

Water containment risk estimation during interim flooding for rock-fill dam



Nguyen Hung Nguyen ^{1,*}, Phuc Dinh Hoang ², Thang Anh Bui ²

¹ Faculty of Energy Technology, Electric Power University, Vietnam

² Civil Engineering Department, Hanoi University of Geology and Mining, Vietnam

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received 9th Aug. 2020

Accepted 10th Dec. 2020

Available online 31st Dec. 2020

Keywords:

Contingent element of construction,
Flooding flow,
Monte Carlo method,
Rock-fill Dam.

In this paper, a mathematical model is designed to estimate the water containment risk for rock-fill dams during interim seasonal flooding based on the condition that the water must not flow over the top of the dam and other stochastic factors such as the level of the floodwater in front of the dam and the high water level during flooding. The characteristics of the rockfill dam construction system, and the number of days each month when the dam is under maintenance and the stochasticity of the average speed of the increase in the water level per day are considered for designing a model to calculate the simulated height for flood prevention during interim flooding. Based on the Monte Carlo method, the risk assessment model is solved by linking stochastic elements for hydrology, hydropower, and construction. Furthermore, the influence of the controllable construction indicator, which is the minimum average daily rising speed, on the risk rate is researched.

Copyright © 2020 Hanoi University of Mining and Geology. All rights reserved.

*Corresponding author

E - mail: nguyennh@epu.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.HTCS2020.17



Đánh giá rủi ro phòng lũ trong thời kỳ giữa mùa lũ đối với đập đá đổ

Nguyễn Hưng Nguyễn^{1,*}, Hoàng Đình Phúc², Bùi Anh Thắng²

¹ Khoa Công nghệ Năng lượng, Trường Đại học Điện lực, Việt Nam

² Khoa Xây dựng, Trường Đại học Mỏ - Địa chất, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO

Quá trình:
 Nhận bài 9/8/2020
 Chấp nhận 10/12/2020
 Đăng online 31/12/2020

Từ khóa:
 Carlo,
 Các yếu tố thi công ngẫu nhiên,
 Dòng chảy lũ,
 Đập đá đổ,
 Phương pháp Monte.

TÓM TẮT

Trong bài báo này một mô hình toán học được thiết kế để tính toán rủi ro ngăn dòng đối với đập đá đổ trong thời đoạn ngăn dòng thi công về mùa lũ, dựa trên điều kiện nước không được chảy qua đỉnh đập và các yếu tố ngẫu nhiên khác như mực nước lũ phía trước đập và cao trình mực nước lũ. Các đặc tính của hệ thống thi công đập đá đổ, số ngày trong mỗi tháng cần phải dừng thi công để bảo trì đập và tính ngẫu nhiên của tốc độ gia tăng mực nước trung bình mỗi ngày được xem xét để thiết kế một mô hình tính chiều cao mô phỏng chống lũ trong thời đoạn thi công. Dựa vào phương pháp Monte Carlo, mô hình tính toán rủi ro được giải quyết bằng cách liên kết các yếu tố của thủy văn, thủy điện và thi công. Hơn nữa, ảnh hưởng của chỉ số thi công điều khiển được đó là tốc độ tăng trung bình tối thiểu hàng ngày của thân đập dựa trên tỷ lệ rủi ro được nghiên cứu.

© 2020 Trường Đại học Mỏ - Địa chất. Tất cả các quyền được bảo đảm.

1. Mở đầu

Trong những năm gần đây, nghiên cứu rủi ro dẫn dòng thi công đập được những thành tựu nhất định. Vào mùa lũ, mực nước lũ lớn nhất vượt quá mực nước ngăn lũ đây là nguyên nhân gây nguy hiểm cho đập (Hu Zhigen, 2002; Zhang Chao, 2012; Liu Quan và nkk, 2014). Các công trình thủy điện được xây dựng tại những địa điểm có điều kiện thi công khắc nghiệt, xây dựng với độ khó cao, biên độ lũ lớn, thậm chí với yêu cầu hoàn thiện

công trình phát điện trước của chủ đầu tư, tiêu chuẩn trong thời đoạn lũ tạm thời tăng lên đáng kể so với tiêu chuẩn đề quai chặn lũ ban đầu, vì vậy thi công vào mùa lũ và kiểm soát tiến độ thi công có mâu thuẫn ngày càng lớn. Thi công vào mùa lũ là yếu tố mấu chốt dẫn đến thành bại của công trình, câu hỏi đặt ra là làm thế nào để thi công có hiệu quả, an toàn vào mùa lũ và cân bằng thi công trở thành một thách thức lớn đối với các dự án đập đá đổ đang phải đối mặt.

