

MỘT SỐ TIÊU CHÍ LỰA CHỌN HÌNH THỨC KÈ BẢO VỆ BỜ KÊNH CÁI CÔN TỈNH HẬU GIANG THEO ĐIỀU KIỆN PHÁT TRIỂN HẠ TẦNG GIAO THÔNG ĐƯỜNG BỘ

Nguyễn Phương Dung

Trường Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Nhiều yếu tố bất lợi đến ổn định đường bờ sông khu vực đồng bằng Sông Cửu Long đã đặt ra yêu cầu cấp thiết phải có một hệ thống các tiêu chí lựa chọn hình thức bảo vệ kè hợp lý, thỏa mãn các yêu cầu về kỹ thuật và kinh tế. Nghiên cứu này đã tiến hành phân tích một số yếu tố quan trọng trong quá trình lựa chọn hình thức kè cho công trình bảo vệ bờ kênh Cái Côn, tỉnh Hậu Giang theo mức độ phát triển hạ tầng giao thông đường bộ. Bằng cách sử dụng phương pháp phân tích các tiêu chí kỹ thuật, môi trường và kinh tế, các tác giả đề xuất một khung tiêu chí giúp quyết định lựa chọn hình thức kè phù hợp với các điều kiện cụ thể của kênh Cái Côn, đóng góp vào việc cải thiện vấn đề ổn định bờ kênh và phát triển hạ tầng đô thị bền vững trong khu vực. Nghiên cứu này cũng cung cấp một ví dụ điển hình về chọn lựa hình thức kè trên sông lớn và mang đặc điểm địa chất đặc trưng tại khu vực đồng bằng Sông Cửu Long.

Từ khóa: Sạt lở bờ sông, công trình bảo vệ bờ, kè bảo vệ bờ, đồng bằng Sông Cửu Long.

Summary: Many adverse factors affecting the stability of riverbanks in the Mekong Delta region have posed an urgent need for a system of criteria to select the appropriate form of embankment protection, satisfying the technical and economic requirements. This study conducted an analysis of some important factors in the process of choosing the form of embankment for the canal bank protection project in Cai Con, Hau Giang province according to the level of road infrastructure development. By using the method of analyzing the technical, environmental, and economic criteria, the authors propose a framework of criteria to help decide the selection of the suitable embankment form for the specific conditions of the Cai Con canal, contributing to improving the issue of canal bank stability and developing sustainable urban infrastructure in the region. This study also provides a typical example of choosing the form of embankment on large rivers and having the geological characteristics of the Mekong Delta region.

Keywords: Riverbank erosion, riverbank protection works, riverbank embankment, Mekong Delta.

1. SẠT LỞ BỜ SÔNG TẠI VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG CỬU LONG VÀ GÓC NHÌN CỤ THỂ TỪ CÔNG TRÌNH BẢO VỆ BỜ KÊNH CÁI CÔN

Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) bắt đầu hình thành cách đây hơn 7000 năm và đến 2000 năm gần đây mới hình thành hình dạng như ngày nay [1]. Đặc điểm nền địa chất của

khu vực này yếu, có chiều dày lớn và có nguồn gốc từ trầm tích sông, biển và đầm lầy. Theo số liệu thống kê năm 2021, tại ĐBSCL có khoảng 17,3 triệu cư dân, chiếm 17,9% cả nước Việt Nam [2], với tập quán sinh sống từ lâu đời của cư dân ĐBSCL là xây nhà ven sông để thuận tiện di chuyển bằng tàu thuyền nhỏ trong sinh hoạt hàng ngày. Theo thời gian, cư dân sinh sống ven sông càng nhiều, cùng với việc xây dựng thêm nhà cửa kiên cố và đường dân sinh ven bờ. Ảnh hưởng từ tải trọng các công trình dân sinh đến ổn định mái bờ là

Ngày nhận bài: 27/02/2024

Ngày thông qua phản biện: 13/3/2024

Ngày duyệt đăng: 08/4/2024

rất lớn. Tình trạng sạt lở bờ sông tại khu vực ĐBSCL đang ở mức báo động với 585 điểm, dài trên 741 km (Hình 1), trong đó có 87 điểm với 135 km thuộc nhóm đặc biệt nguy hiểm - ảnh hưởng trực tiếp đến khu dân cư, hạ tầng quan trọng dù được bảo vệ bởi đê và công trình bảo vệ bờ [3], [4]. Vấn đề sạt lở bờ sông tại ĐBSCL nói chung được đề cập khá nhiều trong Đề án chiến lược quốc gia phòng chống thiên tai đến năm 2030, tầm nhìn 2050 [5]. Cùng lúc đó, theo định hướng phát triển kinh tế đến năm 2050, ĐBSCL nỗ lực trở thành trung tâm sản xuất công nghiệp và logistics của vùng nên yêu cầu về hạ tầng giao thông trên địa bàn là rất cấp thiết [6].

Sạt lở bờ sông, kênh, rạch tập trung ở các tỉnh đầu nguồn như An Giang, Đồng Tháp, và các khu vực chuyển tiếp giữa vùng chịu ảnh hưởng của triều và thượng nguồn như Cần Thơ, Tiền Giang, Vĩnh Long, đến ven biển như Cà Mau, Sóc Trăng. Theo các chuyên gia, từ năm 1992

