

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY VÀ PHÂN TÍCH RỦI RO ĐỂ ĐÁNH GIÁ MỨC ĐẢM BẢO AN TOÀN CHO HỆ THỐNG CÔNG TRÌNH THỦY LỢI LẤY NƯỚC BẰNG HỒ CHỨA TRONG ĐIỀU KIỆN VIỆT NAM

ThS. Nguyễn Lan Hương – Đại học Thủy lợi.
GS. TS. Nguyễn Văn Mạo – Đại học Thủy lợi
TS. Mai Văn Công – Đại học Thủy lợi

Tóm tắt: Ứng dụng thiết kế ngẫu nhiên và phân tích rủi ro trong thiết kế công trình xây dựng nói chung cũng như công trình thủy lợi nói riêng hiện đang được phổ biến và là xu thế chung trên thế giới. Tại Việt Nam nghiên cứu ứng dụng lý thuyết này trong thiết kế công trình mới chỉ đang ở những bước đầu và đang được mở rộng hơn trong những năm gần đây. Nội dung của bài báo trình bày mục tiêu nghiên cứu và cách tiếp cận đề tài “Nghiên cứu ứng dụng lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro để đánh giá mức đảm bảo an toàn cho hệ thống công trình thủy lợi lấy nước bằng hồ chứa trong điều kiện Việt Nam”, đồng thời trình bày ví dụ ứng dụng lý thuyết độ tin cậy phân tích an toàn công trình tràn để làm rõ các vấn đề cần tổ chức nghiên cứu.

1. Giới thiệu chung

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, trên lưu vực khai thác theo hệ thống bậc thang, cùng với các hồ nhỏ trên các suối thượng nguồn tạo thành “mạng lưới kiểu dây bầu, dây bí”. Trừ một số hồ trên các lưu vực lớn có nhiệm vụ phòng lũ, còn lại phần lớn các hồ, nhất là các hồ thủy điện ở miền Trung hầu như chưa được chú trọng đến khả năng phòng lũ.

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, dường như trở nên “vô hạn”. Trong khi đó khả năng đầu tư về khoa học công nghệ, về tài chính để đảm bảo an toàn cho hồ đập chỉ là “hữu hạn”. Như vậy loài người đang phải đối mặt với thảm họa do sự cố vỡ đập gây ra. 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 [7].

Chọn mức đảm bảo an toàn cho hồ đập bao nhiêu trong điều kiện tính bất thường của thiên tai ngày một trở lên gay gắt như hiện nay là hợp lí? Một trong những cách nghiên cứu để tìm lời giải cho câu hỏi đặt ra là tiếp cận với thiết kế ngẫu nhiên và phân tích rủi ro.

Bài báo này giới thiệu một số nhận thức ban đầu làm cơ sở đặt bài toán nghiên cứu ứng dụng thiết kế ngẫu nhiên và phân tích rủi ro cho hệ thống thủy lợi lấy nước bằng hồ chứa trong điều kiện Việt Nam.

2. Tiếp cận với thiết kế ngẫu nhiên và phân tích rủi ro để xác định độ tin cậy an toàn hệ thống thủy lợi lấy nước bằng hồ chứa ở Việt Nam.

Tiếp cận với thiết kế ngẫu nhiên và phân tích rủi ro trong lĩnh vực công trình xây dựng là cách tiếp cận khoa học hiện đại, đối với Việt Nam đây còn là một cách tiếp cận mới. Thực hiện các thiết kế ngẫu nhiên và phân tích rủi ro thường phải vượt qua những khó khăn về toán học, về cơ sở dữ liệu. Do những khó khăn trên nên cách tiếp cận với thiết kế ngẫu nhiên ở những mức độ xác suất khác nhau:

- Tiếp cận mức độ xác suất cấp độ 0, thiết

kế truyền thống, phương pháp hệ số an toàn.

- Tiếp cận mức độ xác suất cấp độ I, thiết kế bán xác suất, phương pháp nhiều hệ số an toàn.

