

TÍNH TOÁN TRÀN TỰ LẬT CỦA HỒ CHỨA NƯỚC ĐÁ BẠC - HÀ TĨNH THEO LÝ THUYẾT ĐỘ TIN CẬY

Nguyễn Lan Hương¹, Nguyễn Quang Hùng¹, Phạm Hải Đăng²

TÓM TẮT

Tại các đầu mối hồ chứa, các tràn xả lũ có nhiệm vụ tháo lũ đảm bảo an toàn cho hệ thống khi trong hồ xuất hiện các con lũ với nhiều tần suất khác nhau, tuy nhiên các đặc trưng của lũ theo thời gian đã bị thay đổi và thường lớn hơn so với các thiết kế ban đầu làm gia tăng các nguy cơ mất ổn định hệ thống hồ chứa. Do đó, cần có các giải pháp công trình hoặc phi công trình để hệ thống vận hành an toàn và xây dựng các tràn sự cố để nâng cao an toàn cho hồ đập là một giải pháp công trình đang được ứng dụng rộng rãi tại các đầu mối hồ chứa nước. Tại Việt Nam, các tiêu chuẩn thiết kế hồ đập đang được sử dụng theo phương pháp tất định, trong khi nhiều nước trên thế giới đã có các tiêu chuẩn về thiết kế công trình theo lý thuyết độ tin cậy cũng như đã thực hiện các tính toán công trình theo các bài toán ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy. Từ việc đánh giá hiện trạng hệ thống đầu mối hồ chứa nước Đá Bạc - Hà Tĩnh, nghiên cứu đã đề xuất xây dựng thêm tràn sự cố để đảm bảo an toàn cho hệ thống khi trong hồ xuất hiện các con lũ có tần suất vượt thiết kế. Ứng dụng lý thuyết độ tin cậy cấp độ II để xây dựng bài toán xác định kích thước các khối lật trên ngưỡng tràn và phân tích mức độ ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến hệ thống làm cơ sở để đưa ra các dự đoán về độ bền và ổn định của tràn tự lật.

Từ khóa: Tràn tự lật, lũ vượt thiết kế, hàm tin cậy, xác suất sự cố, biến ngẫu nhiên.

1. BẬT VẠN BỀ

Lũ vượt thiết kế là những con lũ đặc biệt lớn có đỉnh hoặc lưu lượng vượt tiêu chuẩn thiết kế. Ở đầu mối công trình hồ chứa thủy lợi, thủy điện đều có tràn xả lũ để xả nước thừa, xả lũ nên quy mô tràn xả lũ được xác lập trên cơ sở đảm bảo thoát lũ ứng với một số tần suất lũ được xác định theo cấp công trình. Như vậy với tràn xả lũ chỉ có thể đảm bảo xả lũ với một số tần suất nhất định nhưng yêu cầu lại phải đảm bảo an toàn cho đập chính, cống, tràn và các công trình khác với lũ đến bất kỳ tần suất nào. Hơn nữa các đặc trưng của lũ theo thời gian lại có thể thay đổi (thường là lớn lên) so với tính toán thiết kế ban đầu do nhiều nguyên nhân khác nhau làm tăng thêm nguy cơ mất an toàn cho công trình đầu mối nói riêng và cả hồ chứa nói chung. Cần thiết phải có các giải pháp để công trình vận hành an toàn, không có nước lũ vượt thiết kế và nhất là không có nước tràn qua đỉnh đập chắn. Trong thực tế, nhiều hồ đập đã sử dụng một số phương án như: tôn cao đập chính, mở rộng tràn cũ, làm thêm tràn mới hoặc xả cả một phần dung tích hữu ích trước khi lũ về.... Trong các giải pháp đó, giải pháp xây dựng tràn sự cố đã và đang được áp dụng khá phổ biến tại các đầu mối hồ chứa

