

# MỘT PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ XÁC SUẤT AN TOÀN CỦA CỐNG LỘ THIÊN - ỨNG DỤNG CHO CỐNG TÂN ĐỆ THUỘC HỆ THỐNG THỦY LỢI NAM THÁI BÌNH

Nguyễn Lan Hương<sup>1</sup>, Nguyễn Quang Hùng<sup>1</sup>, Đặng Quang Huy<sup>2</sup>

## TÓM TẮT

Hiện nay, đa số các hệ thống thủy lợi Việt Nam được thiết kế theo phương pháp tắt định và phân tích hệ số an toàn, trong khi nhiều nước trên thế giới đã tiếp cận với mô hình thiết kế ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy. Đây là một phương pháp thiết kế hiện đại và đang được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực trên thế giới. Nghiên cứu đã xây dựng phương pháp đánh giá độ tin cậy của cống lộ thiên theo lý thuyết độ tin cậy cấp độ II: mô phỏng hệ thống cống lộ thiên, xây dựng hàm tin cậy theo các trạng thái giới hạn, xử lý các biến ngẫu nhiên theo lý thuyết xác suất - thống kê, tính độ tin cậy của từng cơ chế sự cố và độ tin cậy của hệ thống cống theo sơ đồ ghép nối tiếp. Thực hiện các đánh giá về độ tin cậy cho cống Tân Đệ - Thái Bình, phân tích mức độ ảnh hưởng của các cơ chế sự cố và các biến ngẫu nhiên đến độ tin cậy của hệ thống theo các tiêu chuẩn về độ tin cậy của Nga và Trung Quốc, từ đó đề xuất các giải pháp nâng cao độ tin cậy cho cống.

**Từ khóa:** Cống lộ thiên, hàm tin cậy, độ tin cậy, cơ chế phá hoại, biến ngẫu nhiên, cây sự cố.

## 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các công trình thủy lợi ở Việt Nam chủ yếu được thiết kế theo phương pháp tắt định và phân tích hệ số an toàn. Mức độ an toàn của các hệ thống được đánh giá thông qua các bài toán về thủy lực, ổn định và độ bền, trong đó các chỉ tiêu kỹ thuật của công trình được mô phỏng qua khả năng tháo, khả năng chịu tải của công trình nhưng sự ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên và thành phần công trình đến hệ thống chưa được xét đến. Hiện nay, nhiều nước tiên tiến trên thế giới: Nga, Trung Quốc, Nhật Bản và một số nước châu Âu đã sử dụng phương pháp thiết kế ngẫu nhiên và các tiêu chuẩn về độ tin cậy để đánh giá an toàn công trình. Khi thiết kế công trình theo phương pháp ngẫu nhiên, các bài toán tiếp cận được với thực tế hơn bởi phương pháp này xét được đầy đủ mức độ ảnh hưởng của tính biến đổi ngẫu nhiên của tính chất các vật liệu xây dựng và đất nền cũng như của tải trọng đến trạng thái kết cấu. Phương pháp này ngoài việc tính được độ tin cậy an toàn cho cả hệ thống còn là tiền đề cho quá trình phân tích rủi ro sau này [1]. Việt Nam đã có nhiều nghiên cứu về độ tin cậy cho công trình thủy lợi: đê, đập đất, cống ngầm, tràn xả lũ, tuy nhiên việc ứng dụng lý thuyết ngẫu nhiên để

tính độ tin cậy cho hệ thống cống lộ thiên là chưa được đề cập nhiều.

Bài báo đã xây dựng phương pháp tính độ tin cậy cho cống lộ thiên theo hướng tiếp cận với phương pháp phân tích hệ thống kết hợp với lý thuyết xác suất - thống kê. Ứng dụng để đánh giá độ tin cậy cho cống Tân Đệ, tỉnh Thái Bình thuộc hệ thống thủy lợi Nam Thái Bình, nghiên cứu cũng phân tích các kết quả về độ tin cậy và mức độ ảnh hưởng của các sự cố đến độ tin cậy chung của hệ thống thông qua việc so sánh với tiêu chuẩn về độ tin cậy của Nga và Trung Quốc. Từ đó, đã giới thiệu một số giải pháp đảm bảo an toàn theo tiêu chuẩn về độ tin cậy cho cống Tân Đệ trong trường hợp cống cần được nâng cấp sửa chữa hoặc xây mới.

