

ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CÔNG TRÌNH KÈ BỜ SÔNG SÀI GÒN ĐOẠN THÀNH PHỐ THỦ DẦU MỘT

Doãn Văn Huế

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Một trong những thách thức mà các tỉnh vùng Nam Bộ đang phải đối mặt là tình trạng sạt lở bờ sông và mất ổn định công trình kè xảy ra trên các sông lớn như sông Sài Gòn, Đồng Nai, sông Cửu Long, các tuyến kênh trục đường thủy,... đã và đang ảnh hưởng đến an toàn của hệ thống hạ tầng kỹ thuật và ổn định dân sinh, kinh tế, xã hội các khu vực ven sông.

Bài viết giới thiệu kết quả đánh giá an toàn công trình kè bờ sông Sài Gòn đoạn thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương theo lý thuyết độ tin cậy nhằm góp phần bổ sung phương pháp và quy trình đánh giá an toàn công trình kè bờ sông, từ đó đề xuất giải pháp nâng cấp sửa chữa để hạn chế các rủi ro sạt lở.

Từ khóa: Công trình kè, đánh giá an toàn kè, lý thuyết độ tin cậy, sông Sài Gòn.

Summary: Riverbank erosion and embankment instability on major rivers and canals such as Sai Gon River, Dong Nai River, Mekong River, etc., have been compromising the safety of the infrastructure system and stabilizing the people's livelihood, economy, and society in riverside areas. This study presents the results of the reliability theory-based safety evaluation of the Thu Dau Mot City embankment, Binh Duong province. This helps to add to the methods and procedures used to evaluate the safety of embankments, thereby proposing solutions to improve and fix them to reduce the risk of erosion.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thiệt hại do sạt lở bờ sông gây ra là rất lớn, nhiều công trình kè (CTK), cầu cảng, đường giao thông bị hư hỏng, nhiều diện tích đất ven sông bị mất đi đe dọa đến các khu dân cư, trung tâm thương mại, rất nhiều nhà dân đã bị sập kéo theo hàng trăm hộ dân phải di dời đi nơi khác,... Hiện nay khu vực ven sông Sài Gòn thuộc tỉnh Bình Dương đã có 10 vị trí sạt lở với tổng chiều dài gần 3.200m, mỗi vị trí có chiều dài từ 50m đến 500m với chiều rộng sạt vào đất liền từ 2m đến 10m và có khoảng 225ha đất nông nghiệp ven sông thuộc ấp Phú Thuận, xã Phú An thường xuyên ngập úng, không thể sản xuất được. Ở khu vực thành phố Hồ Chí Minh hiện có 37 vị trí sạt lở đất bờ sông, kênh, rạch với khoảng 1.222 hộ dân bị ảnh hưởng, tại các vị trí sạt lở này đang được triển khai thực hiện 35 dự án kè phòng, chống sạt lở, bảo vệ khu dân cư. Có thể nói tình trạng sạt lở bờ sông đang là mối

đe dọa nghiêm trọng đến tính mạng, tài sản của nhà nước, nhân dân và gây mất diện tích đất ven bờ sông, ảnh hưởng đến môi trường tự nhiên, mất ổn định kinh tế, xã hội khu vực, ảnh hưởng đến quy hoạch sử dụng đất của địa phương.

Thực tế trong thời gian qua, sự cố về mất ổn định các CTK bảo vệ bờ sông ở Nam Bộ như kè sông Cần Thơ, kè sông Tiền, kè kênh Đồng Tiến - Lagrange tại Đồng Tháp, kè thành phố Vĩnh Long, kè bờ sông Nhà Bè huyện Cần Giờ, kè bờ sông Sài Gòn đoạn qua thành phố Thủ Dầu Một,... đã xảy ra ngày càng nhiều thêm. Vì vậy, nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ kiểm soát được an toàn cũng như nâng cao an toàn cho các CTK bảo vệ bờ sông, an toàn cộng đồng là một vấn đề luôn mang tính thời sự và cấp thiết.

