giả thực hiện thí nghiệm đo đạc hiện trường đoạn sụt lún sông Cần Thơ bằng thiết bị quan trắc lưu lượng nước ADCP, kết quả thể hiện theo các bình đồ.



Hình 3. Bình đồ khu vực vị trí nghiên cứu sông Cần Thơ

Các tham số về thủy văn được nhóm tác giả thực hiện thí nghiệm đo đạc hiện trường đoạn sụt lún sông Cần Thơ bằng thiết bị quan trắc lưu lượng nước ADCP, kết quả thể hiện theo các bình đồ.

Các mặt cắt được xuất từ kết quả đo đạc máy ADCP thể hiện Hình 4.



Hình 4. Bình đồ phân bố lưu tốc tại các vị trí khảo sát

Các mặt cắt được xuất từ kết quả đo đạc máy ADCP thể hiện Hình 4. Qua quá trình đo thực tế, tìm được vận tốc dòng chảy, các vị trí xói sâu, hướng xói vào bờ phía Cái Răng, chiều sâu mái dốc chằm, thẳng đứng nhằm xác định vị trí cần nghiên cứu.

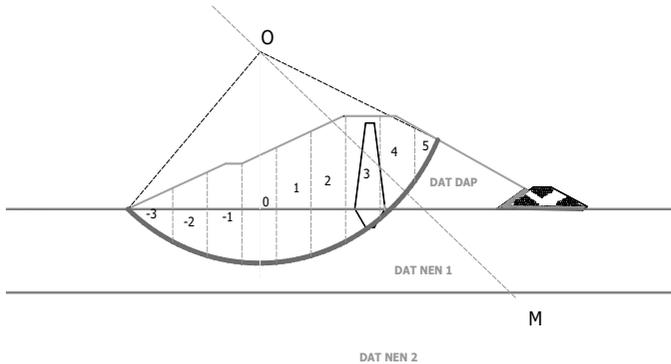
3. PHƯƠNG PHÁP TÍNH

3.1. Phương pháp giải tích

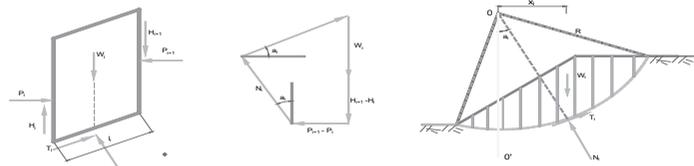
Thực tế có nhiều phương pháp giải tích được các nhà khoa học đề xuất như phương pháp cân bằng lực và momen. Phương pháp phân tích ổn định mái dốc được K.E.Petterson đề xuất đầu tiên năm 1916, sau đó được các nhà khoa học Terzaghi, Fellenius, Bishop, E.Spencer, Morgenstern-Price, Janbu,...tiếp tục phát triển và được ứng dụng rộng rãi trên thế giới. Mỗi nhà khoa học đề xuất các phương trình cân bằng khác nhau, chủ yếu xét mối quan hệ giữa các lực tương tác giữa các mảnh. Khác nhau của các phương pháp chủ yếu các thông số đầu vào khi tính toán như trọng lượng thể tích (γ_{tn}), lực dính đơn vị (c), góc nội ma sát (ϕ) và hệ số thấm

của đất có thể được xác định bằng những thí nghiệm kinh điển trong cơ học đất.

Phương pháp A. W. Bishop đơn giản (1955), là phương pháp phân mảnh giả sử mặt trượt trụ tròn xảy ra với tâm trượt O, bán kính R. Chia cung trượt thành n mảnh có bề rộng mỗi mảnh là bi (chọn bề rộng các mảnh bằng nhau để đơn giản tính toán). Khi phân tích tính ổn định mái đất, trước hết giả định nhiều cung trượt khác nhau, sau đó tính các hệ số ổn định FS tương ứng. Cung trượt ứng với hệ số ổn định bé nhất trong số các hệ số tính được nói trên sẽ là cung trượt nguy hiểm nhất Hình 5.



Hình 5. Mặt cắt tính toán ổn định đập



Hình 6. Mặt cắt phân mảnh tính toán

Theo các chỉ tiêu cơ lý của đất nền khu vực nghiên cứu, và các giả thuyết:

- + Mặt trượt là mặt trụ tròn tâm O bán kính R;
- + Xét các lực tương tác giữa các mảnh tức là $P_i, H_i \neq 0$ (Hình 6);
- + Điểm đặt N tại trung điểm đáy mảnh.

