

## PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY AN TOÀN CỦA ĐẬP ĐẤT

Nguyễn Lan Hương<sup>1</sup>  
Nguyễn Văn Mạo<sup>1</sup>  
Mai Văn Công<sup>1</sup>

**Tóm tắt:** *Tiếp cận với tiêu chuẩn kỹ thuật của các nước tiên tiến và áp dụng những phương pháp tính hiện đại để nâng cao độ chính xác cho các quyết định khi thiết kế cũng như quản lý chất lượng đập đất là một trong những hướng nghiên cứu tích cực trong lĩnh vực an toàn hồ đập ở nước ta hiện nay. Nội dung chính của bài báo đã phân tích được xác suất an toàn của đập đất theo bài toán tiếp cận với lý thuyết ngẫu nhiên ở mức độ II. Nội dung của bài báo cũng đã đưa ra những kết quả tính toán an toàn đập đất theo hệ thống tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn Châu Âu. Các nội dung của bài báo là những kết quả nghiên cứu mới và là tài liệu tham khảo mang tính thời sự cho công tác nghiên cứu đập đất và an toàn hồ đập.*

**Từ khóa:** thiết kế ngẫu nhiên, phân tích độ tin cậy của đập, an toàn của đập đất, các sự cố của đập đất.

### 1. Đặt vấn đề.

Việt Nam là một trong những quốc gia có nhiều hồ chứa. Để mang lại nguồn lợi lớn, các hồ được thiết kế với đa mục tiêu. Nhiều lưu vực được khai thác theo hệ thống bậc thang. Cùng với các hồ nhỏ trên các suối thượng nguồn nối với nhau thành “mạng lưới kiểu dây bầu, dây bí”. Trừ một số hồ trên các lưu vực lớn có nhiệm vụ phòng lũ, phần lớn các hồ, nhất là các hồ thủy điện ở miền Trung hầu như không có khả năng phòng lũ cho hạ lưu. [7]

Trong một vài thập kỉ gần đây, ảnh hưởng của biến đổi khí hậu làm cho tính bất thường của thời tiết ngày càng rõ rệt, ảnh hưởng của thiên nhiên đối với an toàn hồ đập ngày một khó kiểm soát. Nguy cơ vỡ đập gây ra thảm họa cho loài người ngày một trở nên trầm trọng hơn. Nghiên cứu giải pháp nhằm đảm bảo an toàn hồ đập và giảm thiểu thiệt hại do vỡ đập gây ra đối với các quốc gia có nhiều hồ đập, trong đó có Việt Nam luôn là vấn đề thời sự mang tính cấp thiết. [6]

Chất lượng của các công trình tạo thành hồ chứa như đập dâng, công trình tháo lũ, cống lấy nước... ảnh hưởng trực tiếp đến an toàn của hồ. Mỗi công trình là một hệ thống kết cấu phức tạp. Trong quá trình làm việc, các công trình này lại có liên quan với nhau theo một logic. Trong ứng xử an toàn hồ đập, chúng được xem như là một hệ thống, thường gọi là “hệ thống công trình đầu mối ở hồ chứa”, trong đó đập là một phần tử quan trọng trong hệ thống này. [4]

Thực tế xây dựng và khai thác hệ thống hồ chứa thủy lợi cho thấy, không ít hệ thống công

trình bị sự cố với nhiều lý do khác nhau, trong đó có những yếu tố không được xét đến do hạn chế của các phương pháp tính toán nên đã gây ra những tổn thất lớn đối với sản xuất, kinh tế, môi trường và con người. Cho đến nay, ở Việt Nam, các hệ thống công trình đầu mối ở các hồ chứa đã và đang được thiết kế theo phương pháp truyền thống, phương pháp thiết kế tất định. Phương pháp này không định lượng được mức độ ảnh hưởng của từng thành phần đến an toàn chung của hệ thống. Vì vậy người thiết kế cũng như người quản lý chưa có căn cứ chắc chắn để phân tích các nhân tố ảnh hưởng đến an toàn hồ, làm cơ sở đưa ra những quyết định hợp lý khi thiết kế cũng như khi vận hành khai thác công trình.

Hiện nay trên thế giới, lý thuyết ngẫu nhiên đang được dùng tương đối phổ biến trong những nghiên cứu, tính toán phân tích an toàn hệ thống như hệ thống phòng lũ, hệ thống công trình xây dựng... Trong lĩnh vực công trình xây dựng, nhiều nước tiên tiến ở châu Âu, Mỹ, Nga, Trung Quốc vv... đã đưa ra những tiêu chuẩn an toàn công trình theo xác suất an toàn cho phép hoặc độ tin cậy an toàn của công trình. [2] [5]

Hiện nay tại Việt Nam đang sử dụng hỗn hợp các phương pháp: phương pháp ứng suất cho phép, phương pháp hệ số an toàn và phương pháp trạng thái giới hạn cùng với mô hình thiết kế truyền thống để tính toán công trình. Theo mô hình thiết kế này tải trọng và độ bền tính toán được mặc định trong suốt quá trình làm việc của công trình. Nhưng thực tế các hàm tải trọng và độ bền chịu tác động của rất nhiều yếu

tổ khác nhau và biến đổi theo quy luật ngẫu nhiên. Vì vậy quan niệm về quan hệ giữa tải trọng và sức chịu tải của công trình trong quá trình làm việc của mô hình thiết kế truyền thống ngày càng trở nên lạc hậu. Xu hướng tiến bộ hiện nay là thiết kế công trình theo lý thuyết ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy. Mức độ tiếp cận với phương pháp thiết kế hiện đại này hiện được chia ra ở các cấp độ khác nhau:

- Tiếp cận mức độ xác suất cấp độ 0, thiết kế truyền thống, sử dụng phương pháp hệ số an toàn.