- 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, 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. Một trong những phương pháp gần đúng được sử dụng phổ biến trong các bài toán thuộc lĩnh vực công trình xây dựng hiện nay là giải các bài toán trong khuôn khổ lý thuyết độ tin cậy. [2], [5].

Một trong những nội dung quan trọng ứng dụng lý thuyết độ tin cậy vào bài toán hệ thống là nhận biết hệ thống và mô tả hệ thống. Hệ thống công trình thủy lợi lấy nước từ hồ chứa được đề cập đến trong bài báo này bao gồm các công trình tạo thành hồ chứa, hệ thống kênh và các công trình trên kênh. Để tìm mức đảm bảo an toàn hay độ tin cậy về an toàn cho hệ thống công trình thủy lợi cần tìm được độ tin cậy an toàn của thành phần (các công trình) và độ tin cậy của cả hệ thống.

Trên thế giới, từ những năm 90, lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro được quan tâm ứng dụng nhiều trong lĩnh vực công trình thủy. Nhiều nước đã đưa vào tiêu chuẩn kỹ thuật như các nước châu Âu có ISO 2394 về tính toán công trình theo độ tin cậy; Trung Quốc có tiêu chuẩn nhà nước JB 50153-92, “*Tiêu chuẩn thống nhất để thiết kế kết cấu công trình theo độ tin cậy*”; [3]. Cho đến nay, ở Việt Nam, các hệ thống thủy lợi đã và đang được thiết kế theo phương pháp truyền thống (tiếp cận xác suất cấp độ 0). Trong khi đó, hàng chục năm nay, lý thuyết độ tin cậy và tuổi thọ công trình đã đưa vào chương trình

giảng dạy chính của các trường đại học như: Đại Học Bách Khoa, Đại Học Xây Dựng, Đại Học Thủy Lợi... Một số các nghiên cứu mới gần đây ứng dụng lý thuyết độ tin cậy trong lĩnh vực thủy lợi cũng mới chỉ thu được ở mức độ các luận văn tiến sĩ và thạc sĩ về các vấn đề như: “*Probabilistic Design of Coastal Flood Defences in Viet Nam - Thiết kế ngẫu nhiên hệ thống phòng lũ bờ biển Việt Nam*”, [1]; “*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*”; “*Phân tích ổn định của một số tuyến đê thuộc hệ thống sông Hồng và sông Thái Bình*”; “*Thiết kế xác suất và phân tích rủi ro cho đê sông Đuống – Đồng bằng châu thổ sông Hồng Việt Nam*” ; “*Nghiên cứu ổn định mái dốc đê, đập*”, [3]. Kết quả nghiên cứu gần đây của đề tài độc lập cấp nhà nước đề nghị ứng dụng lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro vào trong nghiên cứu xác định độ tin cậy về an toàn cho công trình xây dựng trong điều kiện thiên tai bất thường, [7].

Các nghiên cứu nêu trên là những tiền đề thuận lợi cho việc nghiên cứu áp dụng lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro vào bài toán đánh giá an toàn cho các công trình thủy lợi và hệ thống thủy lợi trong điều kiện Việt Nam. Tuy nhiên việc nghiên cứu áp dụng vào Việt Nam hiện nay còn nhiều vấn đề cần phải nghiên cứu. Trong đó các nghiên cứu cơ bản không chỉ đối với việc đặt và giải các bài toán xác suất, sử lý số liệu đầu vào mà phải nghiên cứu cả những vấn đề như xây dựng khung thể chế chính sách đền bù thiệt hại do sự cố công trình, đưa quy định ứng dụng mô hình thiết kế vào trong hệ thống tiêu chuẩn kỹ thuật...

Ở hầu hết các hồ chứa thủy lợi, các công trình đầu mối, kênh mương và các công trình trên kênh, mỗi công trình có chức năng và công năng khác nhau nhưng móc nối với nhau để thực hiện chung một nhiệm vụ lấy nước bằng hồ chứa. Thường quen gọi là “hệ thống

công trình thủy lợi lấy nước bằng hồ chứa” (HTTL).