Việc lập kế hoạch và biện pháp thi công trong mùa lũ ảnh hưởng đến toàn bộ kế hoạch thi công, an toàn và tiến độ thi công, trước lũ định kỳ, thân đập cần được đổ vượt qua cao trình chống lũ tiêu chuẩn tương ứng, tức là thân đập được thi công tới cao trình chặn lũ tạm thời; nếu không đạt đến cao

* Tác giả liên hệ

E - mail: nguyennh@epu.edu.vn

DOI: 10.46326/JMES.HTCS2020.17

trình này, cần đưa ra biện pháp bảo vệ thân đập khi có lũ xuất hiện. Hiển nhiên cách tiếp cận thứ hai cần phải tăng thêm nguồn lực và nhân lực ngoài định mức, thay đổi kế hoạch thi công ban đầu, gây ảnh hưởng đến tiến độ thi công công trình và các công trình liên quan, đồng thời trì hoãn thời hạn phát điện. Trong các dự án thực tế cần phải chứng minh đầy đủ độ tin cậy của thân đập đạt yêu cầu ngăn lũ định kỳ, cố gắng sử dụng kế hoạch đập chắn tạm thời lũ định kỳ. Do đó, hệ thống nghiên cứu nguy hiểm công trình đập đá đổ trong thời kỳ chặn nước lũ định kỳ có một ý nghĩa hết sức quan trọng. (Xu Tang Jin, 2011) đã đưa ra tiêu chuẩn lũ thiết kế của công trình chống lũ và đưa ra một số gợi ý hợp lý; (Zhong Deng Hua, 2013) trên phương diện coi cao trình đập mùa lũ như một điều kiện ràng buộc bên ngoài, đề xuất phương pháp mô phỏng toàn bộ đập đá đổ cao; (Fan Xi E, 2007) trên cơ sở mô phỏng rủi ro tiến độ thi công và mô phỏng rủi ro dẫn dòng thi công kết hợp lại đưa ra phân tích rủi ro tổng hợp đối với đập vòm cao, nhưng tỷ lệ rủi ro chỉ dựa vào kế hoạch đổ bê tông để tính toán. Theo (Liu Lian và Hu Zhi Gen, 2013) nghiên cứu diễn biến quá trình và biện pháp thi công của đập đá đổ vào mùa lũ, nhưng mô hình phân tích rủi ro mực nước trước đập mới chỉ tính toán đến tính bất định của lưu lượng đến.

Theo những phân tích trên, vấn đề nghiên cứu rủi ro dẫn dòng thi công dựa trên tính ngẫu nhiên của yếu tố thủy văn, thủy lực là chính; phân tích thống kê dựa trên phân phối ngẫu nhiên của mực nước lũ lớn nhất và cao trình chắn lũ. Tuy nhiên, quá trình thi công đập đá đổ bị ảnh hưởng bởi rất nhiều các yếu tố rủi ro, thực tế cao trình chắn nước mùa lũ bản thân nó cũng có tính bất định. Trong bài báo này, nhóm tác giả lấy tính ngẫu nhiên của cao trình thi công đập đá đổ trong thời kỳ ngăn lũ định kỳ kết hợp với các đặc tính tổng thể của hệ thống thi công đập đá đổ tiến hành tính toán, thiết lập nên mô hình toán học phân tích rủi ro chặn nước mùa lũ. Trên cơ sở đó, xem xét ảnh hưởng các yếu tố ngẫu nhiên chính tới sự tăng cao của thân đập từ đó xây dựng mô hình tính toán mô phỏng cao trình phòng lũ. Nghiên cứu sử dụng phương pháp Monte Carlo kết hợp giữa yếu tố thủy văn, thủy lực và các yếu tố ngẫu nhiên của thi công mô phỏng mực nước trước đập và cao trình chắn lũ định kỳ, đưa ra ước tính rủi ro chắn nước trong mùa lũ. Thực nghiệm tính toán áp dụng cho công trình Dadu để chứng minh tính hiệu quả của

mô hình.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Mô hình toán học phân tích rủi ro chắn nước trong mùa lũ của đập đá đổ

Đối với những vùng có mùa lũ rõ rệt, quá trình lũ chính có biên độ lớn, phải sử dụng biện pháp chắn nước tạm thời đối với đập ngăn dòng, một mặt cần thực hiện các biện pháp cần thiết bảo vệ mặt đập và kết cấu thân đập tránh những nguy cơ mất an toàn tiềm ẩn bên trong nó; một mặt khác thi công thân đập có thể bị tạm dừng thi công, nếu để nước tràn qua sẽ gây ra tổn thất rất lớn. Do đó, việc đảm bảo phòng lũ chính là thân đập có thể ngăn được lũ định kỳ hay không. Cùng thời gian này, hồ chứa sẽ giữ một lượng lớn lưu lượng nước lũ, việc cần thiết là phải điều tiết được lượng nước này và xem xét mực nước cao nhất trước đập có khả năng vượt qua cao trình lũ tính toán hay không. Vì vậy, dựa trên điều kiện trong thời kỳ lũ, mực nước lũ lớn nhất có thể vượt qua cao trình chắn lũ của thân đập gây ra nguy hiểm hay không để xây dựng nên mô hình rủi ro toán học đối với khả năng chắn nước mùa lũ của công trình đập đá đổ như sau:

$$R_M = P(\max(Z_H(t)) > Z_{HF} / T_0, H_0, T_H) \quad (1)$$

Trong đó: R_M - là suất rủi ro chắn lũ của đập đá đổ trong thời kỳ lũ; $Z_H(t)$ - là mực nước lũ trước đập theo thời gian; Z_{HF} - là cao trình chắn lũ; T_0 - là thời điểm bắt đầu phân tích mô hình; H_0 - là cao trình thân đập ứng với thời điểm T_0 ; T_H - là thời điểm bắt đầu có lũ chính.

Dựa vào đặc điểm hệ thống dẫn dòng thi công đập đá đổ, tiêu chuẩn giữa thời kỳ lũ tạm thời cao hơn tiêu chuẩn đề quai chắn nước thời kỳ đầu tương đối nhiều, trong thời kỳ chắn nước mùa lũ hệ thống dẫn dòng tồn tại hai vấn đề: thứ nhất, thời đoạn đắp đập từ thời điểm T_0 đến T_H , độ cao thân đập chưa vượt qua cao trình đỉnh đề quai dẫn dòng thời kỳ đầu; thứ hai, thời đoạn đắp đập từ thời điểm T_0 đến T_H , độ cao thân đập vượt qua cao trình đỉnh đề quai dẫn dòng thời kỳ đầu, quy phạm đề quai chắn nước. Vì vậy, mô hình rủi ro chắn nước trong thời kỳ lũ của đập đá đổ có thể tiến thêm một bước biểu đạt như sau:

$$R_M = \begin{cases} P(\max(Z_H(t)) > Z_{HV} | T_0, H_0, T_H; Z_{HV} > Z_{HB}) \\ P(\max(Z_H(t)) > Z_{HB} | T_0, H_0, T_H; Z_{HV} \leq Z_{HB}) \end{cases} \quad (2)$$

Trong đó: Z_{HV} - là cao trình đỉnh đề quai dẫn

dòng thời kỳ đầu; Z_{HB} - là cao trình thân đập đắp được trước mùa lũ chính.

Dựa vào lý thuyết quản lý rủi ro, giữa thời kỳ lũ tần suất lũ xuất hiện là $T_M = 1/R_M$, theo tiêu chuẩn phòng lũ thiết kế tương ứng với tần suất lũ kí hiệu T_B : nếu $T_M > T_B$ ($R_M < 1/T_B$), được coi là đáp ứng yêu cầu phòng lũ trong thời kỳ giữa mùa lũ, ngược lại $T_M \leq T_B$ ($R_M \geq 1/T_B$) coi là không đáp ứng được yêu cầu phòng lũ trong thời kỳ giữa mùa lũ, lúc này phải đưa ra các biện pháp kỹ thuật phòng lũ cần thiết.

2.2. Phương pháp tính toán suất rủi ro chắn nước trong mùa lũ của đập đá đổ

2.2.1. Phân tích tính bất định của cao trình phòng lũ trong mùa lũ

Dựa vào kinh nghiệm kết hợp với thực tế hiện trường công trình lập nên kế hoạch thi công, có thể nhằm vào cao trình mùa lũ Z_{HP} thiết kế thi công không đồng nhất tiến hành phân tích độ rủi ro. Trên thực tế quá trình đắp thân đập trước lũ chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố ngẫu nhiên như: lượng mưa, chất lượng công nhân, quản lý hiện trường, biện pháp thi công, quá trình vận chuyển và khai thác vật liệu,... Thân đập yêu cầu cần đạt tới cao trình phòng lũ và hiển nhiên nó đã có sẵn tính bất định. Thông qua tổng kết kinh nghiệm xây dựng đập đá đổ (Zhong Denghua và nnk, 2013), nghiên cứu này đã đơn giản hóa chủ yếu xem xét đến tính bất định của số ngày đình công trong tháng T_{ti} và tốc độ tăng cao trung bình của thân đập trong ngày H_{ei} . Mô phỏng tính toán giả định đối với cao trình đắp đập trước mùa lũ Z_{HB} là:

$$Z_{HB} = H_0 + \sum_{i=1}^M \mu_i = H_0 + \sum_{i=1}^M (T_{ti} - T_{ti})H_{ei} \quad (3)$$

Trong đó: M - là số tháng đắp đập từ thời điểm T_0 đến T_H ; μ_i - là độ tăng cao của thân đập ở tháng thứ i ; T_i - là số ngày thi công nhiều nhất trong tháng thứ i ; H_{ei} - là độ tăng cao thân đập hàng ngày của tháng thứ i .