- Tiếp cận mức độ xác suất cấp độ I, thiết kế bán xác suất, sử dụng phương pháp nhiều hệ số an toàn (phương pháp trạng thái giới hạn).

- Tiếp cận xác suất cấp độ II và cấp độ III, phương pháp tiếp cận ngẫu nhiên.

Mức độ III, trong đó các hàm phân bố của các biến được giữ nguyên quy luật phân bố và các tính toán không sử dụng các phương pháp gần đúng. Cấp độ II, trong đó sử dụng các phương pháp gần đúng để biến đổi luật phân bố của các tải trọng và sức chịu tải về các hàm phân bố chuẩn, các tính toán sử dụng các phương pháp xác suất gần đúng.

Bài báo này trình bày một số kết quả phân tích an toàn đập đất tiếp cận với lý thuyết ngẫu nhiên ở cấp độ II làm cơ sở thiết lập bài toán phân tích độ tin cậy an toàn hệ thống công trình đầu mối hồ chứa.

## 2. Nội dung bài toán tiếp cận với lý thuyết ngẫu nhiên ở cấp độ II

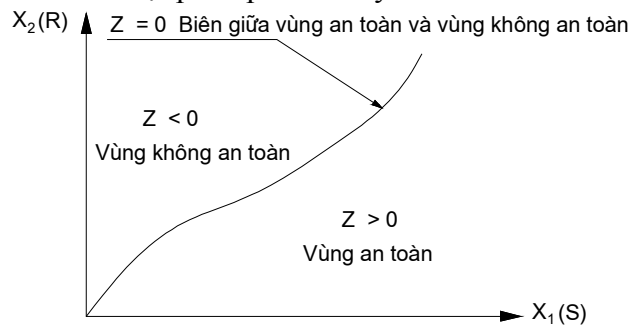
Với quan niệm đập đất bị mất an toàn (xảy ra sự cố), trong trường hợp tải trọng và các tác động (S) vào đập vượt quá khả năng chịu tải thiết kế (R), hoặc tải trọng và tác động nằm trong giới hạn thiết kế nhưng sức chịu tải của đập đã bị suy giảm, trong tính toán thiết lập được hàm tin cậy (Z).

$$Z = R - S \quad (1)$$

Trong đó sức chịu tải R và tải trọng tác dụng S là các hàm số của các đại lượng ngẫu nhiên có luật phân phối xác định. Theo biểu thức (1) hàm Z được qui ước như sau:  $Z < 0$  đập không thỏa mãn điều kiện an toàn;  $Z > 0$ , đập thỏa mãn điều kiện an toàn;  $Z = 0$  là ranh giới giữa vùng an toàn và vùng không an toàn (xem hình 1).

Hàm tin cậy Z có thể là hàm tuyến tính có các biến ngẫu nhiên phân phối chuẩn; Z là hàm phi tuyến với các biến ngẫu nhiên phân phối chuẩn; Z: là hàm phi tuyến với các biến ngẫu

nhiên có luật phân phối bất kỳ



Hình 1: Mô phỏng biên sự cố.

Các thuật toán trong bài toán này được thực hiện theo 6 bước sau:

(1) Xây dựng hàm tin cậy Z theo công thức (1).

(2) Biến đổi các biến ngẫu nhiên (BNN) của hàm Z có luật phân phối (PP) bất kỳ về luật phân phối chuẩn. Xác định kỳ vọng ( $\mu_{X_i}$ ) và độ lệch chuẩn ( $\sigma_{X_i}$ ) của các BNN đó :

$$\mu_{X_i} = \bar{X} = \sum_{i=1}^n \frac{X_i}{n}; \quad (2);$$

$$\sigma_{X_i} = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}; \quad (3)$$

(3) Khai triển Taylor đối với hàm Z và sử dụng 2 biểu thức đầu của đa thức này. Hàm Z được tuyến tính hóa tại điểm thiết kế (ĐTK) ban đầu:  $X_o (X_1^o, X_2^o, X_3^o, \dots)$ ;

$$\text{trong đó: } X_i^o = \mu_{X_i}; \quad (5)$$

$$Z = Z(X_o) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial Z(X_o)}{\partial X_i} \cdot (X_i - X_o); \quad (6)$$

trong đó: kỳ vọng ban đầu của hàm Z tính theo (7) và độ lệch chuẩn ban đầu của hàm Z tính theo (8)

$$\mu_Z = Z(X_o) + \sum_{i=1}^n \frac{\partial Z(X_o)}{\partial X_i} \cdot (\mu_{X_i} - X_o); \quad (7)$$

$$\sigma_Z = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\partial Z(X_o)}{\partial X_i} \cdot \sigma_{X_i} \right)^2}; \quad (8)$$

$$(4) \text{ Tính độ tin cậy: } \beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z}; \quad (9)$$

$$\text{và xác suất hư hỏng: } P_{(Z<0)} = \phi(-\beta); \quad (10)$$

(5) Tính hệ số ảnh hưởng:

$$\alpha_i = - \frac{\frac{\partial Z(X_o)}{\partial X_i} \sigma_{X_i}}{\sigma_Z}; \quad (11)$$