Hệ số ổn định FS là như nhau đối với các thỏi và xem là hệ số ổn định

Bảng 2. Các thông số mô hình tính toán

	Lớp đất	Đắp cát	Bê tông	Lớp đất 1	Lớp đất 1b	Lớp đất 2a	Lớp đất 2
Thông số							
Mô hình		Morh-Coulomb	Linear elastic	Morh-Coulomb	Morh-Coulomb	Morh-Coulomb	Morh-Coulomb
Loại		Drained	Non-porous	Undrained	Undrained	Undrained	Undrained
γ_{unsat} (kN/m ³)		19	24	15,7	16,8	19,1	18,3
γ_{sat} (kN/m ³)		19	-	15,7	16,8	19,1	18,3
E (kPa)		1E+04	3E+07	1547	1787	1,013E+04	5600
C_{ref} (kPa)		1	-	5,8	6,7	38	21
φ (độ)		30	-	0	5,3	15,44	14

4. KẾT QUẢ VÀ NHẬN XÉT

Kết quả phân tích theo phương pháp số tương ứng tại các vị trí khảo sát cho thấy các hệ số an toàn được trình bày Bảng 3.

Bảng 1. Bảng kết quả hệ số an toàn tương ứng các vị trí khảo sát

	Các vị trí khảo sát	MC 1-1	MC 5-5	MC 10-10
Đất tự nhiên		0,970	0,981	0,992
Đất có công trình không gia tải		1,150	1,171	1,162
Đất có công trình có tải trọng ngoài 14 kPa		1,021	1,006	1,020
Đất có công trình gia cố thêm rọ đá		1,242	1,266	1,217

$$FS = \frac{\sum c_i l_i + [(W_i + H_{i+1} - H_i) \cos \alpha_i - (P_{i+1} - P_i) \sin \alpha_i] \tan \varphi_i}{\sum W_i \sin \alpha_i} \quad (1)$$

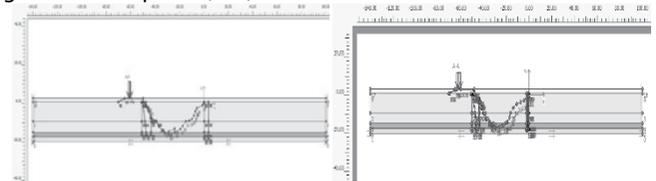
Trong đó: Fs là hệ số ổn định trượt; ci là lực dính đơn vị; li là chiều dài đáy mảnh; Wi là trọng lượng mảnh đất thứ i; phi là góc nội ma sát; alpha_i là góc hợp bởi phương tiếp tuyến cung trượt tại tâm đáy mảnh thứ i với mặt phẳng nằm ngang; Hi là lực đứng (tiếp tuyến) tương tác tại mặt bên trái mảnh đất; Hi+1 là lực đứng (tiếp tuyến) tương tác tại mặt bên phải mảnh đất; Pi+1- lực ngang (pháp tuyến) tương tác tại mặt bên phải mảnh đất và Pi- lực ngang (pháp tuyến) tương tác tại mặt bên trái mảnh đất.

Phương pháp Bishop đơn giản khi bỏ qua hiệu số lực ma sát ở hai bên của mảnh đất, tức là $H_{i+1} - H_i = 0$. Sẽ nhận được:

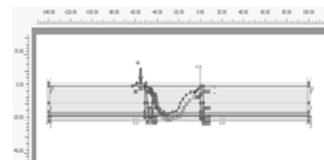
$$FS = \frac{\sum (c_i l_i + [W_i \cos \alpha_i - (P_{i+1} - P_i) \sin \alpha_i] \tan \varphi_i)}{\sum W_i \sin \alpha_i} \quad (2)$$

3.2. Phương pháp số

Phương pháp PTHH ngày nay được ứng dụng mạnh trong các bài toán địa kỹ thuật, nhóm tác giả ứng dụng phần mềm thương mại Plaxis để đánh giá ổn định mái dốc bờ sông của khu vực nghiên cứu. Các thông số đầu vào được trình bày trong mục 2, và Bảng 2. Nhóm tác giả tính toán tại khu vực nghiên cứu kè sông Cần Thơ đoạn giữa cầu Hưng Lợi và cầu Cái Răng tương ứng các trường hợp mái đất tự nhiên, xây dựng kè gia cố và chịu tác động tải trọng ngoài bên trên p=14 (kPa).