## 2. XÁC SUẤT AN TOÀN CỦA CỐNG LỘ THIÊN

### 2.1. Mô phỏng hệ thống

Cống lộ thiên là một loại công trình thủy lợi dùng để điều tiết lưu lượng và khống chế mực nước, phía trên hở không đắp đất. Cống được sử dụng phổ biến trong các hệ thống tưới, tiêu, phòng lũ, ngăn triều, tháo xả bùn cát,... Cống có chiều rộng khá lớn nên được chia ra thành các khoang. Cống được chia thành 3 bộ phận chính: Bộ phận nối tiếp thượng lưu để đảm bảo nước chảy vào thuận dòng, ổn định và ít tổn thất thủy lực; bộ phận thân cống là bộ phận quan trọng nhất của cống, có tác dụng điều tiết lưu lượng,

<sup>1</sup> Trường Đại học Thủy lợi

<sup>2</sup> Lớp Cao học 26C21, Trường Đại học Thủy lợi  
Email: lanhuong@tlu.edu.vn

khống chế mực nước, liên kết cống với bờ hoặc với công trình khác; bộ phận nối tiếp hạ lưu: là đoạn quá độ để dòng chảy từ cống ra kênh được dễ dàng và khuếch tán đều [2].

Coi các hư hỏng là nguyên nhân dẫn đến sự cố công trình, một hệ thống bị sự cố là do nhiều nguyên nhân gây ra và các nguyên nhân này được thống kê theo một sơ đồ dạng cây, gọi là cây sự cố.



Hình 1. Sơ đồ cây sự cố cống lộ thiên

Hình 1 là ví dụ mô phỏng về cây sự cố của cống lộ thiên làm việc theo sơ đồ ghép nối tiếp. Tại các điểm nối có chữ “hoặc”, chữ “và” trong sơ đồ thể hiện sự liên kết của các sự cố trong cùng một công trình, chữ “hoặc” thể hiện là liên kết nối tiếp, chữ “và” thể hiện là liên kết song song [3].

2.2. Xây dựng các hàm tin cậy Z

Mỗi cơ chế phá hoại như trên sơ đồ hình 1 sẽ thiết lập được một hàm tin cậy Z, đây là hàm biểu thị mối quan hệ giữa sức chịu tải và tải trọng tác dụng vào công trình.  $Z = R(X_i) - N(Y_i)$  (1)

Trong đó:  $N(Y_i) = N(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$  là hàm tải trọng;  $R(X_i) = R(X_1, X_2, \dots, X_n)$  là hàm sức chịu tải.

$X_i, Y_i$  là các biến ngẫu nhiên (BNN) gồm: các ảnh hưởng phát sinh từ môi trường nước, môi trường đất đá, môi trường nền và công trình, các tính chất của vật liệu xây dựng.

2.3. Xử lý các biến ngẫu nhiên trong hàm Z

Liệt số của các biến cơ bản được thống kê từ các dữ liệu quan trắc về công trình và từ các thí nghiệm gồm: các mực nước thượng hạ lưu của cống; kích thước công trình và thiết bị cơ khí; các chỉ tiêu cơ lý lực học của đất đá, vật liệu xây dựng cống; các thông số về khí tượng: vận tốc gió. Thông qua xử lý thống kê sẽ xác định được luật phân bố xác suất và các đặc trưng thống kê của các BNN này.

2.3.1. Kiểm định luật phân bố của các BNN theo tiêu chuẩn khi - bình - phương ( $\chi^2$ )

+ Giả thiết ( $H_0$ ) luật phân bố xác suất  $F(x)$  của BNN.

+ Xác định các tham số trong hàm mật độ xác suất bằng phương pháp mô men hoặc phương pháp ước lượng hợp lý cực đại, số lượng tham số là s.

+ Phân chia số khoảng: k ( $6 \leq K \leq 20$ ), chiều rộng của mỗi khoảng  $d = \frac{(X_{max} - X_{min})}{k}$  (2)

Trong đó:  $X_{max}, X_{min}$ : Giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của chuỗi n số liệu quan sát về BNN;

+ Đếm số quan sát rơi vào từng khoảng H.

+ Tính xác suất  $p_j$  trong khoảng j là  $(a_{j-1}, a_j)$ ,  $j = 1 \rightarrow k$ ;  $p_j = F(x = a_j) - F(x = a_{j-1})$  (3)

+ Tính giá trị của U  $U = \sum_{j=1}^k \frac{(H_j - n.p_j)^2}{n.p_j}$  (4)

+ Tra bảng của phân bố ( $\chi^2$ ) xác định được giá trị:  $\chi_{f,q}^2$ ;

Trong đó:  $f = k - s - 1; q = 1 - \alpha$  với  $\alpha$ : Xác suất nhầm, q: Mức đảm bảo.

+ Kiểm tra điều kiện:  $U \geq \chi_{f,q}^2$  (5)

Nếu điều kiện (5) được thỏa mãn: Giả thiết  $H_0$  bị từ chối tức là BNN đó không thỏa mãn luật phân bố xác suất lựa chọn ban đầu; nếu điều kiện (5) không thỏa mãn: BNN có luật phân bố xác suất lý thuyết là  $F(x)$  với xác suất nhầm  $\alpha$  hay mức đảm bảo q [3].