đến nay, sạt lở thoát ra khỏi quy luật tự nhiên và ngày càng tăng cấp. Trong đó, Hậu Giang là một tỉnh tiếp giáp với sông Hậu và có nhiều sông, kênh lớn (sông Cái Lớn, sông Cái Bé, kênh Xà No, kênh Mái Dầm,...), chịu ảnh hưởng của dòng chảy, biên độ của thủy triều rất lớn, nhất là vào mùa mưa, lũ. Hiện trong tỉnh còn rất nhiều hộ dân xây cất nhà và sinh sống cấp bờ sông nên những tai nạn do thiên tai sạt lở bờ sông gây ảnh hưởng đến tính mạng, tài sản, điều kiện sản xuất và sinh hoạt của người dân là không tránh khỏi. Tính đến cuối tháng 08/2020, toàn tỉnh Hậu Giang xảy ra 45 điểm sạt lở [3]. Tổng chiều dài các điểm sạt lở trên 1.100m với diện tích mất đất bờ sông hơn 6.000 m². Mặc dù tỉnh Hậu Giang đã triển khai nhiều giải pháp xử lý để phòng, chống nhưng vẫn không ngăn được tình trạng sạt lở tại nhiều điểm, cụ thể hiện nay có 60 điểm sạt lở đặc biệt nguy hiểm, với tổng chiều dài trên 20km cần tập trung xử lý [3].



a. Sạt lở đoạn bờ kè sông Tiền khu vực chợ Bình Thành, tỉnh Đồng Tháp
(Kè mái nghiêng)



b. Sụt lún, sạt lở đoạn kè kênh Thanh Đa, TP Hồ Chí Minh
(Kè tường đứng kết hợp mái nghiêng)

Hình 1: Một số hình ảnh sạt, sụt công trình bảo vệ bờ điển hình [3]

Kênh Cái Côn là một trong các tuyến giao thông thủy quan trọng của tỉnh Hậu Giang đồng thời là cửa ngõ giao thương từ sông Hậu vào trung tâm Ngã Bảy. Theo thông tư số 46/TT-BGTVT và Quyết định số 16/2016/QĐ-UBND tỉnh Hậu Giang, Kênh Cái Côn có quy mô kênh cấp III, chiều rộng luồng chạy tàu là

35m, hành lang bảo vệ luồng tối thiểu là 15m mỗi bên. Giao thông thủy tại đây gần như đảm nhận vận chuyển toàn bộ khối lượng hàng hoá cho vùng, cùng với vận chuyển hành khách làm cho mật độ phương tiện qua lại tuyến kênh tại đây có mật độ rất lớn khoảng 1.000 lượt tàu/ngày [7]. Bờ Kênh Cái Côn khu vực thị

trấn Mái Dầm cũng không tránh khỏi quy luật tự nhiên đang diễn ra, tình hình sạt lở đang diễn biến phức tạp và khó lường. Để bảo vệ đất đai, tài sản và hạ tầng khu vực, UBND tỉnh Hậu Giang đã đầu tư xây dựng tuyến kè bảo vệ bờ chiều dài 425m với kinh phí 60 tỷ đồng. Tuy nhiên khu vực vẫn còn khoảng 850m sạt lở chưa được xử lý nên tình trạng sạt lở vẫn tiếp tục diễn ra [4].

Từ góc nhìn cấp thiết cung cấp giải pháp bảo vệ bờ sông, công trình gia cố gia cố bờ giảm thiểu tác động trực tiếp lên lòng dẫn, và tăng khả năng chống đỡ của nó mà không phá hoại kết cấu dòng chảy (giảm tốc độ, đổi phương hướng) được ưu tiên sử dụng trước mắt [8]. Tuy có giá trị phòng, chống và giảm tác động của dòng chảy hoặc ngoại lực tác động lên bờ sông nhưng công trình bảo vệ bờ sông được đánh giá là loại công trình phòng ngự, mang tính chất bị động [9]. Với yêu cầu bảo vệ khẩn cấp điểm sạt lở trên bờ Kênh Cái Côn đoạn vào Ngã Bày, các phương án kết cấu đã được đưa ra và đặt lên bàn cân để so sánh nhằm chọn ra giải pháp hài hòa nhất đảm bảo các tiêu chí về kỹ thuật, kinh tế và mỹ thuật. Bài viết xem xét yêu cầu về ổn định tổng thể và chuyển vị của công trình bảo vệ bờ sông theo những tiêu chuẩn kỹ thuật hiện hành của các phương án kết cấu khác nhau. Chúng được đánh giá tổng hòa trong những yêu cầu về mỹ quan đô thị, giải pháp thi công và giá thành công trình. Bài viết muốn hướng tới những trao đổi cởi mở từ thực tế áp dụng các dạng công trình bảo vệ bờ khác nhau tại vùng ĐBSCL nói chung và công trình tại kênh Cái Côn, Hậu Giang nói riêng nhằm đưa những tiêu chí đảm bảo khách quan và hiệu quả nhất cho nhiệm vụ bảo vệ bờ sông tại đây.