Việt Nam [1]. Đa phần các hồ đập đã xây dựng ở Việt Nam chủ yếu được thiết kế theo phương pháp tất định, mức độ an toàn của bộ phận công trình hay cả công trình được tính theo các hệ số an toàn. Các tính toán về ngẫu nhiên và phân tích độ tin cậy trong hệ thống thủy lợi ở Việt Nam đã được ứng dụng nhiều trong các luận án, các bài báo khoa học và các đề tài nghiên cứu. Trong khi đó, các nước tiên tiến trên thế giới: Nga, Trung Quốc, Nhật Bản và một số nước châu Âu không chỉ đã sử dụng phương pháp thiết kế ngẫu nhiên và các tiêu chuẩn về độ tin cậy để ứng dụng trong các nghiên cứu mà còn sử dụng làm công cụ hiệu quả để đánh giá an toàn cho công trình. Bài báo giới thiệu các sự cố của hồ đập do lũ vượt thiết kế gây ra và tình hình xây dựng các tràn sự cố ở các đầu mối hồ chứa, trong đó hồ chứa nước Đá Bạc, tỉnh Hà Tĩnh cũng là một trong những hồ chứa có nguy cơ bị sự cố khi có lũ vượt thiết kế. Trên cơ sở đánh giá hiện trạng hệ thống đầu mối hồ chứa Đá Bạc, nghiên cứu đã đề xuất giải pháp làm tràn sự cố là tràn tự lật và thực hiện các tính toán xác định kích thước các khối bê tông trên ngưỡng tràn theo lý thuyết độ tin cậy cấp độ II.

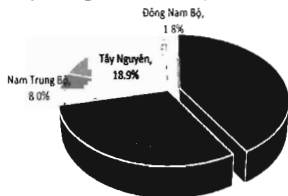
2. HIỆN TRẠNG TRÀN SỰ CỐ TẠI CÁC ĐẦU MỐI HỒ CHỨA NƯỚC VIỆT NAM

Tính đến cuối năm 2018, Việt Nam có 6755 hồ chứa thủy lợi nhưng phân bố không đều theo các vùng lãnh thổ với 90,2% hồ chứa tập trung ở Bắc bộ.

¹ Trường Đại học Thủy lợi
Email: lanhuong@tlu.edu.vn

² Lớp cao học 26C21, Trường Đại học Thủy lợi

Bắc Trung bộ và Tây Nguyên (Hình 1) [2]. Trước những năm 90 của thế kỷ XX, vấn đề tràn sự cố chưa được đề cập nhiều, nên các hồ thường xả trước phân dung tích hữu ích hoặc bị động phá đập phụ hoặc không trữ nước hữu ích trong hồ đến mực nước dâng bình thường (MNDBT) khi trong hồ có lũ vượt thiết kế. Trải qua thời gian dài khai thác, hầu hết các công



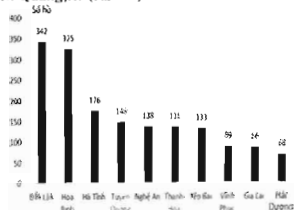
Hình 1. Tỷ lệ % hồ chứa thủy lợi của từng vùng

Các sự cố vỡ hồ đập do lũ vượt thiết kế diễn ra tương đối phổ biến ở nước ta, có thể kể đến một số ví dụ điển hình như: sự cố vỡ đập Khe Mơ (Hà Tĩnh), vỡ đập Phan Lân (Vinh Phúc), sự cố đập Sông Bung 2 (Quảng Nam)... Ngày 10/06/2010, hàng ngàn người dân của hai xã Sơn Hàm, Sơn Phú (Hà Tĩnh) chìm trong biển nước trong vòng một giờ vì đập thủy điện Khe Mơ, xã Sơn Hàm, huyện Hương Sơn (Hà Tĩnh) với dung tích 0,75 triệu m³ đã bị vỡ do có lũ vượt thiết kế. Năm 2013, xảy ra lũ vượt thiết kế với cột nước lũ vượt quá đỉnh đập 1,5 m làm cho đập đất Phan Lân (Vinh Phúc) bị vỡ, hồ chứa có dung tích 1 triệu m³ làm ngập lụt và gây tổn thất lớn cho vùng hạ lưu hồ. Gần đây nhất, ngày 13/9/2016, do mưa lũ kéo dài gây vỡ tại khu vực cửa chặn đập thủy điện Sông Bung 2 (dung tích 92 triệu m³) làm nước hồ