(6) Xác định tọa độ ĐTK mới:

$$X^* (X_1, X_2, X_3, \dots); \quad (12)$$

$$\text{trong đó: } X_i = \mu_{X_i} + \alpha_i \cdot \beta \cdot \sigma_{X_i}; \quad (13)$$

- Tính lặp để tìm điểm thiết kế và các đặc trưng thống kê của hàm Z. Quá trình lặp được mô tả trên sơ đồ hình 2, bước lặp chỉ dừng lại khi điểm thiết kế hội tụ.

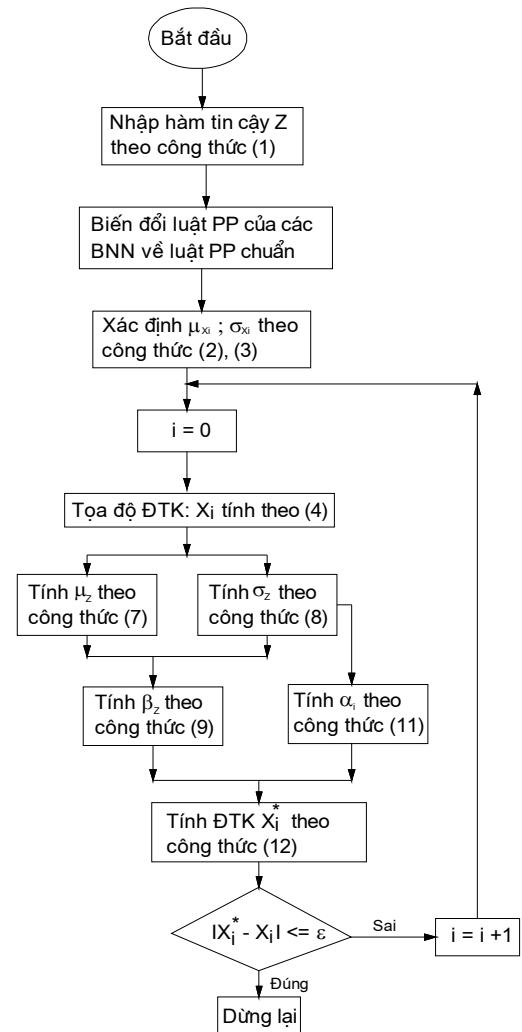
- ĐTK: là điểm nằm trên đường biên giữa vùng an toàn và vùng không an toàn mà tại đó mật độ phân phối xác suất của hàm tin cậy Z là lớn nhất. Sử dụng kết quả ĐTK cuối cùng (đã hội tụ) để tính các đặc trưng thống kê của hàm Z, từ đó xác định được xác suất xảy ra sự cố  $P_{(Z<0)}$ .

### 3. Tính độ tin cậy và xác suất hư hỏng của đập đất.

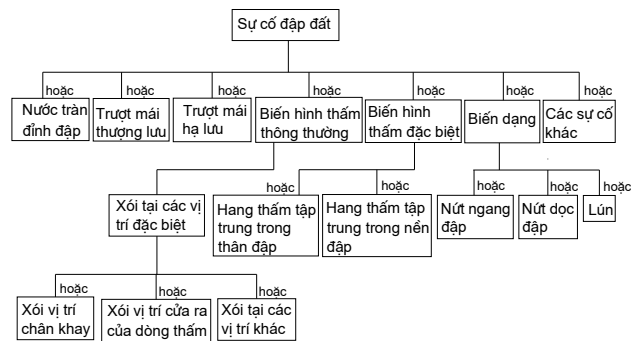
#### 3.1 Cây sự cố đập đất.

Đặc điểm nổi bật của đập đất là đập được đắp bằng vật liệu đất nên không cho phép nước tràn qua. Trong quá trình làm việc đập chịu tác động của cột nước trong hồ, dòng thấm trong đập, môi trường nền, mưa, nhiệt độ, độ ẩm của môi trường không khí, và các tác động của môi trường sinh thái... Về mặt cơ học sự làm việc của đập đất là sự làm việc của một hệ thống kết cấu phức tạp. Phân tích sự làm việc của đập, các bài toán thường tiếp cận với bài toán tương tác giữa ba môi trường: Nền - Nước – Đập.

Đập bị phá hoại dẫn tới sự cố vỡ đập có thể xuất phát từ một nguyên nhân hoặc nhiều nguyên nhân móc nối với nhau. Các kết quả phân tích cơ học và các nghiên cứu tổng kết trong thực tiễn đã đưa các quy định về cơ chế phá hoại điển hình và các điều kiện để đảm bảo an toàn cho đập vào trong các tiêu chuẩn kỹ thuật tính toán đập đất. Trên cơ sở phân tích đặc điểm làm việc của đập và dựa theo tiêu chuẩn thiết kế đập đất hiện hành có thể thiết lập được sơ đồ cây sự cố đập đất như hình 3. [10]



Hình 2: Lưu đồ bài toán lặp tìm ĐTK và các đặc trưng thống kê của hàm Z



Hình 3: Cây sự cố đập đất.