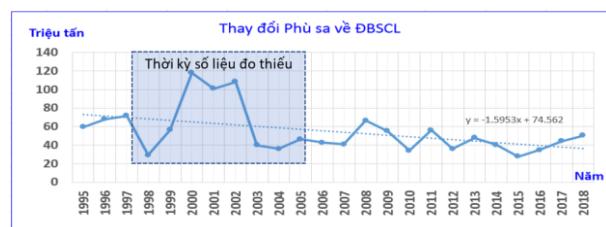
2. NHẬN ĐỊNH MỘT VÀI YẾU TỐ GÂY SẠT LỞ CÔNG TRÌNH BẢO VỆ BỜ TRÊN KÊNH CÁI CÔN

2.1. Yếu tố khách quan do đặc tính bờ, lòng sông

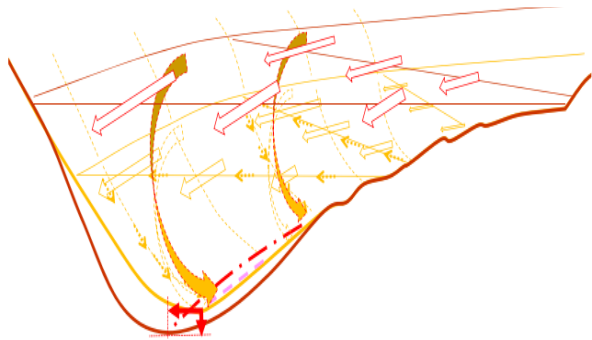
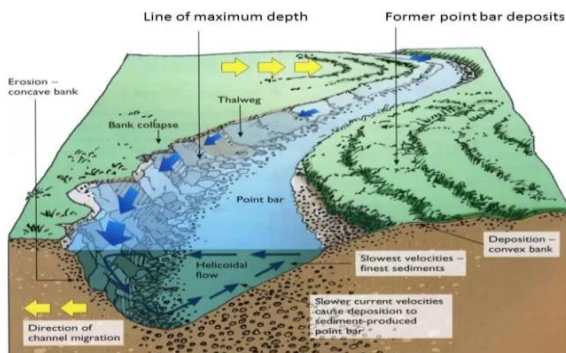
Yếu tố khách quan là do điều kiện tự nhiên như địa hình, địa chất và dòng chảy trong khu vực diễn biến phức tạp, thay đổi theo mùa và thay đổi theo chế độ triều. Quá trình đô thị hóa, phát triển hạ tầng đô thị làm gia tăng tải trọng lên công trình kè; sự thay đổi dòng chảy, quá trình điều tiết của các công trình thủy thượng nguồn, mực nước trong điều kiện biến đổi khí hậu vẫn là thông số phức tạp trong quá trình đánh giá nguyên nhân sạt/sụt lở bờ sông. Một vài thông số đặc trưng về địa chất, dòng chảy và mức độ bùng nổ về hạ tầng theo yêu cầu phát triển kinh tế cũng như biến đổi khí hậu tại khu vực Kênh Cái Côn được liệt kê dưới đây:

+ Bờ sông dốc, nền đất yếu (đất bụi và sét hữu cơ rất dẻo, trạng thái chảy, dẻo chảy, có bề dày biến thiên từ 10,5m ÷ 13,0m; tỷ lệ hạt bụi và sét cao (chiếm tới 89,5%), cường độ kháng cắt nhỏ (c' , φ' nhỏ);

+ Mức độ gia tăng của các hồ chứa thượng nguồn làm biến đổi dòng chảy và lượng phù sa tại ĐBSCL (Hình 2); Tình trạng mất cân bằng bùn cát và phù sa làm đáy sông không còn được bồi đắp và kiến tạo dẫn tới độ sâu đáy sông ngày càng lớn cùng với mái dốc đường bờ rất dốc kết hợp với nền địa chất yếu và tác động của dòng chảy sẽ gây sạt lở tuyến đường bờ (Hình 3). Theo đó, mức độ trầm trọng của quá trình xói/sạt lở sẽ ngày càng gia tăng, trong khi đó mức độ bồi tụ không còn được duy trì; Ngoài ra, dòng chảy bị ảnh hưởng thủy triều biển Đông với các kịch bản biến đổi khí hậu khác nhau;



Hình 2: Mức độ thay đổi phù sa về đồng bằng Sông Cửu Long [10]



Hình 3: Mất cân bằng bùn cát trong dòng chảy và vấn đề sạt lở bờ sông ngày càng trầm trọng [11]

+ Trước đây, bờ sông dễ bị xói lở nhất là trong thời gian mưa lũ, tuy nhiên gần đây không có quy luật rõ ràng. Bờ sông sạt/sụt kể cả khi nước rút do dòng triều.

2.2. Yếu tố chủ quan

+ Gia tải: Tại khu vực nghiên cứu, các công trình xây dựng ven bờ, san lấp xây dựng lấn chiếm lòng sông nhiều; Bờ kênh khi chịu tải trọng cửa nhà cửa, công trình, khối đất 13sẽ

dẫn bị mất ổn định.

+ Sóng có thể do gió hay do tàu thuyền đi lại trên sông gây ra: mái bờ sông bị phá vỡ kết cấu, các hạt bùn cát bị tách rời và vận chuyển đi nơi khác; chân mái bờ sẽ bị xói tạo thành hàm ếch dẫn đến khối đất bờ mất ổn định và sạt/sụt lở. Quá trình phát triển rất nóng của giao thông thủy nội địa làm tăng mức độ nguy hiểm của ngoại lực tác động lên bờ sông.



Hình 4: Đặc tính sinh hoạt, xây dựng công trình dân sinh sát bờ



Hình 5: Các tác động khác gây mất ổn định tổng thể bờ sông

3. KẾT CẤU MỘT VÀI DẠNG CÔNG TRÌNH BẢO VỆ BỜ ĐỀ XUẤT CHO KÊNH CÁI CÔN

Tổng kết kinh nghiệm thực tế vùng ĐBSCL, có 3 hình thức kè bảo vệ bờ được đề xuất cho kênh

Cái Côn . Các kết cấu công trình gia cố bờ được lựa chọn dựa trên các đặc tính kỹ thuật của công trình bảo vệ bờ; kinh nghiệm thi công, sử dụng các dạng công trình bảo vệ bờ và đặc điểm dòng chảy cũng như sinh hoạt của cư dân tại đây. Bảng 1 thể hiện các kết cấu được đề xuất cho

công trình bảo vệ bờ kênh Cái Côn.