Trong HTTL cơ chế làm việc của mỗi công trình là một phần tử hoặc một hệ thống con. Cũng như các hệ thống khác, trong HTTL vai trò của từng phần tử hoặc hệ thống con không hoàn toàn giống nhau, tùy thuộc vào vị trí của nó đứng trong hệ thống, mối quan hệ giữa các phần tử và quan hệ với hệ thống. Tuy nhiên có sự thống nhất là độ tin cậy an toàn của hệ thống phụ thuộc vào độ tin cậy an toàn của các thành phần và liên hệ giữa các thành phần trong hệ thống.

Theo góc độ chịu tải, độ tin cậy và an toàn của hệ thống tại một thời điểm nào đó phụ thuộc vào chất lượng công trình, trong quản lý xây dựng thường đánh giá bằng khả năng chịu tải hiện hữu. Cách đánh giá chính xác khả năng chịu tải của hệ thống công trình trong giai đoạn thiết kế cũng như công trình hiện tại là một biện pháp kiểm soát chất lượng một cách khoa học. Như trên đã phân tích, một trong những hướng quyết định chính xác chỉ

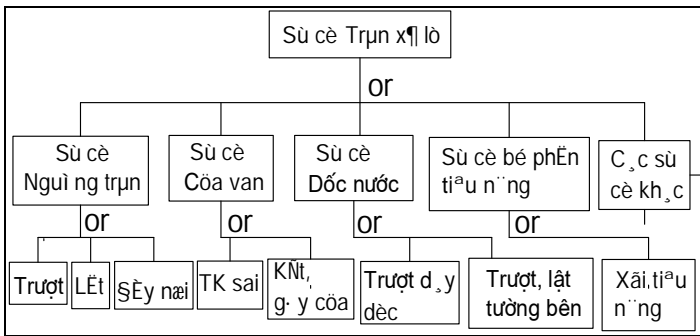
tiêu an toàn cho một HTTL là tiếp cận đến thiết kế ngẫu nhiên và phân tích rủi ro.

Mục tiêu “**Nghiên cứu ứng dụng lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro để đánh giá mức đảm bảo an toàn cho hệ thống công trình thủy lợi lấy nước bằng hồ chứa trong điều kiện Việt Nam**” không chỉ nghiên cứu để xây dựng công nghệ xác định chỉ tiêu an toàn cho hệ thống thủy lợi lấy nước bằng hồ chứa mà đồng thời đóng góp vào những nghiên cứu cơ bản được cho là còn đang thiếu ở nước ta, [4].

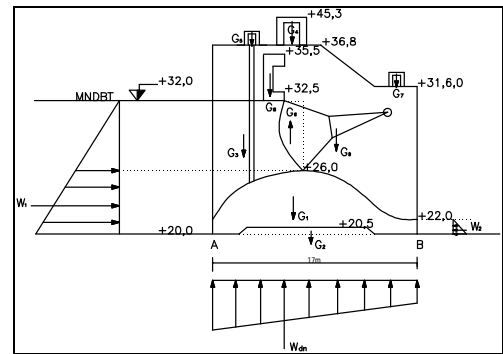
3. Ví dụ tính độ tin cậy của công trình và hệ thống.

Hệ thống lấy làm ví dụ trong bài này là hệ thống công trình tràn xả lũ.

Cây sự cố của hệ thống mô tả ở sơ đồ hình 1. Nhìn trên sơ đồ có 8 sự kiện có thể dẫn đến sự cố công trình tràn. Với mục đích mô phỏng, ví dụ này tính độ tin cậy về an toàn (độ tin cậy không xảy ra sự cố) về trượt trên mặt tiếp xúc giữa đập và nền như sơ đồ hình 2. (Trần số 2 Phú Ninh.).



Hình 1. Sơ đồ cây sự cố thành phần: Sự cố ở tràn xả lũ.