Bài viết giới thiệu kết quả đánh giá an toàn công trình kè bờ sông Sài Gòn đoạn thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương bằng lý thuyết độ

Ngày nhận bài: 22/11/2022

Ngày thông qua phản biện: 28/12/2022

Ngày duyệt đăng: 08/01/2023

tin cậy (ĐTC) để nhận dạng được hạng mục công trình có nguy cơ xảy ra sự cố cao nhất trong hệ thống thông qua việc phân tích xác suất sự cố lớn nhất ($P_j \max$). Từ đó, xác định hạng mục thuộc CTK cần phải tập trung để nâng cấp sửa chữa góp phần đánh giá nguyên nhân gây sạt lở bờ sông, từ đó đưa ra các giải pháp để hạn chế rủi ro sạt lở.

2. KHÁI QUÁT CÔNG TRÌNH KÈ BỜ SÔNG SÀI GÒN ĐOẠN THÀNH PHỐ THỦ DẦU MỘT

Vị trí công trình nằm ở phía bờ tả sông Sài Gòn thuộc phường Phú Cường và phường Chánh Nghĩa thành phố Thủ Dầu Một, tỉnh Bình Dương. Chiều dài tuyến kè 2.160 m có toạ độ địa lý 106°38'45" kinh độ Đông và 10°58'55" vĩ độ Bắc [4].



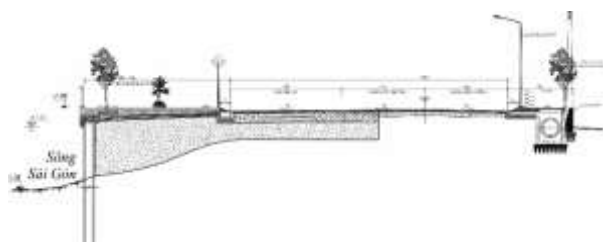
Hình 1: Sơ họa hệ thống CTK bờ sông
Sài Gòn khu vực Thủ Dầu Một

Công trình kè với quy mô thiết kế cấp IV, có nhiệm vụ chống sạt lở bờ sông Sài Gòn kết hợp tạo cảnh quan làm hoa viên trên mặt kè và bảo vệ tuyến đường ven sông góp phần cải tạo khu đất hoang hóa, có địa hình phức tạp ngay giữa lòng thành phố Thủ Dầu Một thành một khu đô thị đa chức năng hiện đại, góp phần xây dựng cơ sở vật chất, cảnh quan khu vực phường Phú Cường và trục Đại lộ Bình Dương.

Công trình kè bờ sông Sài Gòn đoạn Thủ Dầu Một gồm 4 đoạn kè nối tiếp nhau nằm bên phía bờ tả (phía thành phố Thủ Dầu Một): Đoạn 1 dài 290 m (từ K0 đến cầu Thỏ Ngừ); Đoạn 2 dài

560 m (từ cầu Thở Ngừ đến cầu Thầy Năng); Đoạn 3 dài 660 m (từ cầu Thầy Năng đến rạch Bảy Tra); Đoạn 4 dài 650 m (từ rạch Bảy Tra đến cầu Phú Cường). Kết quả kiểm tra, đánh giá hiện trạng công trình cho thấy các đoạn kè có nguy cơ gặp sự cố do các cơ chế phá hỏng gồm: nước tràn đỉnh kè, mất ổn định địa kỹ thuật (trượt mái hạ lưu), xói tại chân kè, sự cố về kết cấu kè....

CTK ở đoạn 2 từ cầu Thổ Ngũ đến cầu Thầy Năng dài 560 m có kết cấu kê kiểu tường đứng bằng cừ BTCT dự ứng lực loại SW600B, chiều dài cừ $L = 21\text{m}$, liên kết đỉnh cọc cừ bằng dầm mũ BTCT M250 kích thước $100 \times 70\text{cm}$. Cao trình đỉnh tường kê $+1,8\text{m}$, bề rộng hành lang vỉa hè trên mặt kê từ $3,5\text{m}$ đến 41m . Chân kê không gia cố, cao trình chân kê theo mặt đất tự nhiên ở cao độ -1m đến $-1,5\text{m}$.