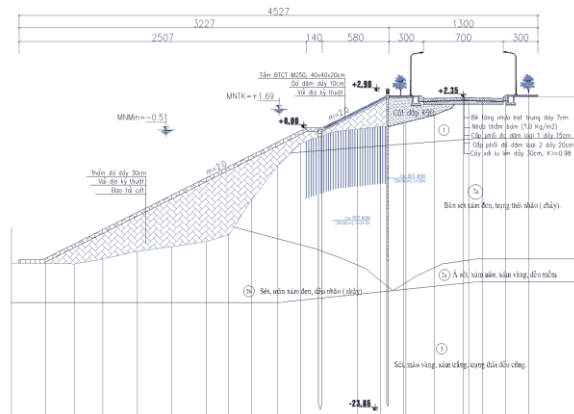
Bảng 1: Một vài phương án đề xuất cho công trình bảo vệ bờ kênh

Kè mái nghiêng: Thân kè: Kết cấu tấm BT đúc sẵn trong khung dầm BTCT, hệ số mái thân kè khoảng 2,0÷3,0, phía dưới là lớp đá dăm lót và vải địa kỹ thuật. Chân kè: Gia cố bằng bao tải cát, vải địa KT và thảm đá.	Kè có mặt cắt hỗn hợp (Tường đứng kết hợp mái nghiêng): Thân kè: Tường đứng BTCT trên nền cọc BTCT hoặc DUL. Chân kè: Gia cố bằng bao tải cát, vải địa KT và thảm đá.	Kè tường đứng: Thân kè: Cọc cừ ván SW kết hợp neo bằng hàng cọc BTCT. Lòng sông gia cố bằng thảm đá dày 30cm trên lớp vải địa kỹ thuật, dưới lớp hồ xối tạo mái bằng bao tải cát.
		

3.1. Kè mái nghiêng

Với kè mái nghiêng có hai bộ phận chính chịu tác động của sóng và dòng chảy là chân kè và thân kè. Kết cấu kè bảo vệ mái nghiêng (KBVMN) có dạng cơ bản như sau (Hình 6): Kè sử dụng kết cấu tấm BT hoặc BTCT đúc sẵn trong khung dầm BTCT, hệ số mái thân kè $m=2,0\div3,0$ từ cao trình đỉnh kè xuống cao trình đỉnh chân kè, phía dưới là lớp đá dăm lót và vải địa kỹ thuật; Dầm đỉnh kè có tiết diện bằng BTCT đặt trên hệ trụ định vị dầm đỉnh bằng BTCT liên kết với bản sàn và dầm chân cơ bằng BTCT đặt trên hệ cọc định vị BTCT, bố trí giữa các đơn nguyên là dầm hông bằng BTCT; Gia cố cừ tràm, phạm vi gia cố từ cọc cừ tràm từ dầm đỉnh chân kè ra cơ 2m; Bố trí hệ thống lan can bằng thép hộp, trên đỉnh trụ lan can trang trí quả cầu thép, tay vịn lan can bằng thép hộp và thép tấm liên kết nhau, chiều dài theo chiều dài tuyến kè; Hệ số mái gia cố chân kè: $m=3,0$; Từ cao trình đỉnh chân kè xuống đáy sông: tạo cơ $B=3m$, đắp bao tải cát những vị trí lòng

kênh sâu tạo mái $m=3,0$, trải vải địa kỹ thuật, thả thảm đá.

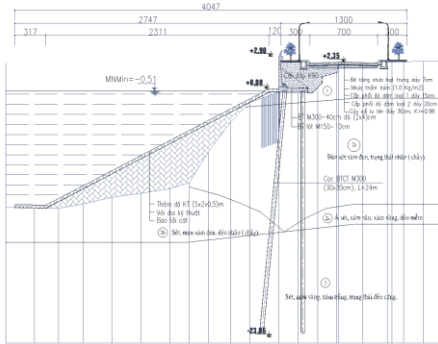


Hình 6: Kết cấu kè mái nghiêng cho đoạn xử lý cấp bách trên kênh Cái Côn

3.2. Kè hỗn hợp

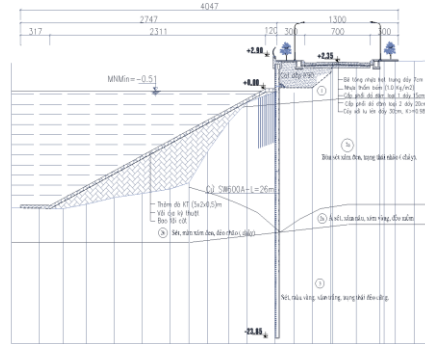
Kết cấu kè dạng tường đứng kết hợp mái nghiêng: Kết cấu dạng tường góc BTCT trên nền cọc BTCT, chủng loại và chiều dài cọc tùy thuộc vào địa chất khu vực công trình. Đỉnh kè kết hợp vĩa hè: Phía sau tường bố hệ thống tầng lọc ngược bao gồm các lớp vật liệu: đá hộc xếp chèn chặt, đá 4x6 dày trung bình, đá

dăm 1x2cm, kết hợp các lớp vải địa kỹ thuật, vật liệu san lấp sau tường là cát đầm chặt; Hành lang dọc kè lát gạch trên nền cát lót và lớp bê tông lót M150, vật liệu san lấp sau tường là cát đầm chặt, các lớp cát được san lấp theo từng lớp kết hợp các lớp vải địa kỹ thuật



Hình 7: Kết cấu kè hỗn hợp cho đoạn xử lý cấp bách trên kênh Cái Côn

gia cường sau mỗi lớp; Chân kè được bảo vệ bằng thảm đá dày 30cm tạo thành cơ kè, phía ngoài được bảo vệ bằng vải địa kỹ thuật kết hợp với một hàng thảm đá (3x10x0,3) trải theo mái tự nhiên lòng sông.