Hình 2. Sơ đồ các ngoại lực tác dụng lên tràn số 2

Bài toán tiếp cận xác suất theo mức độ I
Điều kiện để công trình an toàn theo trạng thái giới hạn phải thỏa mãn công thức sau:

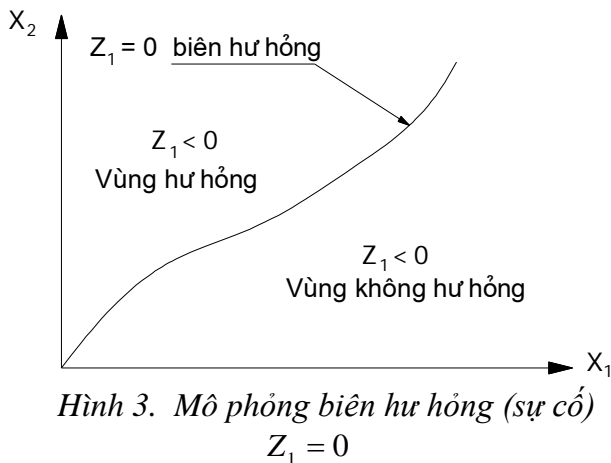
$$n_c N_u \leq \frac{m}{k_n} R \quad (1)$$

Từ (1) thành lập hàm xác suất

$$Z_1 = F(R(X_i)) - F(N(X_i)) \quad (2)$$

Trong đó: $F(R(X_i))$: là hàm sức chịu tải ;

$F(N(X_i))$: là hàm tải trọng; $X_i = \bar{X}_i \pm \Delta X_i$ với \bar{X}_i là giá trị trung bình của X_i , ΔX_i là sai số trung bình số học của X_i ; khi $Z_1 > 0$: công trình an toàn; $Z_1 = 0$: công trình bị sự cố; $Z_1 < 0$: công trình không an toàn, bị sụp đổ, xem hình 3.



Hình 3. Mô phỏng biên hư hỏng (sự cố)
 $Z_1 = 0$

Độ tin cậy an toàn của công trình được xác định theo cấp độ II (FORM) như sau:

$$\beta_1 = \frac{\mu_{Z_1}}{\sigma_{Z_1}}; \quad (3)$$

Trong đó: μ_{Z_1} là kỳ vọng của hàm Z_1 :
 $\mu_{Z_1} = F(R(\bar{X}_i)) - F(N(\bar{X}_i))$, σ_{Z_1} là sai số quân

phương của hàm Z_1 :
$$\sigma_{Z_1} = \sqrt{\sum \left(\frac{\delta_{Z_1}}{\delta_{X_i}} \right)^2 \cdot \sigma_{X_i}^2}$$

Khi thực hiện các bài toán trong lĩnh vực kỹ thuật như ví dụ trên, chúng ta thường gặp một số vấn đề khó khăn như sau:

- Không đủ số liệu để tìm được hàm phân phối của các biến cũng như xác định các tham số thống kê của hàm ngẫu nhiên.

- Do hiện tại ở Việt Nam chưa có các tiêu chuẩn về độ tin cậy cho phép hay xác suất sự cố cho phép đối với công trình thủy lợi nên tác giả tính toán xác suất sự cố cho phép đối với cơ chế trượt của tràn theo tiêu chuẩn Eurocode: $[p_1] = 1,44 \times 10^{-4}$.

- Tiếp đó là khó khăn trong việc xác định các giá trị ΔX_i . Mức độ chính xác các giá trị ΔX_i quyết định mức độ chính xác của bài toán. Với mục đích mô phỏng, tính năm phương án trong ví dụ này tham khảo cách xác định ΔX_i của một số tính toán đã có [3].