Hình 2: Mặt cắt ngang điển hình kè bờ sông
Sài Gòn đoạn thành phố Thủ Dầu Một

3. NỘI DUNG BÀI TOÁN

a) Trình tự thực hiện:

Việc đánh giá an toàn kè sông thông qua việc xác định xác suất sự cố và phân tích độ tin cậy (ĐTC) của CTK theo trình tự như sau:

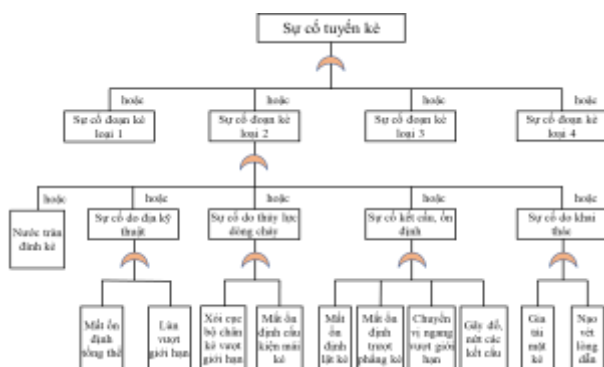
- Xác định ĐTC cho các cơ chế sự cố của các hạng mục thuộc CTK.

- Phân tích ĐTC của các hạng mục thuộc hệ thống CTK, đề xuất giải pháp nâng cao ĐTC của CTK và giảm thiểu rủi ro vùng bảo vệ.

b) Các bước giải bài toán phân tích ĐTC của hệ thống CTK:

- Bước 1: Mô tả về nhiệm vụ, cấu tạo, quy mô, hiện trạng của các thành phần thuộc hệ thống CTK; xác định mối quan hệ giữa các thành phần; phân tích thống kê các BNN tải trọng và độ bền.

- Bước 2: Phân tích nguyên nhân dẫn đến sự cố theo các cơ chế khác nhau; liệt kê các sự cố có thể xảy ra cho các hạng mục công trình và hệ thống CTK.



Hình 3: Sơ đồ cây sự cố CTK bờ sông Sài Gòn khu vực Thủ Dầu Một

- Bước 3: Xây dựng sơ đồ cây sự cố của các hạng mục và toàn hệ thống CTK theo sơ đồ cây sự cố tổng quát.

- Bước 4: Thiết lập các hàm tin cậy của các cơ chế sự cố và giải hàm tin cậy xác định xác suất sự cố.

Đối với đoạn kè số 2, theo quy mô kết cấu và điều kiện thực tế làm việc của công trình, tác giả đề xuất thiết lập 7 hàm tin cậy tương ứng với 7 cơ chế sự cố công trình kè như bảng 1 dưới đây.

Bảng 1: Thiết lập một số hàm tin cậy công trình kè

TT	Cơ chế phá hoại	Hàm tin cậy	Ghi chú
1	Nước tràn đỉnh kè	$Z = Z_{dk} - Z_{ln}$	Z_{dk} : Cao trình đỉnh kè Z_{ln} : Mức nước cao nhất trong sông được tính từ mực nước tĩnh tính toán cộng với chiều cao sóng leo và độ dềnh do gió
2	Mất ổn định trượt tổng thể	$Z = K_{at} - [K]$	K_{at} : Hệ số an toàn chống trượt $[K]$: Hệ số an toàn chống trượt cho phép
3	Mất ổn định do lún vượt giới hạn	$Z = [S] - S_{tt}$	S_{tt} : Độ lún tính toán $[S]$: Độ lún cho phép
4	Xói cục bộ chân kè vượt giới hạn	$Z = h_t - h_x$	h_t : Chiều sâu hố xói tới hạn lòng sông tại chân kè h_x : Chiều sâu hố xói dự kiến trước chân kè
5	Mất ổn định lật	$Z = \sum M_{cl} - \sum M_{gl}$	$\sum M_{cl}$: Tổng mô men chống lật $\sum M_{gl}$: Tổng mô men gây lật
6	Chuyển vị ngang vượt giới hạn	$Z = [\Delta X] - \Delta X_{tt}$	ΔX_{tt} : Chuyển vị ngang tính toán tường kè $[\Delta X]$: Chuyển vị ngang tính toán tường kè cho phép
7	Gãy đổ, nứt các kết cấu	$Z = \sigma_{gh} - \sigma_{tt}$	σ_{tt} : Nội lực lớn nhất do tổ hợp tải trọng tính toán gây ra tại vị trí tính toán trên tường kè σ_{gh} : Khả năng chịu lực hay độ bền của tường kè

