

# ỨNG DỤNG PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY TRONG ĐÁNH GIÁ AN TOÀN CÔNG TRÌNH THỦY TẠI VIỆT NAM

Trần Quang Hoài<sup>1</sup>, Lê Xuân Bảo<sup>2</sup>, Nguyễn Quang Đức Anh<sup>2</sup>, Mai Văn Công<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tổng Cục Thủy lợi, Bộ NN&PTNT, email: hoaitq@wrd.gov.vn

<sup>2</sup>Trường Đại học Thủy lợi

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực công trình thủy, biên tải trọng và độ bền thường chịu tác động mạnh của các quá trình vật lý tự nhiên như các yếu tố khí hậu, sông, biển, do đó mang tính ngẫu nhiên cao. Tại Việt Nam, các hệ thống công trình thủy được thiết kế theo phương pháp tất định truyền thống do đó việc xem xét tính ngẫu nhiên của các biến đầu vào trong tính toán còn hạn chế. Bài báo này trình bày phương pháp đánh giá an toàn công trình bằng lý thuyết độ tin cậy, trong đó xem xét các biến đầu vào là các đại lượng ngẫu nhiên. Kết quả đánh giá an toàn theo phương pháp này ngoài việc trả lời được “công trình có an toàn hay không” thì còn đưa ra được câu trả lời “công trình an toàn ở mức độ nào”, thể hiện thông qua xác suất xảy ra sự cố và chỉ số độ tin cậy của công trình. Phương pháp được ứng dụng cụ thể vào đánh giá an toàn một số loại hình công trình thủy điển hình tại Việt Nam như đê sông, công trình cống ngăn triều. Thông qua các trường hợp ứng dụng điển hình này, có thể xem xét tính khả thi trong việc mở rộng ứng dụng cho nhiều loại hình công trình khác nhau.

## 2. GIỚI THIỆU CHUNG

Tính toán công trình theo phương pháp lý thuyết độ tin cậy về cơ bản vẫn dựa trên cơ sở các phương trình trạng thái giới hạn của các cơ chế sự cố tương tự như trong thiết kế truyền thống. Tuy nhiên, phương pháp này xem xét các hàm trạng thái giới hạn dưới

dạng hàm độ tin cậy và xem xét các biến đầu vào là các đại lượng ngẫu nhiên; biểu diễn kết quả đầu ra là trị số độ tin cậy của hàm trạng thái giới hạn, xác suất sự cố và các tham số thống kê và giá trị thiết kế. Phương pháp này là một bước tiến trong lý thuyết thiết kế vì nó cho phép tổ hợp các yếu tố ảnh hưởng đến phương trình thiết kế một cách ngẫu nhiên sát với bản chất ngẫu nhiên của các quá trình vật lý tự nhiên hơn.

Phương pháp này đòi hỏi nguồn số liệu đầu vào lớn cần có quá trình đo đạc quan trắc lâu dài nên việc áp dụng vào thực tế hiện nay còn rất hạn chế, đặc biệt trong điều kiện số liệu của nước ta. Tuy nhiên, với các kỹ thuật mô phỏng thống kê hiện nay kết hợp với phân tích số liệu lịch sử, việc thiếu số liệu nêu trên phần nào có thể khắc phục được.

Bài báo này trình bày phương pháp đánh giá an toàn công trình bằng lý thuyết độ tin cậy, trong đó xem xét các biến đầu vào là các đại lượng ngẫu nhiên và ứng dụng cụ thể trong đánh giá an toàn cho một đoạn đê Hữu Hồng qua thành phố Hà Nội và cống ngăn triều điều tiết nước Phú Định trong hệ thống kiểm soát ngập lụt (KSNL) thành phố Hồ Chí Minh.

## 3. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Thành phần quan trọng trong phân tích an toàn (PTAT) công trình theo lý thuyết độ tin cậy là xác định xác suất xảy ra sự cố  $P_f$ . Giá trị này thể hiện khả năng xảy ra sự cố của hệ thống công trình. Nó liên quan trực tiếp đến độ an toàn hay mức đảm bảo của một hệ thống công trình.

Để đánh giá an toàn của một hệ thống công trình cần xem xét và đánh giá tất cả các cơ chế phá hỏng của thành phần hệ thống và cần thành lập các hàm tin cậy cho từng cơ chế phá hỏng đó (dựa trên cơ sở các phương trình trạng thái giới hạn để thiết lập).

Công thức tổng quát của một hàm tin cậy có dạng  $Z=R-S$ . Trong đó: R là độ bền hay khả năng kháng hư hỏng; S là tải trọng hay khả năng gây hư hỏng.