### 3.2 Hàm tin cậy của các cơ chế phá hoại.

#### (1) Nước tràn qua đỉnh đập

Hàm tin cậy của cơ chế phá hoại do nước tràn qua đỉnh đập là hàm  $Z_1$ , biểu diễn quan hệ giữa cao trình đỉnh đập  $Z_D$  và mực nước tính toán trong hồ  $Z_{MN}$ :

$$Z_1 = Z_D - Z_{MN} \quad (14)$$

Cao trình đỉnh đập  $Z_D$  xác định từ liệt thống

kê số liệu quan trắc thường xuyên, mực nước tính toán  $Z_{MN}$  xét đến chiều cao sóng leo, nước dâng do gió... theo tiêu chuẩn thiết kế đập đất hiện hành. [10]

Đập làm việc an toàn khi:

$$P_{(Z_1 < 0)} < [P_f^1] \quad (15)$$

Trong đó  $[P_f^1]$  xác suất sự cố cho phép của cơ chế nước tràn đỉnh đập.

(2) Mái đập thượng lưu, hạ lưu bị trượt.

Theo tiêu chuẩn thiết kế đập đất hiện hành, tính toán ổn định mái dốc đập được thực hiện theo phương pháp mặt trượt trụ tròn. Các tính toán thực hiện theo cách thử dần để tìm ra mặt trượt có khả năng chống trượt nhỏ nhất, mức độ an toàn của đập được đánh giá từ kết quả tính toán với mặt trượt này.

Hiện nay có nhiều công thức tính ổn định, trong bài này sử dụng công thức Odinary để thiết lập hàm tin cậy.

$$F_S = \frac{\sum M_{ct}}{\sum M_{gt}} = \frac{\sum_{i=1}^n (N_i - u_i l_i) \cdot tg \varphi_i + \sum_{i=1}^n C_i l_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (16)$$

Trong công thức (16), tử số là thành phần chống trượt, bao gồm lực ma sát và lực dính trên mặt trượt, tương đương với sức chịu tải R của đập, mẫu số là thành phần gây trượt, do thành phần tiếp tuyến của trọng lượng khối trượt gây ra, tương đương với tải trọng tác dụng S. Hàm tin cậy trượt mái  $Z_2$  như công thức (17):

$$Z_{2,3} = \left[ \sum_{i=1}^n (N_i - u_i l_i) \cdot tg \varphi_i + \sum_{i=1}^n C_i l_i \right] - \sum_{i=1}^n T_i \quad (17)$$

Tính toán với mặt trượt có khả năng chống trượt nhỏ nhất, đập an toàn không bị trượt mái khi thỏa mãn điều kiện (18):

$$P_{(Z_2 < 0)} < [P_f^2] \quad (18)$$

Trong đó  $[P_f^2]$  xác suất sự cố cho phép của cơ chế trượt mái đập.

Biểu thức (17) và (18) có thể sử dụng chung cho tính toán ổn định mái thượng lưu và mái hạ lưu. Nhưng trường hợp tính toán và các tác động đối với hai mái khác nhau. [10]

(3) Biến hình thấm thông thường.

Tại các vị trí đặc biệt trong thân đập như chân khay, cửa ra của dòng thấm... có thể xảy ra xói do gradien thấm tại các vị trí đó vượt quá gradien thấm cho phép.

Hàm tin cậy xói cục bộ như biểu thức (19), (20):

Hàm tin cậy xói chân khay:

$$Z_{4-1} = [J]^{chankhay} - J_{chankhay}^{max} \quad (19)$$

Hàm tin cậy xói cửa ra:

$$Z_{4-2} = [J]^{ra} - J_{ra}^{max} \quad (20)$$

Trong đó:  $J_{ra}^{max}$ ,  $J_{chankhay}^{max}$ : gradien thấm lớn nhất tại vị trí cửa ra và ở chân khay, xác định được nhờ các tính toán thấm;  $[J]^{ra}$ ,  $[J]^{chankhay}$ : gradien thấm cho phép tại vị trí cửa ra và ở chân khay, xác định từ các số liệu thí nghiệm đất đắp đập ở vị trí cửa ra và đất làm chân khay.

Đập không bị phá hoại do biến hình thấm cục bộ khi thỏa mãn biểu thức (21).

$$P_{(Z_4 < 0)} < [P_f^4] \quad (21)$$

Trong đó  $[P_f^4]$  xác suất sự cố cho phép về biến hình thấm thông thường.

(4). Biến hình thấm đặc biệt.

Trong quá trình đắp đập, việc đầm chặt có thể đã không thực hiện được đồng đều trên toàn mặt cắt đập hoặc chất lượng đất có chỗ đã không đúng như dự định, hoặc xử lý nền đập không triệt để, đập và nền tiềm ẩn những "hang thấm". Để đảm bảo an toàn cho đập ngoài yêu cầu về độ dốc thấm cục bộ, còn phải xét đến độ dốc thấm trung bình ở đập và nền. Từ điều kiện đảm bảo không xảy ra biến hình thấm đặc biệt ở đập và nền xây dựng được hàm tin cậy như công thức (22).

$$Z_5 = [J_{kcp}] - J_{tb} \quad (22)$$

Trong công thức (22),  $[J_{kcp}]$  là độ dốc thủy lực cho phép của đập hoặc nền, được quy định trong các tiêu chuẩn thiết kế hiện hành;  $J_{tb}$  là độ dốc trung bình của dòng thấm của đập hoặc nền xác định được thông qua tính toán thấm.