Vì vậy, mô hình tính toán giả định của cao trình phòng lũ thân đập Z_{HF} là:

$$Z_{HF} = \begin{cases} Z_{HB} & Z_{HB} > Z_{HV} \\ Z_{HV} & Z_{HB} \leq Z_{HV} \end{cases} \quad (4)$$

Tính bất định của số ngày thi công hiệu quả trong tháng chủ yếu ảnh hưởng bởi lượng mưa, số ngày đình công trong tháng T_{ti} có thể được coi là

một phân phối chuẩn (Wang Jing, 2008).

Trong quá trình thi công đập đá đổ, số ngày trung bình trong tháng khống chế độ tăng cao thấp nhất, nó có thể là cơ sở cung cấp số liệu khống chế thi công hiện trường. Theo quan điểm thi công hiện nay, phỏng theo quy mô tương tự của công trình để phân tích thống kê tài liệu đắp đập, kết hợp với số liệu thống kê bản thân công trình trước thời kỳ thi công và độ cao thân đập - đường cong tích lũy đắp đập. Mỗi tháng, có thể xem xét tốc độ tăng cao bình quân hằng ngày của thân đập và tốc độ tăng cao nhanh nhất hằng ngày mỗi tháng. Dựa vào những phân tích trên, biến ngẫu nhiên H_{ei} thông thường biến đổi trong một phạm vi nhất định và các đặc trưng gắn với phân phối tam giác, tốt nhất giả định H_{ei} tuân theo phân phối tam giác, hàm mật độ của nó theo phương trình (5):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x - v_{di})}{(v_{mi} - v_{di})(v_{ui} - v_{di})} & v_{di} \leq x \leq 1 \\ \frac{2(v_{ui} - x)}{(v_{ui} - v_{di})(v_{ui} - v_{mi})} & v_{mi} < x \leq \\ 0 & \text{khác} \end{cases} \quad (5)$$

Trong đó: v_{di} - giới hạn dưới, kiểm soát tốc độ tăng cao thấp nhất trong ngày; v_{mi} - giá trị trung bình, tốc độ tăng cao trung bình trong ngày; dựa vào tính toán giá trị trung bình của số liệu thống kê trước thời kỳ thi công; v_{ui} - giới hạn trên, tốc độ tăng cao nhanh nhất trong ngày, dựa vào cường độ đắp đập lớn nhất trước thời kỳ thi công tính toán ra.

Thông qua những phân tích trên, tính ngẫu nhiên của Z_H chịu ảnh hưởng của v_{di} , có thể thông qua điều chỉnh v_{di} để khống chế R_M

2.2.2. Mô hình rủi ro

Tại những vùng mùa lũ tương đối ngắn, biên độ lũ biến đổi nhanh và một số điều kiện đặc trưng khác, lựa chọn yếu tố ngẫu nhiên chính đó là lưu lượng đỉnh lũ lớn nhất Q_{max} và thông qua khuếch đại đỉnh lũ điển hình mô phỏng quá trình thi công mùa lũ. Dựa vào tính toán tần suất thủy văn thực tiễn của vùng thi công đập đá đổ trong nhiều năm, P-III phân phối có thể mô tả tốt hơn tính ngẫu nhiên của đỉnh lũ mùa lũ.

Xem xét sai số đo lường địa mạo vùng hồ chứa, ảnh hưởng của các yếu tố như: sạt núi, bồi lấp hồ chứa,... thực tế cho thấy quan hệ giữa mực nước và dung tích đã có sẵn tính bất định, giả sử hệ số quan hệ dung tích hồ chứa là β tuân theo quy luật

phân bố tam giác. Quá trình tháo lũ cũng bị ảnh hưởng của nhiều yếu tố bất định, giả sử hệ số năng lực tháo lũ là η cũng tuân theo quy luật phân bố tam giác (Hu Zhigen và nkk, 2010).

Dựa vào nguyên lý cơ bản của phương pháp Monte Carlo ta có thể tiến hành khảo sát, kiểm tra tổng hợp quá trình thi công mùa lũ, quá trình xả lũ và độ cao phòng lũ (tính ngẫu nhiên của độ cao phòng lũ); từ đó mô phỏng mực nước lũ và tiến hành mô phỏng cùng lúc với thi công, quá trình tính toán mô phỏng được tiến hành như sau:

(1) Xác định các yếu tố rủi ro đã được phân phối ngẫu nhiên, nhập các thông số tính toán mô phỏng. (2) Xác định số lần (số lượng) các mô phỏng N_F . (3) Xây dựng ngẫu nhiên đỉnh lũ thi công, mô phỏng quá trình thi công mùa lũ. (4) Xây dựng mối quan hệ dung tích trữ nước của hồ chứa với hệ số ngẫu nhiên, mô phỏng đường cong quan hệ giữa mực nước và dung tích trữ của hồ. (5) Xây dựng hệ số ngẫu nhiên năng lực xả lũ của công trình tháo, vẽ đường cong thể hiện năng lực tháo lũ. (6) Xây dựng hệ số ngẫu nhiên số ngày dừng thi công trong tháng thi công, mô phỏng số ngày làm việc hiệu quả trong tháng. (7) Xây dựng hệ số ngẫu nhiên tốc độ đắp cao của thân đập trong một ngày, mô phỏng tốc độ đắp cao của đập trong một ngày. (8) Thông qua mô phỏng đạt được quá trình thi công mùa lũ và đường cong quan hệ giữa mực nước và dung tích hồ chứa giả định tính toán lũ đạt được mực nước cao nhất trước đập là $Z_H(t)$. (9) Thông qua mô phỏng đạt được số ngày hiệu quả làm việc trong tháng, tốc độ tăng cao của đập trong ngày, tính toán mô phỏng đạt được cao trình đắp đập Z_{HB} , từ đó xác định được cao trình phòng lũ của đập Z_{HF} . (10) So sánh phân tích mực nước lớn nhất trước đập $Z_H(t)$ có vượt qua cao trình phòng lũ Z_{HF} hay không. (11) Thông qua mô phỏng lấy mẫu lặp đi lặp lại, phân tích thông kê số liệu mực nước cao nhất trước đập vượt qua cao trình phòng lũ; ký hiệu là N_R ; công thức tính toán rủi ro đối với đập đá đổ trong thời kỳ chặn dòng là

$$R_M \approx \frac{N_R}{N_F} \quad (6)$$

2.3. Tính toán với công trình thực tế

Đập Dadu là dự án đập đá đổ sử dụng lõi bằng đất đá, đập nằm trên sông Dadu, là sông nhánh cấp 2 thuộc thượng nguồn sông Trường Giang, là nhánh lớn nhất của sông Minh Giang, bắt nguồn từ cao nguyên Thanh Hải. Đập nằm trên địa phận

tỉnh Tứ Xuyên, Trung Quốc, đập cao 240 m, cao trình mặt cắt ngang đập là 1.457 m, cao trình đỉnh đập là 1.697 m. Đây là công trình cấp I có nhiệm vụ ngăn dòng, xả lũ, dẫn dòng và phát điện,... giai đoạn đầu đề quai dẫn dòng được kết hợp với thân đập đá đổ. Ảnh hưởng của công trình là rất lớn tới khu vực hạ lưu và an ninh trong khu vực. Dựa vào đặc điểm kỹ thuật có liên quan kết hợp với loại hình đập và quy mô dung tích hồ chứa đưa ra tiêu chuẩn giới hạn thời đoạn lũ thiết kế trong vòng 100 năm. Nhưng trước mắt cao trình đắp đập công trình thủy điện phải đạt được H_0 là 1.496 m và dự án hoạch định sẵn cao trình chắn nước mùa lũ là 1.545 m sai số cho phép là 49 m và chỉ cách thời gian lũ là 5 tháng. Nếu như xét tới phương án thân đập vào mùa lũ cho nước tràn qua thì khối lượng các biện pháp bảo hộ công trình là rất lớn và ảnh hưởng tới kế hoạch tiến độ các hạng mục tiếp theo. Để đảm bảo không ảnh hưởng đến kế hoạch phát điện, đảm bảo chất lượng công trình, toàn bộ mặt cắt đều phải thi công đạt được cao trình chắn thiết kế mùa lũ.

Tốc độ đắp đập yêu cầu cao, thời gian thi công công trình gấp, quá trình đắp đập mùa lũ hiển nhiên tồn tại tính bất định, do đó việc phân tích đánh giá rủi ro phòng lũ cho công trình khi thi công là hết sức cần thiết.

2.3.1. Phân tích các yếu tố ngẫu nhiên bất định

Thống kê số liệu thủy văn lưu lượng đỉnh lũ Q_{max} tuân theo phân bố P-III; trị số phân bố $\mu_0 = 3.550 \text{ m}^3/\text{s}$; hệ số phân tán dòng chảy năm $C_V = 0.24$; hệ số thiên lệch $C_S = 5.0C_V$, trong vòng 100 năm lưu lượng đỉnh lũ thiết kế là $6.230 \text{ m}^3/\text{s}$. Kết quả tính toán lũ thiết kế được thể hiện ở Bảng 1.

Hệ số năng lực tháo lũ η kết hợp với đặc trưng của công trình dẫn dòng, giá trị phân phối giới hạn

Bảng 1. Kết quả tính toán lũ thiết kế phân kỳ.