Hình 3. Sự cố vỡ đập Khe Mơ – Hà Tĩnh năm 2010

trình đều có hư hỏng, xuống cấp và tiềm ẩn nguy cơ gây mất an toàn hồ chứa. Đã có nhiều sự cố hồ đập do lũ vượt thiết kế đã xảy ra trong những năm qua, trong đó số lượng hồ đập bị hư hỏng và thiếu khả năng xả lũ là 2584 hồ tập trung nhiều ở các tỉnh có nhiều hồ đập như: Đắk Lắk, Hòa Bình, Hà Tĩnh, Tuyên Quang,... (Hình 2).



Hình 2. Số lượng các hồ hư hỏng và thiếu khả năng xả lũ chưa đủ về gây ngập các xã vùng biên giới Nam Giang. Còn nhiều các đập, hồ chứa khác đã bị vỡ do lũ vượt thiết kế, như trường hợp của hồ Ao Châu (Phù Thọ) năm 1996, mưa lớn vượt thiết kế gây vỡ đập, hoặc hồ có nguy cơ bị vỡ do thường xuyên chịu lũ vượt thiết kế như hồ Đák Uy (Kon Tum); hồ Trà Tân (Bình Thuận); đập Hồ Hồ (Hà Tĩnh)... Đập dù lớn hay nhỏ khi bị vỡ đều gây ra tổn thất nặng nề cho bản thân công trình và cho vùng hạ du. Ở các đập má hạ du là khu dân cư hoặc kinh tế, văn hóa thì thiệt hại do vỡ đập gây ra ở hạ du lớn hơn gấp nhiều lần so với thiệt hại đối với bản thân công trình, và phải mất nhiều năm sau mới có thể khắc phục được. Những vấn đề trên đây cho thấy tầm quan trọng đặc biệt của công tác đảm bảo an toàn hồ - đập thủy lợi, nhất là trong mùa mưa lũ lớn [3].



Hình 4. Sự cố tại cửa chặn dòng của Thủy điện Sông Bung 2

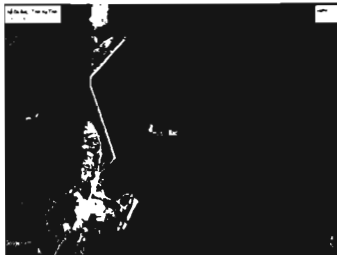
Sau lũ năm 1999 ở miền Trung với hàng loạt hồ chứa có mức nước lũ vượt thiết kế, tràn sự cố bắt đầu được thiết kế, xây dựng và bổ sung vào danh mục các công trình trong cụm công trình đầu mối hiện có, hoặc bổ sung thay đổi thiết kế của giai đoạn trước, hoặc xem xét ngay từ khi lập dự án xây dựng một hồ chứa [1]. Mặc dù công tác này vẫn chưa đồng bộ ở tất cả các hồ chứa, nhưng một số tràn sự cố đã được xây dựng ở các hồ chứa như: hồ Kè Gỗ (Hà Tĩnh), hồ An Mã (Quảng Bình), hồ Vực Tròn (Quảng Bình), hồ Báo Đài (Quảng Trị), hồ Krông Buk hạ và hồ Iasup Thượng (Đắk Lắk), hồ Suối Trấu (Khánh Hoà), hồ Thủy điện Sông Hinh,... Đến đầu năm 2000, số hồ chứa có tràn sự cố mới chỉ chiếm 5%, nhưng sau năm 2000 thì có tới 37,5% hồ chứa đã có tràn sự cố. Tỷ lệ hồ chứa nước có xây dựng tràn sự cố ngày càng tăng, nhưng vấn đề tràn sự cố chưa được nghiên cứu nhiều và việc thiết kế tràn sự cố lại chưa có tiêu chuẩn hay hướng dẫn cụ thể của cơ quan có thẩm quyền [3].