Phương án 1:

$$\mu_{Z_1} = 23,26, \sigma_{Z_1} = 5,53, \beta_1 = 4,2,$$

$$p_1(Z_1 < 0) = 0,13 \times 10^{-4} < [p_1]; \text{Tràn không bị trượt}$$

Phương án 2:

$$\mu_{Z_1} = 23,26,$$

$$\sigma_{Z_1} = 8,14, \beta_1 = 2,86, p_1(Z_1 < 0) = 1,9 \times 10^{-3} > [p_1]; \text{Tràn bị trượt}$$

Phương án 3:

$$\mu_{Z_1} = 23,26,$$

$$\sigma_{Z_1} = 24,41, \beta_1 = 0,95, p_1(Z_1 < 0) = 0,17 > [p_1]; \text{Tràn bị trượt}$$

Phương án 4:

$$\mu_{Z_1} = 23,26, \sigma_{Z_1} = 32,55, \beta_1 = 0,71,$$

$$p_1(Z_1 < 0) = 0,24 > [p_1]; \text{Tràn bị trượt}$$

Phương án 5:

$$\mu_{Z_1} = 23,26, \sigma_{Z_1} = 48,82, \beta_1 = 0,48,$$

$$p_1(Z_1 < 0) = 0,32 > [p_1]; \text{Tràn bị trượt}$$

Theo phương pháp hệ số an toàn: hệ số an toàn chống trượt của tràn là $K_{at} = 1,65$; hệ số an toàn cho phép chống trượt của tràn là $[K] = 1,2$. So sánh thấy $K_{at} > [K]$; Tràn không bị trượt, [8].

Từ các kết quả tính toán chúng ta có những nhận xét sau:

- Khi tính toán theo phương pháp hệ số an toàn có thể khẳng định tràn làm việc an toàn: do tải trọng và sức chịu tải trong tính toán là những giá trị đặc trưng cố định.

- Theo phương pháp thiết kế ngẫu nhiên phương án 1 tràn làm việc an toàn, 4 phương án còn lại tràn bị trượt. Kết quả tính toán 5 phương án trên cho thấy: cùng một giá trị kỳ vọng của hàm $Z_1 = 23,26$, σ_{Z_1} thay đổi từ $\sigma_{Z_1} = 5,53$ đến $\sigma_{Z_1} = 48,82$ thì β_1 thay đổi từ $\beta_1 = 4,2$ đến $\beta_1 = 0,48$. Như vậy khi điều kiện biên thiết kế không chắc chắn sẽ ảnh hưởng đáng kể đến vấn đề an toàn của giải pháp thiết kế được đưa ra, từ đó có thể thiết lập mối quan hệ giữa β , σ_Z , X_i và ΔX_i như một hàm độ nhạy để dùng trong thiết kế.

Cây sự cố của tràn ở hình 1, các phần tử quan hệ với nhau trong một hệ thống nối tiếp. Xác suất sự cố của hệ thống là P được tính theo công thức biên rộng như sau:

$$\max[p_i(Z_i < 0)] < P < \sum_{i=1}^8 [p_i(Z_i < 0)] \quad (4)$$

Trong đó: $p_i(Z_i < 0)$ là xác suất sự cố của phần tử thứ i , ví dụ như đã tính được cho một cơ chế phá hoại trượt của tràn đã nêu trên.

4. Đánh giá khả năng áp dụng phân tích rủi ro cho hệ thống thủy lợi.