Tháng	Kỳ sử dụng	μ_0 (m ³ /s)	C_V	C_S/C_V
1	01/01 ~ 31/01	265	0.18	6.0
2	01/02 ~ 29/02	216	0.15	6.0
3	01/03 ~ 31/03	290	0.40	8.0
4	01/04 ~ 30/04	550	0.34	2.0
5	01/05 ~ 31/05	1440	0.44	4.0
6 ~ 9	01/06 ~ 30/09	3550	0.24	5.0
10	01/10 ~ 31/10	1550	0.30	2.5
11	01/11 ~ 30/01	750	0.23	6.0
12	01/12 ~ 31/12	410	0.18	6.0

Bảng 2. Các thông số tính toán thời gian thi công.

Hạng mục	Tháng 1	Tháng 2	Tháng 3	Tháng 4	Tháng 5
T_i / d	12	6	31	30	31
T_{ti}/d	N (0,0.5)	N (0,0.20)	N (1,0.15)	N (2,0.13)	N (3,0.21)

dưới, giá trị trung bình và giá trị giới hạn trên của η tương ứng là 0.95; 1.00 và 1.03.

Hệ số quan hệ giữa mực nước và dung tích hồ β kết hợp với tương quan kinh nghiệm thiết kế công trình, giá trị phân phối giới hạn dưới, giá trị trung bình và giá trị giới hạn trên tương ứng là 0.99; 1.00 và 1.01.

Hệ số ngẫu nhiên đắp đập thi công, đắp thân đập từ tháng 1 đến cuối tháng 5, $M = 5$ tháng để đáp ứng mùa lũ chính. Bởi vì tỷ lệ biến đổi của vị trí đường cong tích lũy thời đoạn đắp đập phải tương đối nhỏ, kết hợp với phân tích số liệu cường độ thi công, tốc độ đắp cao của thân đập trung bình trong ngày mỗi tháng H_{ei} ($i = 1, 2, \dots, 5$) về cơ bản là giống nhau, đều chịu sự phân phối tam giác, các thông số phân phối là (giới hạn dưới), (giá trị trung bình), (giới hạn trên), số ngày thi công nhiều

nhất mỗi tháng (do ảnh hưởng của ngày lễ) và số ngày mưa gây ra sự đình công phân bố trung bình được thể hiện ở Bảng 2.

2.3.2. Phân tích các yếu tố ngẫu nhiên bất định

Số lần mô phỏng giả định là 10.000 lần, xem xét tới sự không đồng nhất về điều kiện thiết kế công trình mùa lũ của những tính toán thiết kế, kết hợp khảo sát những yếu tố ngẫu nhiên của thủy văn, thủy lực trong thời kỳ giữa mùa lũ, kết quả mô phỏng ngẫu nhiên rủi ro được thể hiện ở Bảng 3. Việc sử dụng các tiêu chuẩn thiết kế tương đương để xác định cao trình chắn nước thiết kế được biểu thị ở Bảng 4. Kế hoạch đắp đập tương ứng với tỷ lệ rủi ro chặn nước giữa mùa lũ được thể hiện ở Bảng 5.

Bảng 3. Độ cao chắn nước ứng với tỷ lệ rủi ro khác nhau.

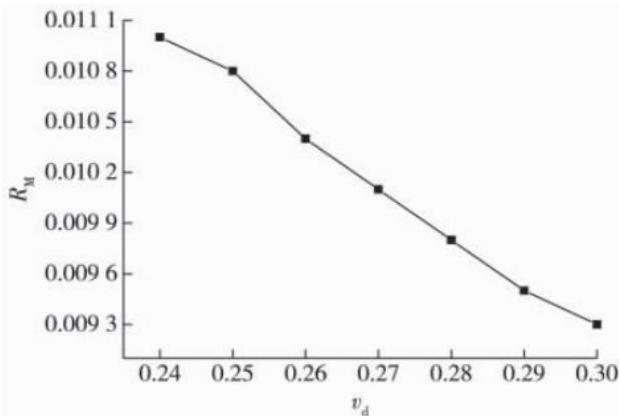
Mức nước thiết kế tính toán theo	Thời gian lũ quay trở lại	Cao trình m	Hs Ngẫu nhiên Q_{max}, η, β		Thời gian quay lại tương đương
			Suất rủi ro $R_M / \%$	Độ tin cậy $P_M / \%$	
Thủy lực học	50	1528.00	1.57	98.43	93.69
	100	1537.07	0.74	99.26	135.14
Điều tiết lũ	50	1525.76	2.14	97.86	46.73
	100	1530.95	1.11	98.89	90.09
Cao trình đỉnh đê quai	50	1530.50	1.16	98.84	86.21
Nghiên cứu khả thi xem xét quyết định cao trình mùa lũ	200	1542.40	0.23	99.77	434.78

Bảng 4. Cao trình thiết kế thân đập mùa lũ tương ứng với thời gian lũ quay trở lại.