Trong lý thuyết độ tin cậy, R & S được xem xét là các đại lượng ngẫu nhiên và được mô tả thông qua các hàm phân phối xác suất.

Trạng thái giới hạn hư hỏng công trình là trạng thái mà tại đó  $Z=0$ . Với  $Z<0$  được coi là có hư hỏng xảy ra và ngược lại, với  $Z\geq 0$  thì hư hỏng không xảy ra.

Xác suất phá hỏng được xác định:

$P_f = P(Z\leq 0) = P(S\geq R)$ ; và mức đảm bảo an toàn (xác suất không sự cố) xác định là:  $P(Z>0) = 1-P_f$ . Chỉ số đặc trưng về xác suất không phá hỏng được gọi là chỉ số độ tin cậy  $\beta$ , được xác định thông qua tỉ số giữa tham số thống kê kỳ vọng toán và độ lệch chuẩn của hàm độ tin cậy Z. Việc tính toán xác suất hư hỏng của một thành phần hệ thống được xác định dựa trên hàm độ tin cậy của từng cơ chế hư hỏng như nêu trên, kết hợp thông qua phân tích sơ đồ cây sự cố và tổ hợp xác suất sự cố hệ thống.

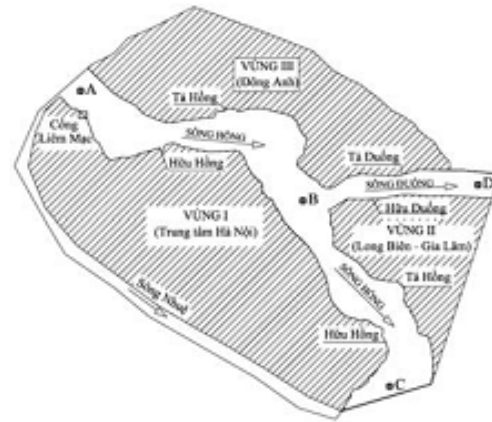
Phân tích an toàn một hệ thống công trình theo lý thuyết này cần thực hiện theo các bước sau: i) Mô tả các thành phần con và toàn bộ hệ thống; ii) Liệt kê các kiểu nguy cơ và sự cố có thể xảy ra; iii) Xây dựng sơ đồ cây sự cố của toàn hệ thống và các hệ thống con; iv) Xác định xác suất có khả năng xảy ra của tất cả các sự cố; v) Xác định xác suất xảy ra sự cố của toàn hệ thống và đánh giá.

## 4. CÁC TRƯỜNG HỢP ỨNG DỤNG

### 4.1. PTAT tuyến đê Hữu Hồng đoạn qua thành phố Hà Nội

Hệ thống phòng chống lũ sông Hồng đoạn qua thành phố Hà Nội, có thể chia thành 03 khu vực như mô tả trên Hình 1. Bài báo này tập trung PTAT cho một đoạn đê được đánh

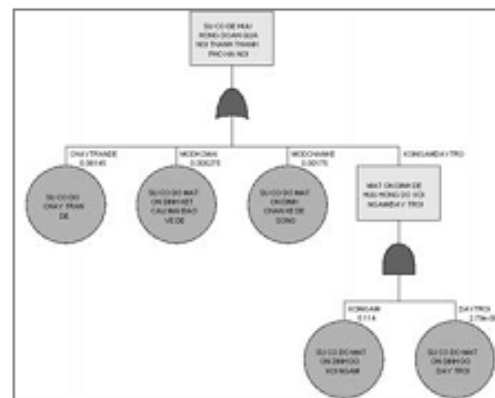
giá là xung yếu thuộc tuyến đê Hữu Hồng bảo vệ cho vùng I (Khu vực nội thành thành phố Hà Nội)



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu

qua nghiên cứu đánh giá hiện trạng và phân tích nguyên nhân gây vỡ đê trong lịch sử, tuyến đê xem xét có thể gặp sự cố theo các cơ chế chính sau đây (Hình 2): Chảy tràn đỉnh đê; mất ổn định kết cấu mái bảo vệ; cơ chế xói chân đê; cơ chế mất ổn định do xói ngầm/đẩy trôi.

Sau khi xây dựng các hàm tin cậy cho từng cơ chế sự cố và giải các hàm độ tin cậy xác định được xác suất sự cố như Bảng 1. Như vậy, kết quả phân tích độ tin cậy đoạn đê xung yếu qua Tp. Hà Nội là  $P=0,1802$  tương đương 1/5,5 (năm) và chỉ số tin cậy  $\beta\approx 1,5$ . Cơ chế nước tràn đỉnh đê ảnh hưởng nhiều nhất đến an toàn đoạn đê Hữu Hồng lựa chọn tính toán (86,83%). Như vậy, với đoạn đê hữu Hồng được lựa chọn tính toán này cần thiết phải được nâng cấp để đảm bảo an toàn.