Hình 8: Kết cấu kè tường đứng cho đoạn xử lý cấp bách trên kênh Cái Côn

3.3. Kè tường đứng bê tông cốt thép dự ứng lực

Kết cấu kè dạng tường đứng được lựa chọn là loại cừ BTCT-DUL (Hình 8): chủng loại và chiều dài cừ dự ứng lực tùy thuộc vào địa chất khu vực công trình. Đỉnh kè kết cấu dầm BTCT: Phía sau tường bố hệ thống tầng lọc ngược bao gồm các lớp vật liệu: đá hộc xếp chèn chặt, đá 4x6 dày trung bình, đá dăm 1x2cm, kết hợp các lớp vải địa kỹ thuật chạy dọc suốt chiều dài tuyến kè, vật liệu san lấp sau tường là cát đầm chặt; Hành lang dọc kè lát gạch trên nền cát lót và lớp bê tông lót M150, vật liệu san lấp sau tường là cát đầm chặt, các lớp cát được san lấp theo từng lớp kết hợp các lớp vải địa kỹ thuật gia cường sau mỗi lớp; Chân kè được bảo vệ bằng thảm đá dày 30cm tạo thành cơ kè, phía ngoài được bảo vệ bằng vải địa kỹ thuật kết hợp với một hàng thảm đá (3x10x0,3) trải theo mái tự nhiên lòng sông.

4. CÁC TIÊU CHÍ CHỌN LỰA HÌNH THỨC CÔNG TRÌNH BẢO VỆ BỜ KÊNH CÁI CÔN

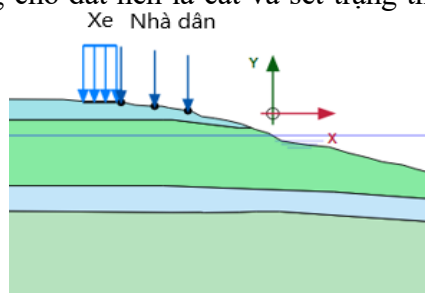
4.1. Kiểm tra ổn định tổng thể công trình bảo vệ bờ Kênh Cái Côn theo yêu cầu phát triển hạ tầng giao thông đường bộ

4.1.1. Thông số đầu vào và phương pháp tính toán

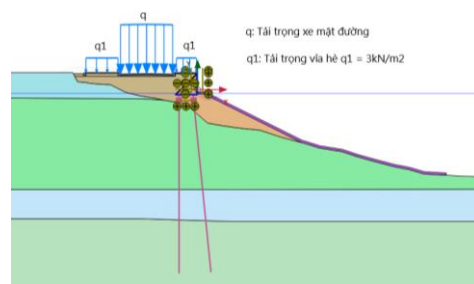
Mặt cắt đại diện đã được lựa chọn dùng cho việc kiểm tra ổn định tổng thể của công trình bảo vệ bờ với các mức độ gia tải trên đường bộ, tương ứng tải trọng xe cộ từ $q=4,7\text{kN/m}^2$ đạt đến $q=27,7\text{kN/m}^2$ (từ 2 tấn đến 32,5 tấn) – có bao gồm tải trọng ở phần vỉa hè $q_1=3\text{kN/m}^2$. Bài toán ổn định tổng thể mới dừng lại ở kiểm tra tải trọng gia tăng của đường bộ, chưa xét đến các kích bản gia tăng tải trọng đường sông – do đó bỏ qua tác động của sóng và tàu thuyền lên công trình bảo vệ bờ với tổ hợp vận hành cơ bản. Khi khảo sát tải trọng đường bộ gia tăng từ $4,7\text{kN/m}^2$ đến $27,7\text{kN/m}^2$ mức độ giảm hệ số an toàn cũng đồng thời được ghi lại để so sánh với trường hợp mái bờ không có công trình bảo vệ.

Về công cụ kiểm tra ổn định tổng thể cho kết cấu công trình bảo vệ bờ: Kết cấu tường kè gia cố là dạng bài toán quan hệ ứng suất và biến dạng giữa kết cấu và đất nền. Phương pháp phần tử hữu hạn được sử dụng để giải quyết bài toán ổn định của khối trượt và chuyển vị của tường chắn BTCT cọc theo bài toán phẳng; phần mềm được sử dụng là Plaxis 2D, trong đó mô phỏng tương

tác đất nền và tường kè BTCT cọc đóng làm việc đồng thời. Chọn mô hình Mohr – Coulumb (MC-D thoát nước ; MC-U không thoát nước) áp dụng cho đất nền là cát và sét trạng thái dẻo



mềm, dẻo cứng và nửa cứng; Mô hình Soft Soil Model (SS-M) cho địa chất là bùn sét trạng thái chảy như đã mô tả ở Bảng 2.



Hình 9: Mô hình bài toán khi không có và có công trình bảo vệ bờ (kè hỗn hợp)

Bảng 2: Bảng tổng hợp thông số mô hình đất nền dùng trong tính toán

Thông số	Tên	Đơn vị	Lớp 1	Lớp 2a	Lớp 2b	Lớp 2c	Lớp 3	Bao tải cát	Cát đắp	Bê tông
Mô hình tính toán			MC-U	SS-M	MC-U	MC-U	MC-D	MC-D	MC-D	LI-E
Dung trọng tự nhiên	γ_{unsat}	KN/m ³	17,00	15,30	16,70	18,80	18,70	17,00	17,00	25,00
Dung trọng bão hòa	γ_{sat}	KN/m ³	17,40	15,50	16,90	19,00	19,00	17,00	17,00	
Môđun đàn hồi	E_{ref}	KN/m ²	4873,4	-	1863,8	9315,3	11218,3	10000	10000	2,9E5
Hệ số poisson	ν	-	0,30	0,35	0,30	0,30	0,25	0,30	0,30	0,20
Hệ số rỗng	ε	-	1,361	1,978	1,433	0,888	0,929			
Chỉ số nén	C_c	-	0,545	0,929	-	-	0,283			
Chỉ số nở	C_s	-	0,113	0,167	-	-	0,02			
Lực dính	C_{ref}	KN/m ²	17,40	9,85	9,00	16,00	27,90	2,00	1,00	
Góc ma sát trong	ϕ_{ref}	$^{\circ}$	7,50	9,50	6,32	9,40	12,73	30,00	30,00	
Hệ số triết giảm	R_{inter}		0,80	0,70	0,75	0,85	0,90	1,00	1,00	1
Hệ số thấm	k_x	m/ngày	0,036	0,058	0,020	0,029	0,033	1,00	1,00	-
	k_y	m/ngày	0,036	0,058	0,020	0,029	0,033	1,00	1,00	-