2.3.2. Xác định các đặc trưng thống kê của BNN: Kỳ vọng ( $\mu_{xi}$ ) và độ lệch chuẩn ( $\sigma_{xi}$ ) của biến ngẫu nhiên  $X_i$ :

$$\mu_{xi} = \bar{X} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n X_i \quad (6); \quad \sigma_{xi} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (7)$$

- Với các BNN có luật phân bố xác suất bất kỳ: Sử dụng phép đổi biến để biến đổi các BNN có luật phân bố xác suất bất kỳ về luật phân bố chuẩn sao cho các giá trị của hàm mật độ  $f_{xi}$  và hàm phân bố xác suất  $F_{xi}$  ban đầu khác phân bố chuẩn bằng các giá trị tương ứng của một BNN có phân bố chuẩn tại điểm thiết kế  $X^*(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  [3].

$$f_{X_i}(X_i^*) = \frac{1}{\sigma_{X_i}} \cdot \varphi\left(\frac{X_i^* - \mu_{X_i}}{\sigma_{X_i}}\right) \quad (8); \quad F_{X_i}(X_i^*) = \Phi\left(\frac{X_i^* - \mu_{X_i}}{\sigma_{X_i}}\right) \quad (9)$$

- Tính các đặc trưng thống kê mới:  $(\mu'_{X_i}; \sigma'_{X_i})$ ,

$$\mu'_{X_i} = X_i^* - \Phi^{-1}(F_{X_i}(X_i^*)) \sigma_{X_i} \quad (10); \quad \sigma'_{X_i} = \frac{\varphi(\Phi^{-1}(F_{X_i}(X_i^*)))}{f_{X_i}(X_i^*)} \quad (11)$$

Trong đó:  $\Phi^{-1}$ : Là hàm ngược của hàm phân bố chuẩn.

**2.4. Xác suất an toàn của các cơ chế sự cố theo cấp độ II**

- Xác suất an toàn của từng cơ chế sự cố [3]:

$$P_{at} = P(Z > 0) = \int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma_Z \sqrt{2\pi}} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{Z - \mu_Z}{\sigma_Z}\right)^2\right] dZ = \phi(\beta) \quad (12)$$

- Chỉ số độ tin cậy [3]:  $\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_N}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_N^2}} \quad (13)$

Trong đó:  $\phi(\beta)$  hàm phân bố chuẩn;

$\mu_Z, \mu_R, \mu_N; \sigma_Z, \sigma_R, \sigma_N$ : kỳ vọng và độ lệch chuẩn của hàm tin cậy Z, hàm sức chịu tải R và hàm tải trọng N.

**2.5. Độ tin cậy của cống**

**Bảng 1. Ma trận xác suất làm việc an toàn của các phần tử cống trong hệ thống**

Sự cố	PT <sub>1</sub>	PT <sub>2</sub>	PT <sub>3</sub>	....	PT <sub>n</sub>
1	P <sub>11</sub>	P <sub>21</sub>	P <sub>31</sub>	....	P <sub>n1</sub>
2	P <sub>12</sub>	P <sub>22</sub>	P <sub>32</sub>	....	P <sub>n2</sub>
3	P <sub>13</sub>	P <sub>23</sub>	P <sub>33</sub>	....	P <sub>n3</sub>
4	P <sub>14</sub>	P <sub>24</sub>	P <sub>34</sub>	....	P <sub>n4</sub>
....	....	....	....	....	....
m				....	
P <sub>at</sub> của các phần tử cống	P <sub>at</sub> <sup>CT1</sup>	P <sub>at</sub> <sup>CT2</sup>	P <sub>at</sub> <sup>CT3</sup>	....	P <sub>at</sub> <sup>CTn</sup>

- Lập ma trận xác suất làm việc an toàn của các bộ phận cống (mỗi bộ phận là 1 phần tử) như bảng 1, với giả thiết có n phần tử (PT) cống và m cơ chế sự cố xảy ra với từng phần tử cống đó, coi các cơ chế sự cố xảy ra độc lập [3].

- Khi các sự cố (trên sơ đồ 1) liên kết với nhau theo cống “hoặc”, xác suất an toàn của phần tử thứ i: P<sub>at</sub><sup>CTi</sup> tính theo (14); các sự cố liên kết với nhau theo cống “và”, P<sub>at</sub><sup>CTi</sup> tính theo (15) [3]:

$$P_{at}^{CTi} = 1 - \sum_{j=1}^m (1 - P_{ij}) \quad (14); \quad P_{at}^{CTi} = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{ij}) \quad (15)$$

Trong đó: P<sub>ij</sub> - Xác suất an toàn của từng cơ chế sự cố tính như mục 2.4.