Đập hoặc nền thỏa mãn điều kiện biến hình thấm đặc biệt khi thỏa mãn biểu thức (23).

Trong đó  $[P_f^5]$  xác suất sự cố cho phép về biến hình thấm của đập.

$$P_{(Z_5 < 0)} < [P_f^5] \quad (23)$$

### 3.3 Xác suất sự cố của đập đất.

Sơ đồ cây sự cố của đập như ở hình 3, các cơ chế sự cố xảy ra là độc lập và có quan hệ với nhau trong một hệ thống nối tiếp. Hàm tin cậy Z được tính toán ở cấp độ II nên xác suất sự

cổ của đập đất là  $P_f^d$  được tính theo công thức biên rộng như công thức (24).

$$\max [P_f^i (Z_i < 0)] < P_f^d < \sum_{i=1}^7 [P_f^i (Z_i < 0)] \quad (24)$$

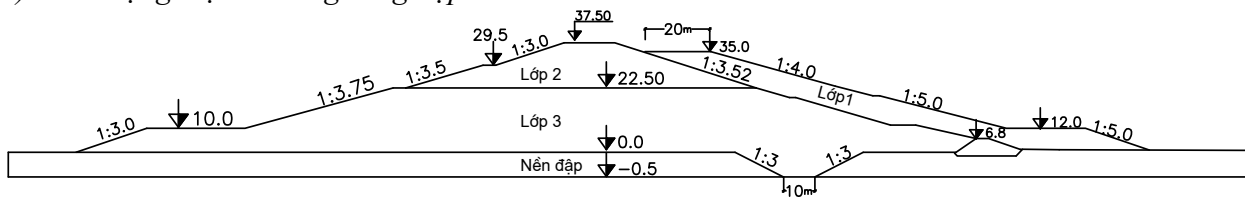
Trong đó:  $P_f^i (Z_i < 0)$ : xác suất sự cố của cơ chế thứ i.

Để làm tường minh các vấn đề đã trình bày ở trên, trong phần này trình bày ví dụ bằng số, trong đó các số liệu tính toán được thu thập ở đập chính hồ chứa nước Phú Ninh, tỉnh Quảng Nam.

### 3.3.1 Các thông số sử dụng trong tính toán

- Đập chính Phú Ninh là công trình cấp II, được xây dựng trên sông Tam Kỳ, thuộc địa bàn thành phố Tam Kỳ – tỉnh Quảng Nam. Đập dài 620m, cao 37,5m. Hình thức của đập là đập đất nhiều khối (3 khối) trên nền thấm nước mạnh.

a) Hình dạng mặt cắt lòng sông đập chính Phú Ninh.



Hình 4: Mặt cắt đập chính Phú Ninh dùng trong tính toán.

b) Các chỉ tiêu cơ lý của đất đắp đập và đất nền đập. c) Các trường hợp mực nước tính toán.

Các lớp đất		Dung trọng tự nhiên của đất	Góc ma sát trong	Lực dính	Hệ số thấm
		$\gamma_{wz}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ , (độ)	C, (KN/m <sup>2</sup> )	K, (m/s)
Lớp 1	$\mu$	19.78	20	23	$1 \times 10^{-6}$
	$\sigma$	1.798	2	2.3	
Lớp 2	$\mu$	18.515	15	22	$1,4 \times 10^{-6}$
	$\sigma$	1.8515	1.5	2.2	
Lớp 3	$\mu$	18.63	12	22	$4 \times 10^{-6}$
	$\sigma$	1.863	1.2	2.2	
Nền đập	$\mu$	19.205	22	0	$2 \times 10^{-5}$
	$\sigma$	1.9205	2.2	0	
Lăng trụ thoát nước	$\mu$	21	35	0	$1 \times 10^{-2}$
	$\sigma$	2.1	3.5	0	

Các TH tính toán	Cao độ mực hồ	Ghi chú
1	32	MNDBT
2	33	MNL(Mực nước lũ)
3	34	MNL
4	35	MNL
5	35.4	MNLTK (P=0.5%)
6	36	MNLKT (0,1%)
7	36.45	Đập sự cố tự vỡ
8	36.81	MNLKT (PMF)
9	37	MNL
10	37.42	Sự cố 1 cửa tràn xả lũ
11	37.5	Cao trình đỉnh đập

d) Các tham số cho phép theo tiêu chuẩn Eurocode và tiêu chuẩn Việt Nam.

Bảng 3: Các giá trị cho phép theo tiêu chuẩn Việt Nam và Eurocode.