3. CÁC TÍNH TOÁN CHO TRÀN TỰ LẬT Ở ĐẦU MỐI HỒ CHỨA NƯỚC ĐÁ BẠC TỈNH HÀ TĨNH

3.1. Hiện trạng hồ chứa nước Đá Bạc – Hà Tĩnh

Hồ chứa nước Đá Bạc là công trình cấp II được xây dựng tại phường Đậu Liêu, thị xã Hồng Lĩnh, tỉnh Hà Tĩnh, công trình được đưa vào vận hành khai thác năm 2006. Đầu mối hồ Đá Bạc gồm: 1 đập đất, 1 cống lấy nước, 2 tràn xả lũ và hệ thống kênh cùng công trình trên kênh. Hồ Đá Bạc có dung tích 2,88.10⁶ m³, với nhiệm vụ: cấp nước tưới cho 309 ha lúa và hoa màu của tỉnh Hà Tĩnh; cấp nước sinh hoạt

cho 15.000 người dân thị xã Hồng Lĩnh và tạo môi trường sinh thái và cảnh quan trong khu vực [4].



Hình 5. Hồ chứa nước Đá Bạc – Hà Tĩnh (Ảnh từ Google Earth)

3.1.1. Hiện trạng đập đất

Đập đất Đá Bạc là loại đập nhiều khối: đập cao 25,75 m với $Z_d = 31,75$ m, trên đỉnh làm tường chắn sóng $Z_s = +32,5$ m, chiều dài 605 m và đỉnh đập rộng 3,5 m. Các hệ thống rãnh thoát nước mặt ở mái hạ lưu đập đã bị hỏng, bị biến dạng nên không còn tác dụng bảo vệ mái. Một vài chỗ trên mái bị sạt lở cục bộ. Hiện tượng nước thấm qua thân đập, tập trung về hạ lưu qua đồng đá tiêu nước có lưu lượng khá lớn, thậm chí tập trung thành vùng, thành dòng chảy, làm mất nước của hồ chứa và ảnh hưởng đến an toàn đập. Tuy nhiên xét về mặt tổng thể, các hạng mục của đập dâng chưa bị xuống cấp nghiêm trọng [4].



Hình 6. Đỉnh đập đất Đá Bạc



Hình 7. Nước thấm đục chảy thành dòng ở chân đồng đá tiêu nước hạ lưu đập

3.1.2. Hiện trạng 2 tràn xả lũ

Tràn chính là tràn đỉnh rộng không cửa van, rộng 30 m; tràn phụ là tràn đỉnh rộng có cửa van, kích thước B x H = 4 m x 4 m. Cả hai tràn đều tiêu năng theo hình thức dốc nước kết hợp bể tiêu năng.

Tràn xả lũ có cửa van có hiện tượng thấm mạnh từ thượng lưu, xi nước qua lớp áo bê tông gia cố mái dốc nước, hiện tượng này về lâu dài sẽ ảnh hưởng đến an toàn cửa xả sâu nơi riêng và tràn xả lũ nơi chung. Thiết bị cửa van cửa xả sâu không kín nước,

gây mất nước hồ chứa. Hạ lưu và tiêu năng tràn của cửa xả sâu bị xói lở mạnh, cần gia cố để đảm bảo an

toàn công trình [4].



Hình 8. Xi nước qua lớp bê tông ở thân dốc của tràn có cửa van



Hình 9. Nước rò rỉ ở cửa van tràn xả sâu tràn hồ Đá Bạc



Hình 10. Xuất hiện dòng thấm ở mang công tại vị trí cửa van điều tiết

3.1.3. Hiện trạng công ngầm

Cống ngầm là cống tròn chày có áp đường kính $\Phi 600$ mm, điều tiết bằng van phẳng ở hạ lưu, cống có vị trí gần lòng suối. Xuất hiện dòng thấm ở mang công tại vị trí cửa van điều tiết, tuy nhiên cống còn vận hành khá tốt [4].