- Chưa xét tương quan giữa các bộ phận cống, xác suất an toàn (độ tin cậy) của cống có các bộ phận làm việc theo sơ đồ ghép nối tiếp tính theo (16)

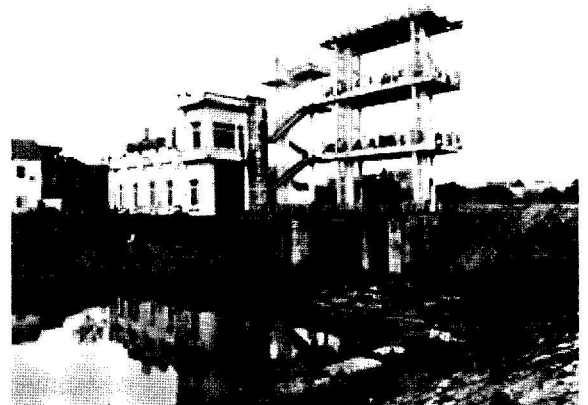
$$P_{at}^{HT} = \prod_{i=1}^n P_{at}^{CTi} \quad (16)$$

**3. PHÂN TÍCH ĐỘ TIN CẬY CỦA CỐNG TÂN ĐỆ**

**3.1. Hiện trạng cống Tân Đệ**

- Cống Tân Đệ là cống lộ thiên cấp I thuộc hệ thống thủy lợi Nam Thái Bình, cống được xây dựng tại xã Tân Lập, huyện Vũ Thư, tỉnh Thái Bình năm 2006. Cống có nhiệm vụ cung cấp nước tưới cho 2291

ha đất canh tác của huyện Vũ Thư, bổ sung nguồn nước còn thiếu cho hệ thống Nam Thái Bình, kết hợp lấy phù sa từ sông Hồng và phục vụ giao thông thủy [4]. Hệ thống cống Tân Đệ gồm 3 phần [4]:



**Hình 2. Chính diện thượng lưu cống Tân Đệ - Thái Bình**

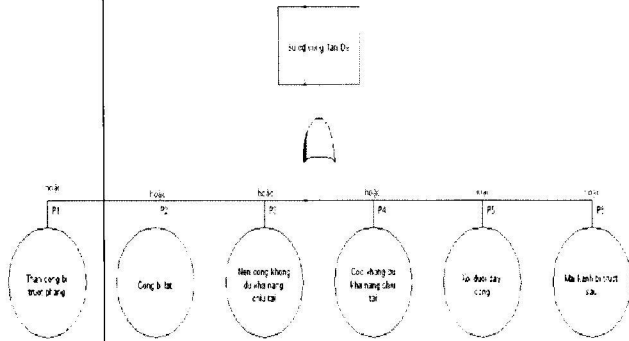
- Thân cống: Chiều rộng thông nước  $\Sigma B = 8,5$  m, chia làm 3 cửa: cửa giữa rộng 5,5 m, kiểu lộ thiên kết hợp thông thuyền; 2 cửa bên kiểu cống ngầm, kích thước mỗi cửa B x H = (1,5 x 2,6) m. Có 2 hàng cửa chống thấm L=2,5 m ở chân khay thượng và hạ lưu cống. Cầu giao thông trên cống tải trọng H30-X80.

- Tuyến kênh thượng lưu dài 525 m, kênh đất, mặt cắt hình thang có B<sub>d</sub> = 12 m; m = 2. Đoạn nối tiếp kênh dẫn thượng lưu với sông Hồng là cửa vào mở

rộng dần và được gia cố bằng kê đá kiểu thả rỗng và ro đá, lát mái bằng đá học.

- Tuyến kênh hạ lưu dài 1653 m nối cống với sông Kiến Giang tại cầu Nhất. Kênh đất, mặt cắt hình thang có  $B_d=12$  m;  $m=2,0$ , trên kênh có các hệ thống cầu và công trình trên kênh.

3.2. Sơ đồ cây sự cố của cống Tân Đệ



Hình 3. Sơ đồ cây sự cố cống Tân Đệ

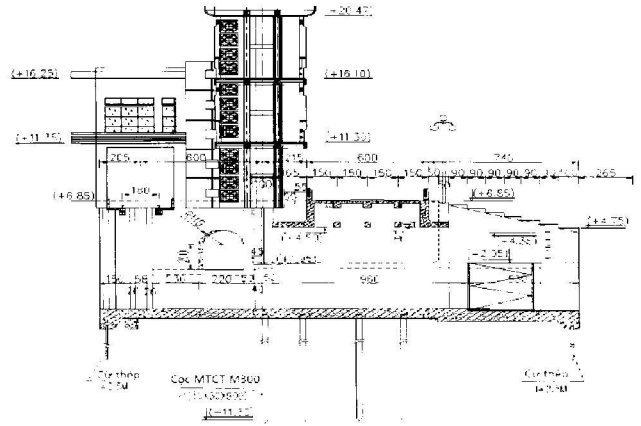
Hàng năm cống Tân Đệ có một số hư hỏng nhỏ và được tu bổ sửa chữa và phần lớn các hạng mục chính của cống đang vận hành ổn định. Theo các số liệu quan trắc và các đánh giá về hiện trạng cống, nghiên cứu sẽ thực hiện các đánh giá độ tin cậy của cống Tân Đệ cho 6 cơ chế sự cố như trên sơ đồ hình 3:

Bảng 2. Các BNN khi tính sự cố trượt, lật của thân cống và khả năng chịu tải của nền cống [4]

Tên BNN	Ký hiệu BNN	Kỳ vọng $\mu$	Độ lệch chuẩn: $\sigma$	Luật PBXS
Dung trọng của bê tông xây dựng cống	$\gamma_{bt}$ (KN/m <sup>3</sup> )	24	0,24	Phân bố chuẩn
Chiều dài thân cống	L (m)	23,6	0,1	Phân bố chuẩn
Chiều rộng của cống	B (m)	8,5	-	Tất định
Mức nước thượng lưu cống	$Z_1$ (m)	6,28	0,2	Phân bố chuẩn
Mức nước hạ lưu cống	$Z_2$ (m)	0,33	0,1	Phân bố chuẩn
Hệ số điều kiện việc	$m_1$	0,8	-	Tất định
Lực dính đơn vị của đất nền cống	$C_d$ (KN/m <sup>2</sup> )	9	1,35	Phân bố chuẩn
Góc ma sát trong của đất nền cống	$\varphi_d$	6	0,9	
Dung trọng đẩy nổi của đất nền	$\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	6,44	0,6	Phân bố chuẩn
Chiều rộng móng cống	b	12,7	0,2	Phân bố chuẩn
Tải trọng bên móng	q	36,8	3	Phân bố chuẩn
Độ lệch tâm của tổng các lực tác dụng đối với tâm đáy móng	e (m)	0,63	0,06	Phân bố chuẩn
Tổng các lực thẳng đứng tác dụng lên tâm 0 của đáy móng	$\Sigma G$ (KN/m <sup>2</sup> )	17690	50	Phân bố chuẩn
Các hệ số phụ thuộc vào góc ma sát trong của đất	A	0,11	-	Tất định
	B	1,43	-	Tất định
	D	3,77	-	Tất định

thân cống bị trượt phẳng; thân cống bị lật quanh trục chân khay hạ lưu; nền cống không đủ khả năng chịu tải; đáy cống bị xói; cọc dưới đáy cống không đủ khả năng chịu tải; mái kênh cửa ra của cống bị trượt sâu.

3.3. Các số liệu tính độ tin cậy của cống



Hình 4. Cắt dọc thân cống Tân Đệ [4].

Do không thu thập được đầy đủ các số liệu (quan trắc, đo đạc và thí nghiệm), nhiều BNN chỉ có giá trị thiết kế nên trong một số trường hợp các giá trị về độ lệch chuẩn và luật phân bố xác suất của các BNN được lấy theo kinh nghiệm thiết kế và các nghiên cứu đã được công bố [5].

**Bảng 3. Các BNN khi tính khả năng chịu tải của cọc [4]**

Tên BNN	Ký hiệu BNN	Kỳ vọng: $\mu$	Độ lệch chuẩn: $\sigma$	Luật PBXS
Số lượng cọc	n	112	-	Tất định
Đường kính cọc	d (m)	0,3	0,01	Phân bố chuẩn
Khoảng cách giữa các cọc	$C_{cọc}$ (m)	1,3	0,05	Phân bố chuẩn
Chiều dài của cọc	$L_{cọc}$ (m)	9	-	Tất định
Cường độ chịu nén của bê tông làm cọc	$R_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	135	6,75	Phân bố chuẩn
Cường độ chịu nén của thép	$R_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	2700	50	Phân bố chuẩn
Mô men tính toán ứng với các trục chính x	$M_x$	0	0,5	Phân bố chuẩn
Mô men tính toán ứng với các trục chính y	$M_y$	504,16	10	Phân bố chuẩn
Tọa độ các cọc ở biên	$x_{max}$	11,70	0,3	Phân bố chuẩn
Tọa độ các cọc ở biên	$y_{max}$	3,25	0,2	Phân bố chuẩn
Tổng các lực theo phương thẳng đứng	$\Sigma P$ (KN)	17690	50	Phân bố chuẩn
Sức chịu tải của cọc	$P_c$ (KN)	401	20	Phân bố chuẩn

**Bảng 4. Các đặc trưng thống kê của các BNN khi tính sự cố xói ngầm ở cửa ra của cống [4]**

Tên BNN	Ký hiệu BNN	Kỳ vọng $\mu$	Độ lệch chuẩn $\sigma$	Luật PBXS
Dung trọng khô của đất	$\gamma_k$ (KN/m <sup>3</sup> )	16	1,6	Phân bố chuẩn
Dung trọng của nước	$\gamma_n$ (KN/m <sup>3</sup> )	10	-	Tất định
Độ rỗng của đất nền cống	n	0,35	0,035	Phân bố chuẩn
Chiều dày tầng thấm	$T_o$ (m)	11	1	Phân bố chuẩn
Tổng hệ số sức kháng	$\sum \xi_i$	3,463	0,15	Phân bố chuẩn
Hệ số $\alpha$ theo Antipov	$\alpha$	0,621	-	Tất định