Xác suất sự cố cho phép: $[P_f^i]$ theo tiêu chuẩn Eurocode					Gradient thấm cho phép: $[J]$ ; hệ số an toàn cho phép: $[Fs]$ theo tiêu chuẩn Việt Nam					
$[P_f^d]$	$[P_f^1]$	$[P_f^2]$	$[P_f^4]$	$[P_f^5]$	$[J]^{ch\grave{a}nh\grave{a}y}$	$[J]^{ra}$	$[J_{kcp}]_{dap}$	$[J_{kcp}]_{nen}$	$[Fs]_{cơ\ b\grave{a}n}$	$[Fs]_{đ\grave{a}c\ b\grave{e}t}$
$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$6 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-4}$	0,75	0,55	1,15	0,2	1,3	1,15

### 4.3.2 Tính các thành phần trong các công thức từ (14) đến (24).

- Các tham số thống kê ( $\mu_{Z_i}, \sigma_{Z_i}, \beta_{Z_i}$ ) của các hàm tin cậy:  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$  tương ứng theo các công thức (14), (17), (19), (20), (22) được tính toán theo các bước như trong mục 3 (Từ 1→6).

- Xác suất an toàn của từng cơ chế sự cố theo các công thức (15), (18), (21), (23), được xác định thông qua chỉ số tin cậy  $\beta_{Z_i}$  đã tìm được từ các hàm  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$ . Từ  $\beta_{Z_i}$  tra bảng phân phối chuẩn xác định được xác suất sự cố cho phép  $[P_f^i]$ . Kết quả tính toán như bảng 5.

- Sử dụng phần mềm Seep/w để tính thấm: tính xói cục bộ tại chân khay và cửa ra. Các giá trị  $J_{ch\grave{a}n\ k\grave{h}ay}^{max}; J_{ra}^{max}$  ứng với các trường hợp mực

nước thay đổi được xác định từ phần mềm này. Các hệ số an toàn nhỏ nhất Fs (16) của mái đập được xác định bằng phần mềm Slope/w. Kết quả như bảng 4.

- Xác suất sự cố của đập đất tương ứng với các mực nước thay đổi được tính theo công thức (20). Kết quả tính toán như bảng 5.

#### 4.3.3 Các kết quả tính toán.

a) Đánh giá an toàn đập theo tiêu chuẩn Việt Nam.

- Theo tiêu chuẩn Việt Nam, không có hệ số an toàn chung cho phép đối với đập mà chỉ có các hệ số an toàn cho từng sự cố công trình. Kết quả tính toán như bảng 5.

Bảng 4: Kết quả đánh giá an toàn đập theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Các chế độ	Cao độ mực nước H (m)											Hệ số an toàn cho phép		Kết luận
	32	33	34	35	35.4	36	36.45	36.81	37	37.42	37.5	Tổ hợp biến	Tổ hợp biến	
(1)	2.920	2.670	1.990	1.580	1.310	0.670	0.210	-0.152	-0.340	-0.440	-0.840			Tổ MNLKT = 36.81(PMF) trở lên nên tràn qua đỉnh đập.
(2)	1.737	1.587	1.677	1.813	1.776	1.773	1.77	1.697	1.660	1.652	1.673	1.3	1.15	Mái TL không bị trượt
(3)	1.360	1.347	1.330	1.317	1.304	1.298	1.291	1.286	1.283	1.271	1.270	1.3	1.15	Mái HL không bị trượt
(4)	0.555	0.576	0.597	0.616	0.630	0.645	0.655	0.665	0.670	0.680	0.685	0.75		Chân khay không bị xói
(5)	0.337	0.352	0.367	0.383	0.390	0.400	0.410	0.415	0.420	0.425	0.428	0.55		Cửa ra không bị xói
(6)	0.211	0.222	0.233	0.245	0.250	0.258	0.263	0.268	0.271	0.276	0.277	1.15		Không nguy hiểm khi có hàng thấm trong thân đập.
(7)	0.111	0.114	0.118	0.121	0.123	0.125	0.126	0.128	0.128	0.130	0.130	0.2		Không nguy hiểm khi có hàng thấm trong nền.

Ký hiệu: (1): Nước tràn đỉnh đập; (2): Trượt mái thượng lưu; (3): Trượt mái hạ lưu; (4): Xói chân khay; (5): Xói cửa ra; (6): Hàng thấm tập trung trong thân; (7): Hàng thấm tập trung trong nền

b) Đánh giá an toàn đập theo tiêu chuẩn Eurocode.

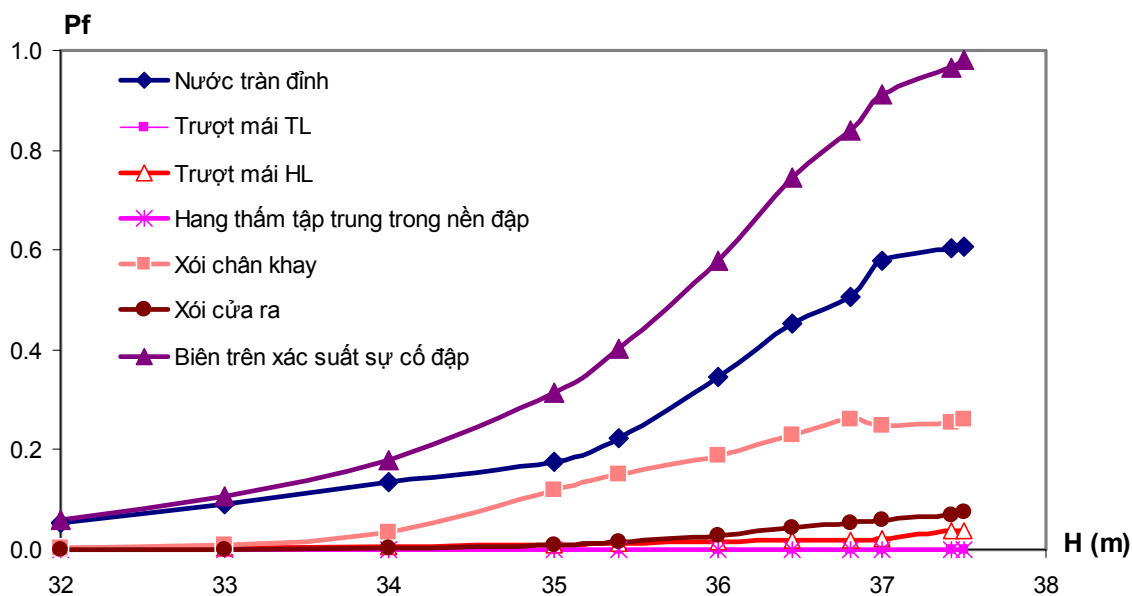
Hiện nay Việt Nam chưa có các tiêu chuẩn về độ tin cậy cho phép hay xác suất sự cố cho phép để đánh giá an toàn đập đất. Theo tiêu