- Bước 5: Phân tích sơ đồ cây sự cố, tổng hợp xác suất sự cố (XSSC) cho từng hạng mục và toàn bộ hệ thống CTK theo ma trận sự cố tại Bảng 2, trong đó:

+ Cột (0): Liệt kê các hạng mục CTK

+ Hàng (1): Liệt kê các cơ chế sự cố của các hạng mục công trình

+ P_{ji} : Là giá trị của ô thuộc ma trận tạo bởi hàng

thứ j và cột thứ i thể hiện XSSC của hạng mục công trình thứ j theo cơ chế sự cố thứ i . Nếu cơ chế sự cố thứ (i) không xảy ra với hạng mục công trình đang xem xét thì không điền giá trị vào ô

+ Hàng cuối cùng thể hiện tổng xác suất theo từng cơ chế sự cố; cột cuối cùng thể hiện tổng xác suất sự cố của từng hạng mục công trình và $\sum P_{sci} = \sum P_j$

Bảng 2: Ma trận sự cố của hệ thống công trình kè

Các hạng mục thuộc CTK sông	Cơ chế sự cố						Tổng
	Sự cố 1	Sự cố 2	...	Sự cố i	...	Sự cố n	
(0)	(1)	(2)	...	(i)	...	(n)	
Đoạn kè 1	p_{11}	p_{12}	...	p_{1i}	...	p_{1n}	P_1
Đoạn kè 2	p_{21}	p_{22}	...	p_{2i}	...	p_{2n}	P_2
...	...	...	...	...	...	...	...
Đoạn kè j (thứ j)	p_{j1}	p_{j2}	...	p_{ji}	...	p_{jn}	P_j
Tổng hợp	P_{SC1}	P_{SC2}	...	P_{SCi}	...	P_{SCn}	P_{HT}

- Bước 6: Xác định chỉ số ĐTC (β) của từng cơ chế sự cố và của cả hệ thống

Chỉ số độ tin cậy β là giá trị được dùng để thay thế cho độ tin cậy hoặc XSSC P_f (Failure Probability) xác định theo công thức: $\beta = \Phi^{-1}(1 - P_f)$

trong đó, Φ^{-1} là nghịch đảo của hàm phân phối chuẩn chuẩn hóa.

c) Kết quả và ý nghĩa của bài toán

Tiến hành tính toán theo các bước trên để xác định XSSC của thành phần và cho từng hạng mục thuộc CTK cho 2 trường hợp:

- Trường hợp 1: Tính với mực nước cực trị năm theo chuỗi quan trắc.

- Trường hợp 2: Tính với MNTK có cập nhật số liệu thủy văn và xét tới BĐKH.

Phân tích xác suất sự cố cho kết quả như Bảng 3.

Bảng 3: Mức độ ảnh hưởng của các cơ chế sự cố đến ĐTC của CTK

TT	Cơ chế sự cố	Ký hiệu	TH1: Tính với MN cực trị năm		TH2: Tính với MNTK có xét đến BĐKH	
			XSSC P_{fi}	Mức độ ảnh hưởng	XSSC P_{fi}	Mức độ ảnh hưởng
1	Nước tràn đỉnh kè	P1	0,058	14,62%	0,063	15,48%
2	Mất ổn định tổng thể	P2	0,015	3,73%	0,009	2,24%
3	Lún vượt giới hạn	P3	0,018	4,54%	0,023	5,65%
4	Xói cục bộ chân kè	P4	0,163	41,08%	0,168	41,27%
5	Mất ổn định lật kè	P5	0,026	6,55%	0,022	5,40%
6	Chuyển vị ngang vượt giới	P6	0,115	28,98%	0,120	29,48%

	hạn					
7	Gãy đổ, nứt các kết cấu	P7	0,002	0,50%	0,002	0,49%
XSSC hệ thống CTK			0,397		0,407	
Độ tin cậy hệ thống CTK			60,32%		59,29%	
Chỉ số độ tin cậy hệ thống CTK			0,262		0,235	

d) Phân tích độ tin cậy của các cơ chế và độ tin cậy của hệ thống CTK



Hình 4: Mức độ ảnh hưởng của các cơ chế sự cố đến an toàn kè sông Sài Gòn đoạn Thủ Dầu Một