Hệ số ngẫu nhiên	T_M / a	Cao trình chắn nước thiết kế / m	Công trình tháo lũ
Q_{max}, η, β	50	1525.97	1, 2 hầm tháo nước thời kỳ đầu
	100	1531.27	

Bảng 5. Tỷ lệ rủi ro của các kế hoạch thi công khác nhau.

Kế hoạch TC	μ_1/m	μ_2/m	μ_3/m	μ_4/m	μ_5/m	Z_{HP}/m	$R_M/\%$
1 (Từ kế hoạch thi công đề xuất ra)	4.00	1.00	10.00	10.00	10.00	1531.00	1.10
2 (Từ kế hoạch thiết kế đề xuất ra)	5.00	1.50	10.00	10.00	11.00	1533.50	0.76
3 (Từ kế hoạch của chủ đầu tư đề xuất ra)	5.00	1.00	11.00	11.00	11.00	1535.00	0.66



Hình 1. Phân tích độ nhạy.

Tổng hợp xem xét các yếu tố ngẫu nhiên của thủy văn và thủy lực, cũng như tỷ lệ rủi ro chắn nước giữa mùa lũ của các yếu tố bất định thi công đắp đập là 1.08%. Xem xét tới khống chế tốc độ tăng cao tối thiểu hàng ngày của khống chế trật tự thi công chắc chắn tồn tại tính kiểm soát, phân tích độ nhạy để chỉ đạo khống chế tiến độ thi công, kết quả phân tích độ nhạy được thể hiện ở Hình 1.

3. Kết quả và thảo luận

Qua tổng hợp Bảng 3 khảo sát các yếu tố ngẫu nhiên thủy văn, thủy lực của hệ thống dẫn dòng thi công, dựa vào tiêu chuẩn dẫn dòng về thủy lực học cho 100 năm mực nước thượng lưu cao nhất tương ứng là 1537,07 m, suất rủi ro là 0.74%, ứng với thời kỳ lũ quay lại là 135,14 năm, lớn hơn yêu cầu thỏa mãn 100 năm phòng lũ mùa lũ. Mực nước thượng lưu cao nhất tương ứng với tiêu chuẩn dẫn dòng của phương pháp thiết kế tính toán điều phối lũ cho 100 năm là 1530,95 m, suất rủi ro là 1.11%, đương lượng ứng với thời kỳ lũ quay lại là 90,07 năm, nhỏ hơn yêu cầu thỏa mãn 100 năm phòng lũ mùa lũ. Đương lượng thời kỳ lũ quay lại tương ứng với cao trình đỉnh đập quai đạt được

86,21 năm. Thời kỳ lũ quay lại tương ứng với cao trình mùa lũ nghiên cứu khá thi là 434,78 năm.

Dựa vào lý luận phân tích rủi ro, từ Bảng 4 đưa ra được mực nước thiết kế tương ứng với thời kỳ lũ quay trở lại, khảo sát tổng hợp các yếu tố ngẫu nhiên thủy văn, thủy lực của hệ thống dẫn dòng thi công tiêu chuẩn cho 100 năm thời kỳ lũ quay trở lại tương ứng với mực nước thiết kế là 1531,27 m, lúc này cao trình đắp đập trước mùa lũ phải được khống chế tại 1531,27 m trở lên, vì vậy quyết định được cao trình phòng lũ mùa lũ đã cung cấp được một tài liệu hết sức quan trọng đến kế hoạch tiến độ thi công của công trình.

Kết quả Bảng 5 cho thấy kế hoạch thi công 1 (căn cứ vào kế hoạch thi công) tính toán được $R_M > 1\%$, không thỏa mãn yêu cầu phòng lũ mùa lũ, yêu cầu phải điều chỉnh phù hợp với kế hoạch tiến độ thi công, nâng cao tốc độ đắp thân đập. Theo kế hoạch thi công 2 và 3 ta thấy thỏa mãn yêu cầu phòng lũ mùa lũ, kế hoạch thi công cơ bản là hợp lý, nhưng phương án 3 trong các tháng từ tháng 3 đến tháng 5 cường độ biến đổi lớn sẽ ảnh hưởng đến chất lượng thi công. Do đó kiến nghị áp dụng kế hoạch thi công 2 làm kế hoạch tiến độ thi công cho công trình.