**Bảng 5. Các đặc trưng thống kê của các BNN khi tính sự cố trượt mái kênh [4]**

Tên BNN	Ký hiệu BNN	Kỳ vọng $\mu$	Độ lệch chuẩn $\sigma$	Luật PBXS
Dung trọng đất đắp mái kênh	$\gamma_1$ (KN/m <sup>3</sup> )	18,9	2,835	Phân bố chuẩn
	$\gamma_2$ (KN/m <sup>3</sup> )	18,6	2,79	Phân bố chuẩn
Dung trọng đất đáy kênh	$\gamma_3$ (KN/m <sup>3</sup> )	17,4	2,61	Phân bố chuẩn
Góc ma sát trong đất mái kênh	$\varphi_1$ (độ)	12,4	1,86	Phân bố chuẩn
	$\varphi_2$ (độ)	9	1,35	Phân bố chuẩn
Góc ma sát trong đất đáy kênh	$\varphi_3$ (độ)	6	0,9	Phân bố chuẩn
Lực dính đơn vị mái kênh	$C_1$ (KN/m <sup>2</sup> )	10	1,5	Phân bố chuẩn
	$C_2$ (KN/m <sup>2</sup> )	9	1,35	Phân bố chuẩn
Lực dính đơn vị đáy kênh	$C_3$ (KN/m <sup>2</sup> )	6	0,9	Phân bố chuẩn
Hệ số thấm đất mái kênh	$K_1$ (m/s)	$1 \cdot 10^{-7}$	-	Tất định
	$K_2$ (m/s)	$1,4 \cdot 10^{-7}$	-	Tất định
Hệ số thấm đất đáy kênh	$K_3$ (m/s)	$5 \cdot 10^{-7}$	-	Tất định

### 3.4. Xác suất an toàn của cống Tân Đê

*Phân tích kết quả:*

- Với các số liệu thu thập được từ hệ thống cống Tân Đê, nghiên cứu đã tính được độ tin cậy của cống

là  $P_{at} = 0,95473$  hay chỉ số độ tin cậy  $\beta = 1,69$ . Hiện tại, Việt Nam chưa có các tiêu chuẩn cụ thể về độ tin cậy cho phép cho công trình thủy lợi, do đó nghiên cứu đã sử dụng tiêu chuẩn về độ tin cậy của Nga và Trung Quốc để so sánh.

## KHOA HỌC CÔNG NGHỆ

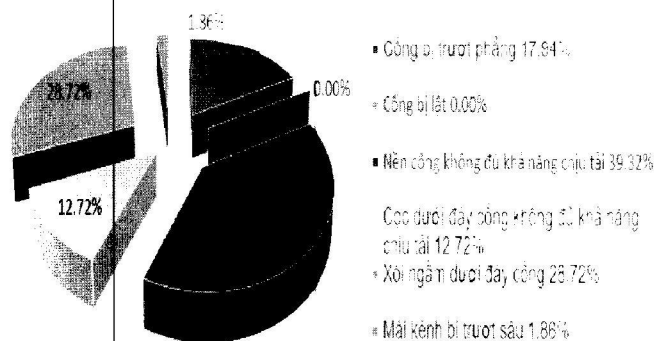
+ Theo tiêu chuẩn của Nga [6]: xác suất an toàn của cống Tân Đê lớn hơn xác suất an toàn cho phép  $P_{at} = 0,95473 > [P] = 0,95$ , nên có thể kết luận: Cống Tân Đê làm việc an toàn khi tính theo lý thuyết độ tin cậy.

+ Theo tiêu chuẩn của Trung Quốc [7],  $P_{at} = 0,95473 < [P] = 0,99653$  hay  $\beta = 1,69 < [\beta] = 2,7$ , cống làm việc không an toàn theo các tiêu chuẩn về độ tin cậy nên cần có các giải pháp để nâng cao độ tin cậy cho hệ thống.