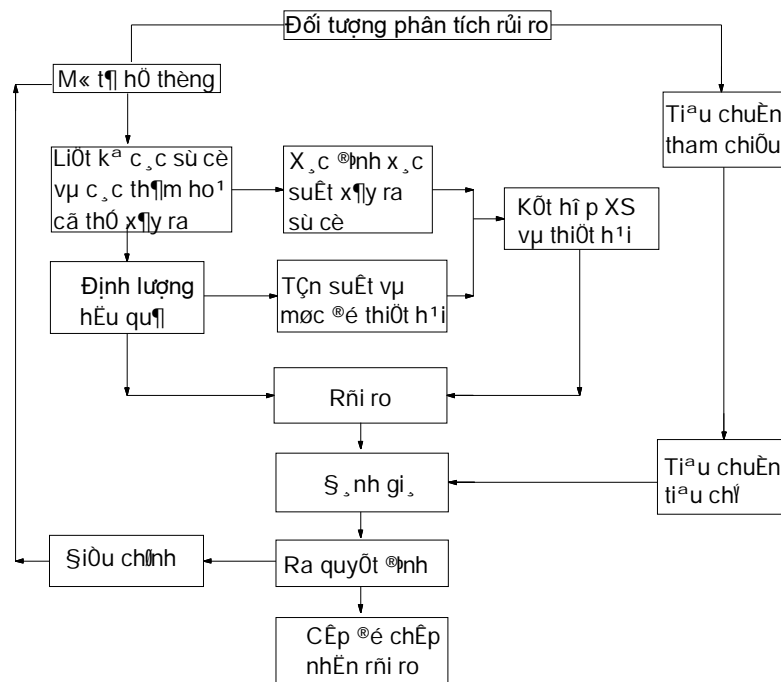
Sử dụng phương pháp phân tích rủi ro vào nghiên cứu để ra quyết định hợp lý về mức đảm bảo an toàn cho công trình là một hướng tiếp cận mới ở nước ta hiện nay. Chỉ số rủi ro của một hệ thống được xác định:

$$\text{Rủi ro} = P \times D \quad (5)$$

Trong đó P là xác suất sự cố của hệ thống, D là thiệt hại về người và của do sự cố gây ra.

Các bước phân tích rủi ro thực hiện

theo sơ đồ hình 2. Từ công thức (5) cho thấy tiến tới phân tích rủi ro thành công phải đủ điều kiện thực hiện chính xác các bài toán xác suất để tìm xác suất sự cố và có đầy đủ dữ kiện về đền bù thiệt hại D . Trong điều kiện Việt Nam hiện nay khi xác định D gặp nhiều khó khăn về cơ chế, chính sách; vì vậy để áp dụng được phân tích rủi ro vào điều kiện Việt Nam cần tổ chức các nghiên cứu cơ bản và có hệ thống thông tin, lưu trữ số liệu một cách khoa học.



Hình 4. Sơ đồ quá trình phân tích rủi ro [2]

5. Kết luận

- Kiểm soát an toàn của hệ thống thủy lợi lấy nước bằng hồ chứa không chỉ góp phần vào khai thác hiệu quả hệ thống mà còn có tầm quan trọng trong việc chủ động phòng tránh nguy cơ vỡ đập có thể xảy ra.

- Tiếp cận với thiết kế theo xác suất và phân tích rủi ro để đánh giá an toàn công trình và hệ

thống trong điều kiện nước ta hiện nay là một hướng tiếp cận mới, để có thể ứng dụng được vào thực tế các công trình thủy lợi cần được đầu tư nghiên cứu cơ bản và có hệ thống thông tin lưu trữ số liệu để đáp ứng các bài toán đặt ra trong tính toán an toàn hệ thống công trình thủy lợi, thủy điện bằng phương pháp lý thuyết độ tin cậy và phân tích rủi ro.

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. *Đề cương nghiên cứu sinh. Năm 2011*

[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] 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.

[7] 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.

Abstract:

**RESEARCH AND APPLICATION OF RELIABILITY THEORY
AND RISK ANALYSIS TO ASSESS THE SAFETY SYSTEM
OF IRRIGATION WORKS TAKEN WATER RESERVOIRS
IN CONDITIONS OF VIETNAM.**

Application of probabilistic design in civil engineering, in general, and hydraulic engineering have been recently being a common trend worldwide. In Viet Nam applying probabilistic design is just at the beginning states. The design works are mostly based on conventional deterministic approach thus probabilistic approach for design of hydraulic structures is still very new field. However, there are more researches which concerning probabilistic approach and development of this design tool during the last few years. This paper presents the approach and objectives of the research project "Research and application of reliability theory and risk analysis to assess the safety system of irrigation works taken water reservoirs in conditions of Vietnam", and application examples presented theoretical analysis of the reliability and safety spillways to clarify the issues to research organizations.