Sau khi khảo sát tính bất định của cao trình phòng lũ thân đập trong mùa lũ, suất rủi ro chắn lũ giữa mùa lũ là 1.08%, tại thời điểm này không thể thỏa mãn yêu cầu phòng lũ mùa lũ, do đó đối với quá trình thi công phải tiến hành kiểm soát hiệu quả hoặc phải có những biện pháp kỹ thuật cần thiết. Thông qua Hình 1, suất rủi ro ứng với tốc độ kiểm soát tối thiểu của độ tăng cao thân đập hàng ngày tuân theo quy luật biến đổi của v_d , chứng tỏ nâng cao v_d có thể làm giảm suất rủi ro chắn nước giữa mùa lũ đối với công trình, điều này cơ bản là phù hợp với quy luật thực tế công trình,

tương ứng với thời điểm $v_d > 0.28m/d$ trở lên, $R_M < 0.98\%$, lúc này sẽ thỏa mãn các yêu cầu phòng lũ mùa lũ. Do vậy việc đánh giá rủi ro chắn nước giữa mùa lũ đã cung cấp được một tài liệu hết sức quan trọng đến xây dựng tiến độ thi công của công trình.

4. Kết luận

- Nghiên cứu đã xem xét tính bất định của mực nước lũ trước đập và cao trình phòng lũ thân đập, xây dựng được mô hình số học rủi ro phòng lũ của công trình đập đá đổ trong thời kỳ lũ, phản ánh được trong thời kỳ phòng lũ có thể tồn tại hai tình huống.

- Chủ yếu xem xét tính ngẫu nhiên của số ngày dừng thi công trong mỗi tháng và tốc độ tăng cao trung bình trong ngày của thân đập, xây dựng được mô hình tính toán mô phỏng cao trình phòng lũ mùa lũ và khống chế tốc độ tăng cao thấp nhất hằng ngày trong mỗi tháng có thể được dùng làm một chỉ số kiểm soát. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ rủi ro trung hạn trong thời kỳ chắn nước mùa lũ.

- Phương pháp Monte Carlo đã cho kết quả mô phỏng mực nước trước đập, đồng thời, độ cao phòng lũ cho thân đập chắn nước giữa mùa lũ cũng đã được dự tính. Phương pháp này đã chứng minh được tính khả thi và hiệu quả của các mô hình và phương pháp tính toán khống chế tốc độ tăng cao nhất/ thấp nhất của thân đập hằng ngày trong mỗi tháng thì tỷ lệ rủi ro phòng lũ đã được giảm đáng kể.

- Kết quả nghiên cứu đưa ra phương pháp góp phần cho công tác dự báo đánh giá rủi ro chắn nước trong mùa lũ khi thiết kế và thi công đập đá đổ. Tuy nhiên, trong các dự án đập đá đổ, hậu kỳ dẫn dòng thi công liên quan đến rất nhiều yếu tố bất định tính, mỗi công trình đều có những đặc điểm và môi trường thi công khác nhau, do đó phương pháp ước lượng rủi ro và các thông số dự tính được rút ra trong ứng dụng công trình cần được tiếp tục nghiên cứu bổ sung và hoàn thiện thêm.

Những đóng góp của tác giả

Ý tưởng bài báo: Hoàng Đình Phúc; Phương pháp luận: Bùi Anh Thắng; Viết bản thảo bài báo: Nguyễn Hưng Nguyễn; Đánh giá và chỉnh sửa: Hoàng Đình Phúc.

Tài liệu tham khảo

- Hu Zhigen, Liu Quan, He Chenghai, (2002) Rick analysis of retaining rockfill cofferdam for diversion based on the Monte Carlo method [J]. *Advances in Water Science*, , 13(5) 634-638.
- Zhang Chao, Hu Zhigen, Liu Quan.(2012) Integrated rick analysis for the cascade of system diversion [J]. *Advances in Water Science*, , 23(3) 396- 402.
- Zhang Chao, Hu Zhigen, Liu Quan.(2012) Rick analysis for construction diversion with discharge control of the upstream hydropower stations [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, , 43(11), 1328-1333.
- Liu Quan, Hu Zhigen, Ren Jinming, (2014). Rick analysis of hydropower construction diversion with cascaded reservoirs [J]. *Journal of Hydroelectric Engineering*, , 33(1) 147-153.
- Xu Tang jin, Li Heng, Ma Yongfeng.(2011)Discussion on design flood standard of dam flood protection and flood diversion structure [J]. *Yangtze River*, , 42 (16) 69- 72.
- Zhong Denghua, Chang Haotian, Liu Ning, (2013). Simulation and Optimization of high rock- filled dam construction operations [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, , 44(7) 863-872.
- Fan Xi'e, Hu Zhigen, Jin Peng,(2007). Integrated rick of construction diversion system based on the Monte Carlo method [J]. *Advances in Water Science*, , 18(4) 604- 608.
- Liu Lian, Hu Zhigen. (2013) Negotiation decision evolutionary analysis of high rock- fill dam construction during flood period on time – varying [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, , 44(11) 1359- 1365.
- Wang Jing. (2008) Simulation of effective construction period of rock- fill dams under the condition of rain based on the Monte Carlo method [J]. *China Rural Water and Hydropower*, (11) 75-77.