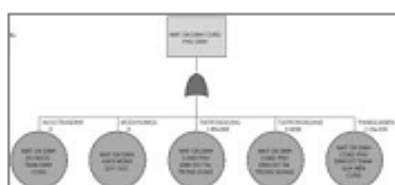
Hình 2. Sơ đồ cây sự cố đê Hữu Hồng

**Bảng 1. Xác suất sự cố đoạn đê Hữu Hồng**

Cơ chế sự cố đê Hữu Hồng	Kí hiệu	Xác suất sự cố
Chảy tràn đê	$P(Z_1 < 0)$	0,06145
Mất ổn định kết cấu mái bảo vệ	$P(Z_2 < 0)$	$2,75 \times 10^{-4}$
Mất ổn định chân kè	$P(Z_3 < 0)$	0,00175
Mất ổn định do xói ngầm	$P(Z_{4.1} < 0)$	0,114
Mất ổn định do dây trôi	$P(Z_{4.2} < 0)$	$2,79 \cdot 10^{-8}$
Xác suất tổng hợp sự cố của toàn hệ thống đê	$P_{HT}$	0,1802

#### 4.2. PTAT công Phú Định thuộc hệ thống KSNL thành phố Hồ Chí Minh

Qua phân tích các tổ hợp và điều kiện làm việc của công, sơ đồ cây sự cố được thiết lập theo tổ hợp bất lợi nhất là tổ hợp ngăn lũ, triều và đón mưa, mô tả như Hình 3.

**Hình 3. Sơ đồ cây sự cố công Phú Định**

Các cơ chế chính có thể dẫn đến hư hỏng gồm sự cố: do tràn nước qua đỉnh công; do mất khả năng chịu tải của nền dưới khối móng qui ước (KMQU); do tải trọng đứng; do tải trọng ngang; và do thấm qua nền công. Xây dựng các hàm tin cậy cho từng cơ chế công Phú Định và giải hàm độ tin cậy cho kết quả như Bảng 2.

**Bảng 2. Xác suất sự cố công Phú Định**

Cơ chế sự cố công Phú Định	Kí hiệu	Xác suất sự cố
Nước tràn đỉnh công	$P(Z_1 < 0)$	$1,91 \times 10^{-119}$
Mất khả năng chịu tải KMQU	$P(Z_2 < 0)$	$5,39 \times 10^{-85}$
Sự cố do tải trọng đứng	$P(Z_3 < 0)$	$3,03 \times 10^{-6}$
Sự cố do tải trọng ngang	$P(Z_4 < 0)$	$9,82 \times 10^{-5}$
Sự cố do thấm qua nền công	$P(Z_5 < 0)$	$1,18 \times 10^{-18}$
Xác suất tổng hợp sự cố công Phú Định	$P_{HT}$	$9,582 \times 10^{-5}$

Kết quả phân tích cũng chỉ ra độ tin cậy an toàn công Phú Định là  $P=9,582 \times 10^{-5}$  với chỉ

số tin cậy  $\beta \approx 3,89$ ; cơ chế mất ổn định do tải trọng ngang có ảnh hưởng lớn nhất đến an toàn công Phú Định (99,48%). Ngoài ra, các cơ chế khác đều có xác suất sự cố rất nhỏ  $P_i < 10^{-6}$ . Với kết quả tính toán này, có thể khẳng định công Phú Định, nếu được xây dựng không cần nâng cấp để đảm bảo an toàn ngập lụt với các yêu cầu thực tế.

#### 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bài báo trình bày khung lý thuyết và bài toán mẫu trong đánh giá an toàn công trình theo lý thuyết độ tin cậy và ứng dụng vào phân tích an toàn cho một số hình loại công trình thủy điển hình tại Việt Nam. Thông qua các trường hợp ứng dụng điển hình này, có thể khẳng định rằng phương pháp phân tích độ tin cậy hoàn toàn có thể được phát triển để ứng dụng trong tính toán công trình thủy trong điều kiện của Việt Nam. Các ứng dụng tương tự hoàn toàn có thể được phát triển mở rộng để áp dụng cho các loại hình công trình khác.

#### 6. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Mai Văn Công, (2006), Thiết kế công trình theo lý thuyết ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy; Bài giảng Khoa Kỹ Thuật Biển, Trường Đại học Thủy lợi;
- [2] Mai Văn Công, (2010), Probabilistic design of coastal flood defences in Vietnam; Luận án tiến sỹ, Trường Đại học Công nghệ Delft, Hà Lan.