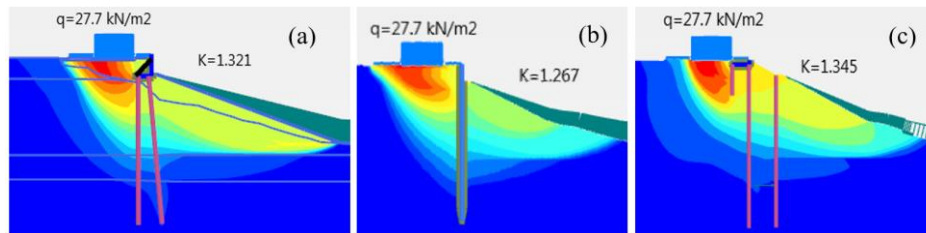
Ứng với 3 phương án thiết kế: PA1 – kè hỗn hợp, PA2 – kè tường đứng, PA3 – kè khung dầm, các kịch bản tính toán được thực hiện với từng cấp tải trọng của đường bộ. Trong đó, với phương án kè hỗn hợp, đã thực hiện thêm các trường hợp mái bảo vệ phía sông thay đổi từ 2,0 đến 2,5 và 3,0 – tương ứng là PA1a, PA1b và PA1c. Trường hợp mái sông hiện trạng cũng được kiểm tra ổn định tổng thể để đánh giá mức độ suy giảm hệ số ổn định ứng với các cấp tải trọng đường bộ khác nhau. Việc kiểm tra được thực hiện với tải trọng đường bộ từ 4,70-15kN/m² do hệ số ổn định đã giảm nhỏ hơn 1,0. Mức nước được mô phỏng bao gồm

mức nước vận hành lớn nhất và nhỏ nhất trên sông (tương ứng với tần suất 2% và 95%). Bài toán còn được mở rộng với mức nước rút nhanh, kết quả được trình bày ở một nghiên cứu khác.

4.1.2. Kết quả tính toán

Kết quả kiểm tra ổn định tổng thể của 3 phương án thiết kế với cấp tải trọng $q=27,7\text{kN/m}^2$ (trường hợp tải trọng cực đoan) được thể hiện trên hình Hình 10.

Khảo sát kết quả tính toán hệ số ổn định tổng thể ứng với các thiết kế và cấp tải trọng khác nhau, được kết quả như ở Bảng 3.



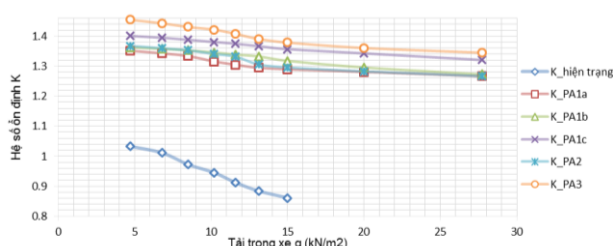
Hình 10: Kết quả kiểm tra ổn định tổng thể kè bảo vệ bờ dạng (a) hỗn hợp, (b) tường đứng và (c) mái nghiêng trong khung dầm

Để thấy rõ mức độ ảnh hưởng của việc gia tăng tải trọng đến khả năng mất ổn định của công trình, Hình 11 thể hiện đồng thời giá trị của hệ số ổn định K theo các phương án thiết kế khác nhau và cấp tải trọng đường bộ khác nhau.

Mức độ suy giảm K khi có công trình bảo vệ bờ là thấp hơn hẳn trường hợp không có công trình bảo vệ bờ. Sự sai khác hệ số ổn định trong cả 3 phương án thiết kế khác nhau là không đáng kể.

Bảng 3: Bảng tổng hợp kết quả tính toán hệ số ổn định tổng thể

Phương án thiết kế	HỆ SỐ ỔN ĐỊNH K								
	q = 4,70 (kN/m ²)	q = 6,80 (kN/m ²)	q = 8,50 (kN/m ²)	q = 10,20 (kN/m ²)	q = 11,60 (kN/m ²)	q = 13,10 (kN/m ²)	q = 15,00 (kN/m ²)	q = 20,00 (kN/m ²)	q = 27,70 (kN/m ²)
Hiện trạng	1,033	1,011	0,972	0,945	0,912	0,884	0,861		
Phương án 1a (m=2,0)	1,352	1,343	1,334	1,316	1,305	1,295	1,29	1,281	1,267
Phương án 1b (m=2,5)	1,363	1,358	1,353	1,346	1,339	1,333	1,318	1,296	1,273
Phương án 1c (m=3,0)	1,401	1,395	1,388	1,381	1,375	1,367	1,357	1,343	1,321
Phương án 2 (cừ SW)	1,368	1,36	1,353	1,341	1,332	1,306	1,296	1,283	1,267
Phương án 3 (Khung dầm)	1,455	1,443	1,431	1,422	1,408	1,391	1,379	1,361	1,345



Hình 11: Mức độ thay đổi hệ số ổn định tổng thể theo cấp tải trọng đường bộ so với phương án không có công trình bảo vệ bờ

Kết quả tính toán cũng cho thấy kết cấu các phương án đảm bảo an toàn về chuyển vị ngang,

momen kháng uốn, lực cắt và hệ số ổn định trượt tổng thể tại bảng 4. Cả 3 phương án đề xuất đều cho giá trị đảm bảo về kỹ thuật. Phương án được lựa chọn là PA1a do thỏa mãn các tiêu chí về kỹ thuật và kinh tế. Trong đó các chỉ số về chuyển vị ngang ΔX đều nằm trong ngưỡng cho phép là 5cm; giá trị nội lực gồm mô-men uốn (M), lực cắt (Q) và lực dọc (N) của cọc hoặc tường cừ dự ứng lực nếu vượt quá giá trị cho phép thì cần tính toán bố trí cốt thép hợp lý. Trong nghiên cứu ở đây không đề cập đến nhiệm vụ này. Hệ số ổn định (M_{sf}) được lấy theo khuyến cáo của phần mềm ứng dụng.