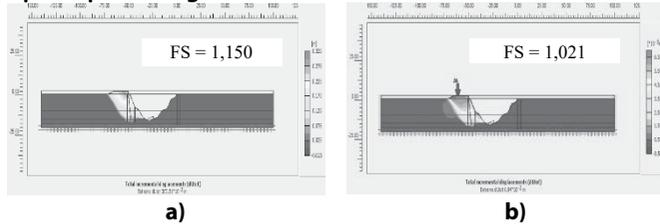
Hình 7. Mô hình khai báo mặt cắt 1-1 và 5-5



Hình 8. Mô hình khai báo mặt cắt 10 (Plaxis 2D)

Nhận xét: Hệ số an toàn (FS) của mái dốc bờ sông trường hợp chưa xây dựng kè tương đối bé, nhỏ hơn hệ số an toàn ổn định FS = 1,15 theo QCVN-04-05:2012/BNNPTNT nên gây mất ổn định. Khi xây dựng kè hệ số an toàn lớn hơn 1,15 nhưng khi đưa vào khai thác sử dụng có tuyến đường bên trên công trình kè do nhu cầu giao thông đi lại và công trình nhà dân xây dựng sau kè... gây tăng thêm tải trọng ngoài 14kPa tác động ảnh hưởng đến hệ số ổn định trượt và gây mất ổn định. Nhằm để ổn định và an toàn khai thác công trình lâu dài tác giả mô phỏng kết hợp rọ đá mái dốc bờ cho thấy hệ số an toàn FS > 1,15. Vì vậy, công trình ổn định.

Vị trí mặt cắt sông số 1-1

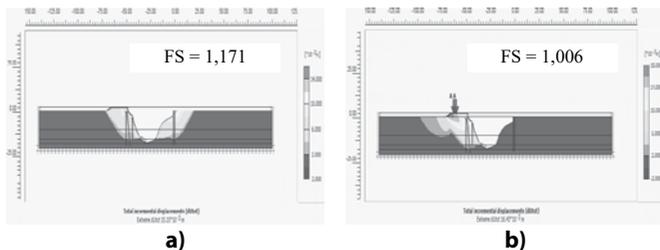


Hình 9. a) Vùng phá hoại đất có công trình kè; b) Trường hợp có tải trọng ngoài 14 kPa



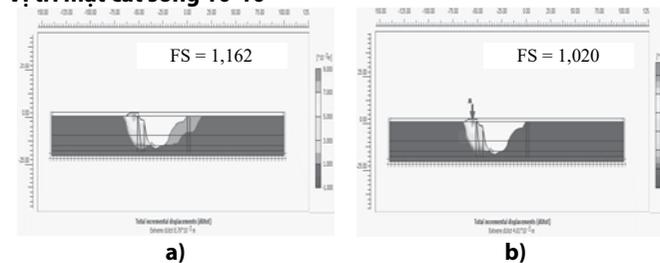
Hình 10. Vùng phá hoại đất khi công trình có tải trọng ngoài 14 kPa kết hợp gia cố rọ đá

Vị trí mặt cắt sông số 5-5

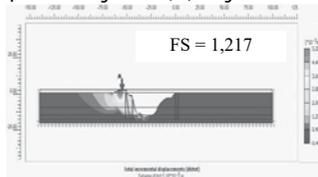


Hình 11. a) Vùng phá hoại đất có công trình kè; b) công trình kè có tải trọng ngoài 14 kPa

Vị trí mặt cắt sông 10-10



Hình 12. a) Vùng phá hoại đất có công trình kè; b) công trình kè có tải trọng ngoài 14 kPa.



Hình 13. Vùng phá hoại đất công trình kè có tải trọng ngoài 14 kPa và được gia cố rọ đá
Kết quả theo mô phỏng của phần mềm Plaxis trình bày trên cho thấy kết cấu kè và mái kè chịu các tác động của dòng chảy, sóng, áp lực nước và áp lực dòng thấm; mái kè bằng cấu kiện bê

tông lắp ghép tự chèn chưa ổn định cao cần kết hợp thảm rọ đá (2x5x0,3) m bảo vệ bờ sông, tăng độ ổn định.