**Bảng 6. Hàm tin cậy và xác suất an toàn của cống Tân Đê**

TT	Các cơ chế sự cố	Hàm tin cậy	P <sub>at</sub>
1	Cống bị trượt phẳng	$Z_1 = tg\varphi_d \cdot (P - W_{th}) - W_{tr} + m_1 E_h + L.B.C - (W_T + E_c - W_H)$ $= tg\varphi_d \cdot (3887,2 \cdot \gamma_{bt} - 2319,6.L) - 21,1052 \cdot (\gamma_d - 4) \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi_d}{2}) - 17041,8 + 21,8.L.C$	0,99188
2	Cống bị lật	$Z_2 = M_{cl} - M_{gl} = (M_p + M_{E_n} + M_{W_{nh}} + M_{P_n} + M_{P_d}) - (M_{W_{nn}} + M_{W_{nn}} + M_{W_{nh}} + M_{E_c}) = 52818,01 \cdot \gamma_{bt} + 346329,05 + (\gamma_d - 4) \cdot (5886 + 106,07 \cdot tg^2(45 - \frac{\varphi_d}{2})) + 33738.L$	0,999998
3	Nền cống không đủ khả năng chịu tải	$Z_3 = 1,2.m.(A \cdot \gamma \cdot b + B \cdot q + D \cdot C^{TC}) - 0,5 \cdot \left( \frac{\sum G}{F_m} (1 + \frac{6e}{L}) + \frac{\sum G}{F_m} (1 - \frac{6e}{L}) \right)$	0,9822
4	Cọc dưới đáy cống không đủ khả năng chịu tải	$Z_{4.1} = P_c - P_{max} \text{ và } Z_{4.2} = P_{min}$ $P_{max,min} = \frac{\sum P}{n} \pm \frac{M_y \cdot x_{max}}{\sum x_i^2} \pm \frac{M_x \cdot y_{max}}{\sum y_i^2}$	0,99424
5	Xói ngầm ở cửa ra của cống	$Z_5 = \left[ (\gamma_d - \gamma_n) \cdot (1 - n) + 0,5 \cdot n - \frac{H}{T_n} \cdot \frac{1}{\alpha \cdot \sum \xi_i} \right]$	0,9870
6	Mái kênh bị trượt sâu	$Z_6 = \left( \sum_{i=1}^m (c \cdot b_n + (W_n - u_n \cdot b_n) \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{1}{\left( 1 + \frac{\tan \alpha_n \cdot \tan \varphi}{K_{at}} \right) \cdot \cos \alpha_n} \right) - \left( \sum_{i=1}^m W_n \cdot \sin \alpha_n \right)$	0,99865
ĐTC của cống $P_{at}^{HT}$		0,95473	

- Phân tích mức ảnh hưởng của các cơ chế sự cố đến an toàn cống (Hình 5):



Hình 5. Ảnh hưởng của các cơ chế sự cố đến độ tin cậy của cống Tân Đê

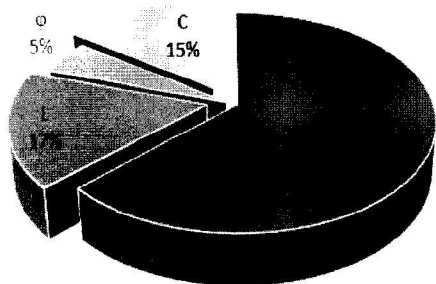
+ Các cơ chế sự cố: Nền cống không đủ khả năng chịu tải (39,32%), xói ngầm dưới đáy cống (28,72%) và cống bị trượt phẳng (17,94%) có ảnh hưởng nhiều nhất đến độ tin cậy của cống. Do đó, khi cân nhắc cấp độ tin cậy của cống hoặc trong các quá trình sửa chữa định kỳ cống cần quan tâm nhiều hơn đến các cơ chế sự cố này.

+ Các cơ chế sự cố còn lại có ảnh hưởng không đáng kể đến an toàn của cống.

- Phân tích ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến độ tin cậy của từng cơ chế sự cố (hình 6 và 7):

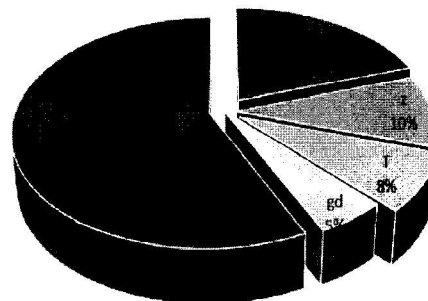
+ Độ rộng của nền (n) và chênh lệch cột nước thượng và hạ lưu cống (H) có ảnh hưởng lớn nhất đến sự cố xói tại cửa ra cống, các biến ngẫu nhiên còn lại T,  $\gamma$ ,  $\xi$  có ảnh hưởng nhỏ hơn nhiều.

+ Dung trọng của bê tông, chiều dài đáy cống và lực dính đơn vị của đất nền là 3 biến ngẫu nhiên có ảnh hưởng chủ yếu đến cơ chế trượt phẳng thân



Hình 6. Ảnh hưởng của các BNN đến sự cố trượt phẳng thân cống

cống, chiếm 95%. Các biến ngẫu nhiên còn lại có ảnh hưởng không đáng kể.



Hình 7. Ảnh hưởng của các BNN đến sự cố xói ngầm dưới đáy cống

### 3.5. Các giải pháp chung để nâng cao độ tin cậy cho cống

Hiện tại, cống Tân Đệ đang vận hành ổn định theo các tiêu chuẩn thiết kế của Việt Nam nhưng chưa đáp ứng tiêu chuẩn theo thiết kế ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy. Căn cứ vào hiện trạng cống Tân Đệ và các đánh giá về ổn định cho cống theo phương pháp lý thuyết độ tin cậy, nghiên cứu đề xuất một số giải pháp để nâng cao độ tin cậy cho cống:

- Cần phải phân bổ độ tin cậy và trọng số thích hợp cho những cơ chế sự cố có ảnh hưởng lớn đến độ tin cậy của cống khi thiết kế mới hoặc cần nâng cấp, sửa chữa hệ thống đầu mối.