Trong cả 2 trường hợp tính toán, giá trị XSSC đều lớn hơn mức bảo đảm an toàn thiết kế: $P_f > P_{2\%} = 0,02$ nên CTK có khả năng bị sự cố.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả tính toán, phân tích đánh giá an toàn kè bờ sông Sài Gòn đoạn Thủ Dầu Một trong giới hạn của nghiên cứu này cho thấy XSSC trường hợp tính với mực nước thiết kế có xét đến BĐKH đến 2050 $P_{fMNTK-BĐKH} = 0,407$ (tương ứng $\beta = 0,235$) > trường hợp tính mực nước cực trị năm theo chuỗi quan trắc $P_{fMNeưc\ trị\ năm} = 0,397$ (tương ứng $\beta = 0,262$) > $[P_f] = 0,02$ (tương ứng với mức đảm bảo an toàn là 1/50 năm và ĐTC yêu cầu có xét đến rủi ro sạt lở bờ sông $[\beta] = 2,17$). Vì vậy CTK có khả năng xảy ra sự cố gây sạt lở bờ sông và cần được sửa chữa nâng cấp đảm bảo an toàn.

Tiêu chuẩn an toàn hiện tại chưa đáp ứng được yêu cầu chống sạt lở cho vùng ven sông Sài Gòn

đoạn thành phố Thủ Dầu Một, cần phải nâng cấp CTK để bảo đảm an toàn công trình, tập trung vào giải pháp nâng cấp sửa chữa tránh sự cố sạt lở do xói chân, chuyển vị ngang tường kè và nước tràn đỉnh kè và. Kết quả tính toán cho thấy xác suất sự cố gia tăng khi mực nước trong sông vượt cao trình +1,5m và cao độ mặt đất tự nhiên bờ sông phía trước kè thấp hơn -1,5m. Do vậy, trong quản lý, cần thiết theo dõi diễn biến xói lở lòng sông khu vực chân kè để duy trì cao độ mặt đất tự nhiên không thấp hơn cao trình -1,5m với bề rộng tối thiểu là 12m.

Kết quả nghiên cứu mới chỉ đánh giá được thực trạng mức độ an toàn kè bờ sông Sài Gòn đoạn qua thành phố Thủ Dầu Một, cần phải có những nghiên cứu sâu hơn, đặc biệt là các yếu tố ngẫu nhiên về thủy văn, thủy lực và khả năng chấp nhận rủi ro sạt lở bờ sông để từ đó đưa ra các giải pháp để hạn chế các rủi ro sạt lở./.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mai Văn Công (2005), *Thiết kế công trình theo lý thuyết ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội.
- [2] Trần Quang Hoài (2018), *Nghiên cứu phương pháp xác định chỉ số an toàn và độ tin cậy yêu cầu cho hệ thống đê vùng đồng bằng sông Hồng theo lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học Thủy lợi, Hà Nội.
- [3] Cẩm Thị Lan Hương (2020), *Nghiên cứu ứng dụng lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro trong đánh giá an toàn hồ chứa thủy lợi Việt Nam*, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật, Trường Đại học

Thủy lợi, Hà Nội.

- [4] Nguyễn Văn Mạo, Nguyễn Hữu Bảo, Nguyễn Lan Hương (2014), *Cơ sở tính độ tin cậy an toàn đập*, Nhà xuất bản xây dựng, Hà Nội.
- [5] Công ty Tư vấn Xây dựng Thủy lợi Bình Dương (2018), *Hồ sơ thiết kế sửa chữa nâng cấp công trình kè đường Nguyễn Tri Phương*.
- [6] Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam (2016), *Báo cáo đánh giá nguyên nhân sự cố công trình kè đường Nguyễn Tri Phương, thành phố Thủ Dầu Một, Bình Dương*.