chuẩn Eurocode.  $[P_f^d]$  xác suất sự cố cho phép của đập được xác định theo bảng 3.

Bảng 5: Bảng tổng hợp xác suất sự cố của đập.

Các chỉ số	Cao độ mực nước H (m)											[P]	Kết luận
	32	33	34	35	35.4	36	36.45	36.81	37	37.42	37.5		
(1)	0.055	0.091	0.135	0.177	0.223	0.345	0.452	0.505	0.580	0.602	0.606	1.E-03	Có khả năng nước tràn qua đỉnh đập.
(2)	3.9E-04	2.2E-04	2.3E-04	1.6E-04	1.1E-04	9.0E-05	7.2E-05	4.0E-05	1.3E-05	7.9E-06	4.0E-06	6.E-04	Mái TL không bị trượt
(3)	0.0032	0.0047	0.0072	0.0102	0.0131	0.0153	0.0178	0.0200	0.0213	0.0377	0.0387	6.E-04	Có khả năng mái HL bị trượt
(4)	0.00239	0.0098	0.0339	0.118	0.15	0.19	0.23	0.26	0.25	0.255	0.26	4.E-04	Có khả năng chân khay bị xói
(5)	1.3E-05	3.3E-04	2.6E-03	8.2E-03	1.6E-02	2.8E-02	4.5E-02	5.5E-02	6.0E-02	7.0E-02	7.5E-02	4.E-04	Tổ MN +34 trượt lên cửa ra có khả năng bị xói
(6)	1.2E-12	1E-10	1.1E-09	1.5E-09	1.8E-09	6.00E-09	1.10E-08	3.30E-08	5.80E-08	1.00E-07	1.70E-07	4.E-04	Không nguy hiểm khi có hàng thấm trong thân đập.
(7)	1.2E-12	1E-10	1.1E-09	1.5E-09	1.80E-09	6.00E-09	1.10E-08	3.30E-08	5.80E-08	1.00E-07	1.70E-07	4.E-04	Không nguy hiểm khi có hàng thấm trong nền.
$P_f^d$	Biên trên	0.061	0.106	0.179	0.314	0.402	0.578	0.745	0.840	0.911	0.965	1.E-03	Có khả năng đập bị sạt.
	Biên dưới	0.055	0.091	0.135	0.177	0.223	0.345	0.452	0.505	0.580	0.602		

Ký hiệu: [P]: Xác suất sự cố cho phép của từng cơ chế sự cố;  $P_f^d$ : Xác suất xảy ra sự cố của đập đất.

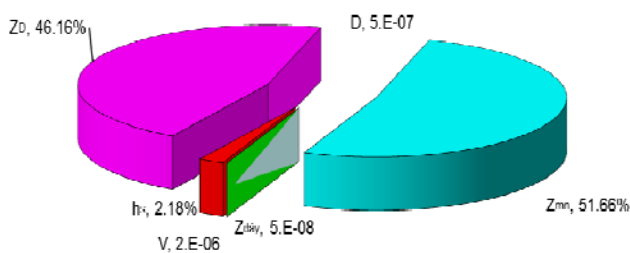


Hình 5: Xác suất sự cố của đập khi mực nước hồ thay đổi.

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

- Từ kết quả ở bảng 4 cho thấy: theo tiêu chuẩn Việt Nam thấy đập làm việc an toàn trong hầu hết các trường hợp mực nước đã tính toán, chỉ khi mực nước hồ +36,81 (PMF), đập xảy ra sự cố, nước tràn đỉnh đập.