- Bố trí các thiết bị quan trắc, đo đạc để: phát hiện sớm các nguy cơ sự cố xảy ra với cống; có các liệt số liệu đủ dài về các biến ngẫu nhiên để đánh giá ổn định công trình.

- Bảo dưỡng sửa chữa các thiết bị của cống định kỳ phải được thực hiện nghiêm túc, thường xuyên, tuân thủ các nguyên tắc kỹ thuật. Sau mỗi mùa mưa lũ, cần tiến hành kiểm tra, sửa chữa bảo dưỡng các thiết bị, máy đóng mở van và cửa van, tra dầu mỡ thường xuyên các bộ phận máy móc thiết bị. Thay thế các bộ phận thiết bị bị hỏng, bị mòn và có nguy cơ bị hỏng. Kiểm tra sự làm việc của các bộ phận cống: mố trụ, tường bên, ngưỡng cống, cửa van, tường ngực, bể tiêu năng sau cống, kiểm tra hiện tượng xói của cửa vào và cửa ra của cống.

- Tổ chức quản lý vận hành để không xảy ra các hoạt động như: Nổ mìn gây chấn động đến cống, vận tải qua công trình bằng các xe có tải trọng lớn vượt tải trọng cho phép.

- Đào tạo đội ngũ cán bộ quản lý vận hành có hiểu biết về kỹ thuật máy móc thiết bị thủy lợi và hiểu rõ quy trình vận hành cống.

### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã giới thiệu một phương pháp tính độ tin cậy của cống lộ thiên theo hướng tiếp cận với phương pháp phân tích hệ thống kết hợp với lý thuyết xác suất – thống kê. Thực hiện các tính toán độ tin cậy cho cống lộ thiên Tân Đệ – Thái Bình, so sánh với độ tin cậy tiêu chuẩn của Nga và Trung Quốc và có các nhận xét định hướng về các nguyên nhân gây ra sự cố cống, phân tích ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến các cơ chế sự cố của cống. Trên cơ sở đó đề xuất một số giải pháp an toàn để nâng cao độ tin cậy của cống khi cần thiết phải tu sửa, nâng cấp hoặc thiết kế mới hệ thống cống lộ thiên. Nội dung bài báo là tài liệu tham khảo thiết thực cho công tác thiết kế và quản lý an toàn công trình thủy lợi ở Việt Nam.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Văn Mạo và nnk (2013). Giới thiệu và cơ sở thiết kế công trình thủy lợi. Nhà xuất bản Xây dựng, 2013.

2. Nguyễn Chiến (chủ biên), Nguyễn Văn Mạo, Phạm Ngọc Quý (2013). *Bài giảng: Công trình trên hệ thống thủy lợi*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Xã hội, Hà Nội, 2013.

3. Nguyễn Văn Mạo, Nguyễn Hữu Bảo, Nguyễn Lan Hương (2014). *Cơ sở tính độ tin cậy an toàn đập*. Nhà xuất bản Xây dựng, 2014.

4. Báo cáo: Nâng cấp sửa chữa hệ thống thủy lợi Nam Thái Bình.

5. Phạm Hồng Cường (2009). 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 sĩ kỹ thuật, Hà Nội, 2009.

6. "Основные положения расчета причальных сооружений на надежность," М. В/О "Мортехинформреклама", РД 31-31-35-85, 1986.

7. Tiêu chuẩn thống nhất để thiết kế độ tin cậy kết cấu công trình". Bộ Xây dựng nước Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa. Tiêu chuẩn Nhà nước Cộng hòa Nhân dân Trung Hoa, JB 50153 – 92, 1992.

**AN ASSESSMENT METHOD OF SLUICE SAFETY CONFIDENCE ANALYSIS - APPLICATION FOR TAN DE SLUICE OF THE NAM THAI BINH IRRIGATION WORK**

**Nguyen Lan Huong, Nguyen Quang Hung, Dang Quang Huy**

**Summary**

Vietnam irrigation systems design method is deterministic and based on safety factors analysis, in other countries it's popular with random design and confidence analysis. The paper presented how to develop sluice confidence calculation method according to reliability theory level II: definition of sluices, problem tree, confidence functions for system simulation, calculate random variables according to probability-statistics theory. Conduct reliability assessments for Tan De - Thai Binh sluice, analyze the impact of fault mechanisms and random variables on the reliability of the system in accordance with the reliability standards of Russia and China, from there, propose solutions to improve the reliability of the sluice.

**Keywords:** *Sluice, confidence function, reliability, destruction mechanism, random variable, problem tree.*

**Người phản biện:** TS. Nguyễn Ngọc Nam

**Ngày nhận bài:** 24/7/2020

**Ngày thông qua phản biện:** 25/8/2020

**Ngày duyệt đăng:** 3/9/2020