Bảng 4: Tổng hợp kết quả tính toán 3 phương án kết cấu

TT	Phương án kết cấu	CHUYỂN VỊ NGANG		GIÁ TRỊ NỘI LỰC KẾT CẤU					HỆ SỐ ỔN ĐỊNH	
		ΔX (cm)	$[\Delta X]$ (cm)	M KN.m/m	Q (KN/m)	N (KN/m)	[M] (KN.m)	[N] (kN)	M_{fs}	[M]
1	Phương án 1 (hỗn)	4,23	5,00	249,40	53,47	107,80	Tính toán bố trí		1,267	1,0

	hợp, cọc)						thép			
2	Phương án 2 (cừ SW)	2,23	5,00	558,40	228,20	275,00	601	666	1,267	1,0
3	Phương án 3 (mái nghiêng, cọc)	1,57	5,00	125,10	21,40	253,90	Tính toán bố trí thép		1,345	1,0

4.2. Trao đổi, thảo luận về các tiêu chí lựa chọn kè bảo vệ bờ kênh Cái Côn

Dựa trên kết quả kiểm tra đánh giá ổn định tổng thể và chuyển vị của các kết cấu kè bảo vệ bờ, một số tiêu chí lựa chọn được đề cập như sau.

4.2.1. Tính bền vững

Kè tường đứng kết hợp mái nghiêng: kè bảo vệ trực tiếp kết cấu bền vững chắc chắn bảo vệ được tuyến đường bờ không bị sạt lở; có mức độ an toàn cao hơn trong trường hợp xảy ra hiện tượng xói lở chân thì vẫn giữ được tuyến kè bờ; kết cấu nền sau tường chắn thường xuất hiện hiện tượng lún không đều giữa kết cấu trên và dưới bản đáy kè; Hệ số ổn định $K=1,26-1,35$;

Kè tường đứng: kết cấu bền vững chắc chắn bảo vệ được tuyến đường bờ không bị sạt lở; có mức độ an toàn thấp hơn trong trường hợp xảy ra hiện tượng xói lở chân nếu hiện tượng xói lở chân xảy ra mạnh mẽ thì toàn bộ tuyến kè và thân phần cát trắng phía sau có thể bị

chảy ra sông nguy cơ chuyển vị đỉnh kè rất cao; kết cấu nền sau kè lún đều; Hệ số ổn định $K=1,26-1,37$;

Kè mái nghiêng: kết cấu bền vững chắc chắn bảo vệ được tuyến đường bờ không bị sạt lở; có mức độ an toàn cao so với 2 phương án còn lại tuy nhiên trong trường hợp xảy ra hiện tượng xói lở chân nhiều thì toàn bộ tuyến kè và phần đất cát phía sau có thể bị chảy ra sông mất ổn định; kết cấu nền sau kè lún đều; Hệ số ổn định $K=1,34-1,45$.

4.2.2. Tính thẩm mỹ

Đối với hình thức kè tường đứng kết hợp mái nghiêng và kè tường đứng có ưu điểm là không bị rắc động khi mực nước lên xuống đặc biệt trong điều kiện ảnh hưởng cửa chiều hoặc bán nhật triều như tại đồng bằng sông Cửu Long. Ngược lại đối với kè mái nghiêng thường bị rắc động sau khi mực nước lên xuống trong ngày có thể gây mất thẩm mỹ (Hình 12 a,b).



Hình 12: a. Kè hỗn hợp Cái Côn sau 3 năm thi công(2023); b. Kè mái nghiêng Cổ Chiên đọng rác (2023)

4.2.3. Tính thông dụng

Kè tường đứng kết hợp mái nghiêng được áp dụng rộng rãi tại vùng đồng bằng sông Cửu

Long. Kè từng đứng được áp dụng nhiều đối với các bờ có kết hợp bến cập tàu hoặc khu vực sạt lở có đường bờ sông. Trong khi đó kè mái nghiêng được áp dụng nhiều đối với các bờ có mái bờ thoải có cơ rộng.

4.2.4. Mặt bằng thi công

Kè tường đứng kết hợp mái nghiêng có mặt cắt ngang chiếm bờ sông từ 20-25m, tương tự đối với kè tường đứng. Đối với kè mái nghiêng mặt cắt ngang lấn chiếm bờ sông có thể đạt trên 30m tùy thuộc vào cột nước.

4.2.5. Quá trình thi công

Phương pháp thi công kè tường đứng kết hợp mái nghiêng là khá thông dụng và phổ biến tại vùng đồng bằng sông Cửu Long; thiết bị đóng cọc hiện nay cũng phổ biến và có kết cấu ổn định cao; phần lớn kết cấu của kè hỗn hợp đều nằm trên mực nước trung bình, những cấu kiện nằm âm dưới mực nước thiết kế được thi công bằng khung vây nên thuận lợi cho quá trình thi công; tuy nhiên quá trình thi công loại kè hỗn hợp lại chịu ảnh hưởng của rung chấn do quá trình đóng cọc và đây cũng là vấn đề chưa được đề cập nhiều trong các tính toán kiểm tra ổn định kè với tổ hợp thi công.