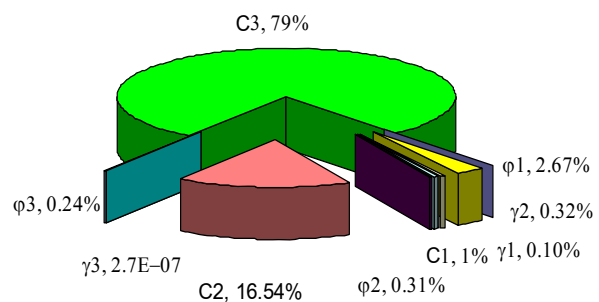
- Kết quả ở bảng 5, tính toán đập theo tiêu chuẩn Eurocode cho thấy: 11 trường hợp tính toán, xác suất xảy ra sự cố vỡ đập là rất lớn và luôn vượt quá xác suất sự cố cho phép của đập. Biên trên: xác suất sự cố dao động từ 0,061 đến 0,981; biên dưới từ 0,055 đến 0,606. Trong đó:



Hình 6: Ảnh hưởng của các đại lượng ngẫu nhiên đến cơ chế nước tràn đỉnh

+ Sự cố nước tràn đỉnh, trượt mái hạ lưu và xói tại chân khay là những nguyên nhân chính dẫn đến sự cố ở đập đất (hình 6). Các cơ chế còn lại có xác suất sự cố rất nhỏ và luôn thỏa mãn tiêu chuẩn cho phép.

+  $Z_D$  và  $Z_{mn}$  là hai đại lượng ngẫu nhiên có ảnh hưởng chính đến sự cố nước tràn đỉnh (97.82%). Lực dính của đất đắp đập lớp 3 và lớp 2 ( $C_3$ ,  $C_2$ ) ảnh hưởng 95,54% đến sự cố trượt mái hạ lưu.  $Z_{mn}$  có ảnh hưởng chủ yếu đến cơ chế xói chân khay. Các đại lượng ngẫu nhiên còn lại có ảnh hưởng không đáng kể (hình 6, 7).



Hình 7: Ảnh hưởng của các đại lượng ngẫu nhiên đến cơ chế trượt mái hạ lưu đập

#### 5. Kết luận.

Tuy còn bị hạn chế ở mức độ tiếp cận với phân tích ngẫu nhiên ở cấp độ II, các tính toán đã trình bày trong bài báo, đã đưa ra được xác suất an toàn và phân tích được các nhân tố ảnh hưởng đến an toàn của đập.

Bài báo cũng đã đưa ra các kết quả tính toán an toàn đập đất theo tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn Châu Âu cho thấy yêu cầu về chất lượng đập đất của tiêu chuẩn Châu Âu cao hơn so với tiêu chuẩn Việt Nam.

Các kết quả nghiên cứu đã trình bày trong bài báo chứng tỏ nghiên cứu ứng dụng và phát triển các phương pháp tính toán hiện đại và tiếp cận với các tiêu chuẩn kỹ thuật của các nước tiên tiến là một trong những hướng tích cực hiện nay trong lĩnh vực an toàn hồ đập ở nước ta.

Các nội dung của bài báo là những kết quả nghiên cứu mới và là tài liệu tham khảo mang tính thời sự cho công tác nghiên cứu đập đất và an toàn hồ đập

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO.

[1] Mai Van Cong. *Probabilistic design of coastal flood defences in Vietnam*. Sieca Repro, the Netherlands (2010). ISBN: 978-90-9025648-1, 249p.

[2] Mai Văn Công. *Thiết kế công trình theo lý thuyết ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy*. Giáo trình 2005.

[3] Phạm Hồng Cường. *Nghiên cứu xây dựng phương pháp đánh giá chất lượng hệ thống công trình thủy nông theo lý thuyết độ tin cậy trong điều kiện Việt Nam*. Luận án tiến sỹ kỹ thuật, 2009.

[4] Nguyễn Lan Hương, Nguyễn Văn Mạo, Mai Văn Công. *Application of probabilistic reliability analysis in dam safety in Vietnam*. ICEC 2012, Proceedings of the fourth International

Conference on Estuaries and Coasts, volume 2.

[5] Nguyễn Văn Mạo. *Lý thuyết độ tin cậy trong thiết kế công trình thủy công*. Bài giảng cao học. Đại học Thủy Lợi 2000.

[6] Nguyễn Văn Mạo & nnk, Nghiên cứu cơ sở khoa học và các giải pháp kỹ thuật đảm bảo an toàn công trình xây dựng trong điều kiện thiên tai bất thường Miền Trung. Đề tài cấp Nhà Nước. Hà Nội 2009.- 2011

[7] Nguyễn Văn Mạo & nnk, Nghiên cứu các giải pháp khoa học công nghệ đảm bảo an toàn hồ chứa nước miền Trung, đề tài cấp bộ NN&PTNT. Hà Nội 2006.

[8] TCXDVN 285-2002.

[9] EN 1990:2002. Eurocode - Basis of structural design.

[10] Tiêu chuẩn thiết kế đập đất đầm nén TCN 157 – 2005.

#### Abstract:

### RELIABILITY ANALYSIS OF EARTH DAMS

*Approaching to the technical standards of developed countries and applying the modern methods of calculation to improve the accuracy of the design decisions as well as to manage the quality of earth dams is one of the advanced research directions in the field of Dams and Reservoirs Safety in Vietnam today. The main content of this paper is to analyze the probability of earth dam safety according to the stochastic theory - level II. The paper also gives the results of the calculations of earth dam safety according to the Vietnamese standards and European standards. This paper includes the results of the last studies and can be considered to be the reference for research in the field of dam and reservoir safety.*

**Keywords:** probabilistic design, stochastic theory, reliability analysis, dam and reservoir safety, failure earth dams.

---

Người phản biện: **GS.TS. Nguyễn Chiến**

BBT nhận bài: 03/12/2012

Phản biện xong: 13/12/2012