5. KIẾN NGHỊ

Theo hồ sơ địa chất tại vị trí nghiên cứu, công trình kè xây dựng trên nền đất tương đối yếu có hệ số ổn định thấp đối với công trình kè cấp III, chịu tác động bởi các yếu tố gây ảnh hưởng đến bờ sông như dòng chảy, hướng xoáy vào bờ tạo xói lở, sóng do tàu, ghe; đồng thời chênh lệch giữa mực nước max và mực nước min tương đối lớn (>2,5 m) gây mất ổn định kè sông. Ngoài ra, kết hợp tải trọng ngoài do con người gây ảnh hưởng đến hệ số ổn định;

Qua mô phỏng thông qua phương pháp số, kiến nghị ngoài xây dựng kè kết hợp giải pháp rọ đá để tăng độ ổn định công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Arvind P., Rajib G., Deva B., Ananta N., & Chandan M., (2012). *The Clarion: Multidisciplinary International Journals*, Volume I Number I. PP 1-7 The Clarion ISSN: 2277-1697.
- [2]. Bùi Trọng Vinh and Nguyễn Hải Trường, 2012. *Erosion mechanism of Nga Bay riverbanks, Ho Chi Minh city, Vietnam*. ASEAN Engineering Journal Part C, Vol 3 No 2, ISSN 2286-8150 p.1
- [3]. Cù Ngọc Thắng, Châu Nguyễn Xuân Quang và Trịnh Công Ván, 2018. *Giải pháp bảo vệ bờ sông, kênh rạch đồng bằng sông Cửu Long theo hướng công trình mềm, sinh thái, thân thiện với môi trường*. Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ, trang: 67-70.
- [4]. Đinh Công Sản, 2009. *Điều tra đánh giá các công trình bảo vệ bờ trên hệ thống sông Cửu Long và Sài Gòn - Đồng Nai*. Báo cáo tổng kết đề tài cấp bộ, Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam.
- [5]. Erban, L.E., Steven M.G., and Howard A.Z., (2014). *Groundwater extraction, land subsidence, and sea-level rise in the Mekong Delta*, Vietnam Environmental Research Letters 9(8).
- [6]. Kathrin S., Michael S.r, Jochen K. and Lars S., (2018). *River bank stabilisation by bioengineering: potentials for ecological diversity*. Journal of Applied Water Engineering and Research, 2018 Vol. 6, No. 4, 262–273.
- [7]. Lê Mạnh Hùng và Trần Bá Hoàng, 2017. *Sạt lở bờ hệ thống sông vùng ĐBSCL và những đóng góp của KH&CN vào việc phòng chống giảm nhẹ thiệt hại*. Tạp chí khoa học công nghệ Việt Nam, số 9 năm 2017.
- [8]. Lê Mạnh Hùng, Nguyễn Duy Khang và Lê Thanh Chương, 2015. *Xói lở, bồi tụ bờ biển Nam Bộ từ TP.HCM đến Kiên Giang - Nguyên nhân và các giải pháp bảo vệ*. Tạp chí Khoa học & Công nghệ Thủy lợi, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam.
- [9]. Lê Văn Tuấn. *Đề xuất ứng dụng một số công nghệ mới vật liệu mới trong các công trình bảo vệ bờ biển khu vực đồng bằng sông Cửu Long*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy Lợi.
- [10]. Md. S.I., (2008). *River bank erosion and sustainable protection strategies*, Fourth International Conference on Scour and Erosion.
- [11]. QCVN 04 - 05: 2012/BNNPTNT, Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia Công trình Thủy lợi - Các Quy định Chủ yếu về Thiết kế.
- [12]. Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia: QCVN 04 - 05: 2012/BNNPTNN.
- [13]. Sarma, S. K., 1975. *Stability analysis of embankments and slopes*. Geotechnique, 25(4), 743–761.
- [14]. Tổng công ty Hàng hải Việt Nam, Công ty CP Tư vấn xây dựng công trình Hàng hải, chi nhánh TP.HCM, 2010. *Thuyết minh thiết kế bản vẽ thi công, dự án kè sông Cần Thơ*.