Đối với kè tường đứng cần có thiết bị thi công chuyên dụng yêu cầu mực nước và bề rộng sông đủ lớn. Ưu điểm của hình thức này là thời gian thi công nhanh nếu có sẵn máy móc chuyên dụng. Quá trình thi công cũng gây những rung chấn ảnh hưởng đến nhà dân trong quá trình đóng cọc. Hình thức kè từng đứng đòi hỏi độ chính xác cao khi thi công hạ cừ để đạt mức độ kín khít nước tránh không để đất cát chảy phía sau cừ.

Hình thức kè mái nghiêng có phương pháp thi công thông dụng và phổ biến đây vẫn là hình thức được ưu tiên chọn lựa trong trường hợp mặt cắt lòng sông không quá sâu và máy bờ không có những hiện tượng mất ổn định đáng quan ngại. Trong quá trình thi công có thể gây

nên các rung chấn đến nhà dân trong quá trình đóng cọc.

4.2.6. Giá thành

Tuy là một tiêu chí nhạy cảm tuy nhiên ở mức độ so sánh tổng kết về giá thành của 3 hình thức kè hỗn hợp, kè từng đứng, kè mái nghiêng thì chi phí xây dựng cửa kè từng đứng là đắt hơn cả - khoảng 115-150 triệu đồng trên 1m dài. Giá thành xây dựng trung bình của kè hỗn hợp nằm trong khoảng từ 80 đến 120 triệu đồng trên 1m dài; trong khi đó giá thành của kè mái nghiêng đạt từ 115 đến 140 triệu đồng trên 1m dài. Mức so sánh này chỉ là tương đối và được lấy cụ thể từ công trình bảo vệ bờ Kênh Cái Côn khu vực thị trấn Mái Dầm, huyện Châu Thành, tỉnh Hậu Giang.

5. TRAO ĐỔI VÀ THẢO LUẬN

Tổng kết từ những tiêu chí lựa chọn hình thức bảo vệ bờ nêu trên đối với bờ Kênh Cái Côn tỉnh Hậu Giang có thể áp dụng với các công trình bảo vệ bờ khác thuộc vùng đồng bằng sông Cửu Long do có những tương đồng về địa chất, dòng chảy và chế độ triều. Các nội dung so sánh phương án thiết kế nhằm lựa chọn phương án tối ưu gồm: tính bền vững, tính thẩm mỹ, tính thông dụng, mặt bằng thi công, biện pháp thi công và ảnh hưởng trong quá trình thi công và giá thành.

Thực tế công trình bảo vệ bờ kè Cái Côn sau khi đưa vào sử dụng đã đạt được các tiêu chí về kỹ thuật đảm bảo an toàn cho đường bờ. Hình thức là kè hỗn hợp như ở bờ kênh Cái Côn này đã tránh được nhược điểm cố hữu về vấn đề đọng rác trên mái, gây ảnh hưởng đến mỹ quan dọc bờ sông cũng như một số các vấn đề về môi trường trong tương lai.

Việc chọn lựa phương án theo các tiêu chí (hoặc bộ khung tiêu chí) được đề cập trong nghiên cứu này có thể mở rộng và áp dụng cho các công trình bảo vệ bờ khác tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] VnExpress, “VnExpress - Tin tức trong nước và quốc tế,” [Trực tuyến]. Available: <https://vnexpress.net/nguoi-dan-cu-lao-mien-tay-trang-tay-sau-sat-lo-4544960.html>.
- [2] D. s. V. Nam, 2024. [Trực tuyến]. Available: <https://danso.org/viet-nam/>.
- [3] V. d. a. d. m. a. Cục Phòng chống thiên tai, “Hệ thống giám sát thiên tai Việt Nam,” [Trực tuyến]. Available: <http://vndms.dmc.gov.vn/>.
- [4] V. d. a. d. m. a. Cục Phòng chống thiên tai, “"Bản đồ sạt lở bờ sông, xói lở bờ biển",” [Trực tuyến]. Available: satlov2.vndss.com.
- [5] B. N. n. & PTNT, “Đề án chiến lược quốc gia phòng chống thiên tai đến năm 2030, tầm nhìn 2050,” Hà Nội, 2019.
- [6] T. c. K. t. v. D. báo, “Tập chí Kinh tế và Dự báo,” 2024. [Trực tuyến]. Available: <https://kinhtevadubao.vn/tim-dinh-huong-phat-trien-vung-dbscl-thoi-ky-2021-2030-tam-nhin-2050-15851.html>. [Đã truy cập 2020].
- [7] C. t. T. T. v. Đ. t. X. d. P. Bắc, “Hồ Sơ "Khắc phục sạt lở bờ sông Cái Côn, thị trấn Mái Dầm, huyện Châu Thành, tỉnh Hậu Giang,” HN, 2019.
- [8] N. P. Dung, *Tập bài giảng "Công trình bảo vệ bờ sông nâng cao"*, Hà Nội: TLU, 2023.
- [9] L. P. H. v. nnk, *Chỉ dẫn công trình chính trị sông*, Hà Nội: NXB Xây dựng, 2011.
- [10] V. K. M. Nam, “Thay đổi phù sa về đồng bằng Sông Cửu Long,” HCM City, 2018.
- [11] EPGeology.com, “EPGeology.com,” 2024. [Trực tuyến]. Available: https://www.epgeology.com/gallery/image_page.php?album_id=5&image_id=31. [Đã truy cập 2024].
- [12] B. T. Niên, “Báo Thanh Niên - Diễn đàn của Hội liên hiệp thanh niên Việt Nam,” [Trực tuyến]. Available: <https://thanhnien.vn/sat-lo-bo-song.html>.
- [13] B. C. -. Seequent, “Plaxis manual,” trong *Plaxis manual*, 2021.