3.1.4. Hiện trạng xả lũ

Hồ chứa nước Đá Bạc thuộc công trình cấp II có tần suất lũ thiết kế $P = 1,0\%$ và tần suất lũ kiểm tra $P = 0,2\%$. Tính toán điều tiết lũ qua 2 công trình xả để đánh giá khả năng phòng lũ của hồ chứa và mức độ an toàn của hệ thống đầu mối. Các tính toán được thực hiện với cả lũ vượt tần suất $P = 0,01\%$ [5].

Bảng 1. Kết quả tính điều tiết lũ cho 2 tràn hiện trạng

Lưu lượng xả	$P = 0,01\%$	$P = 0,2\%$	$P = 1\%$
$Q_{\text{xi máng 2 tràn}} (m^3/s)$	377.749	201.060	173.083
$Z_{\text{bê máng}} (m)$	33.337	31.848	31.570
$Q_{\text{Sổ tiêu chảy}} (m^3/s)$	253.096	111.470	89.590
$Q_{\text{xả tại phi}} (m^3/s)$	124.654	89.591	83.494

- Trường hợp xuất hiện lũ vượt tần suất $P = 0,01\%$, $Z_{\text{bê máng}} = +33,337$ m vượt qua cao trình đỉnh tường chắn sóng, nước tràn qua đỉnh đập có thể gây ra sự cố vỡ đập.

- Trường hợp có lũ kiểm tra: $P = 0,2\%$, mực nước lũ thiết kế (MNLTK) = 31,848 m cao hơn đỉnh đập ($Z_{\text{đ}} = 31,75$ m) nhưng vẫn thấp hơn cao trình đỉnh tường chắn sóng ($Z_{\text{t}} = +32,5$ m), trường hợp này cũng gây nguy hiểm cho đập khi áp lực nước thấm, áp lực nước trước tường có thể làm mất ổn định tường chắn sóng, làm đập bị mất ổn định.

- Trường hợp xuất hiện lũ thiết kế: $P = 1\%$, MNLTK = 31,570 m thấp hơn cao trình đỉnh đập 0,25 m. Tính toán ổn định với đập hiện trạng khi các chi

tiêu cơ lý đã bị suy giảm theo thời gian để xác định hệ số an toàn cho mái đập hạ lưu. Kết quả kiểm tra ổn định mái hạ lưu, hệ số ổn định mái $K_{\text{nhỏ nhất}} = 1,181 < [K] = 1,35$. Đập đất có khả năng bị trượt mái.

Kết quả tính toán điều tiết lũ và phân tích ổn định đập dâng cho thấy: hồ chứa nước Đá Bạc có khả năng không an toàn với 3 tần suất lũ: lũ thiết kế, lũ kiểm tra và lũ vượt tần suất.

Do đó, cần phải có các giải pháp công trình hoặc phi công trình để đảm bảo an toàn cho hồ chứa nước Đá Bạc và làm tràn sự cố kiểu tự lật là một trong những giải pháp công trình được sử dụng trong nghiên cứu này.

3.2. Giải pháp tràn sự cố kiểu tràn tự lật cho đầu mối hồ Đá Bạc

3.2.1. Bố trí tràn sự cố cho hồ chứa Đá Bạc

Tràn tự lật là các khối bê tông cốt thép được đặt trên ngưỡng tràn. Các khối này được đặt liên tiếp sát nhau hoặc trong từng khoang riêng biệt. Tại tiếp giáp được xử lý bằng các goăng cao su kín nước. Phía hạ lưu là các bê tiêu năng có chiều sâu phải lớn hơn hoặc bằng kích thước lớn nhất của các khối block tràn. Bê được gia cố bằng sỏi cuội để đảm bảo không gây hư hại cho các khối bê tông cốt thép khi tràn lật. Tràn tự lật đã được ứng dụng làm tràn sự cố tại các đầu mối hồ chứa vì loại tràn này: đơn giản, tiện cho vận hành; chi phí xây dựng thấp; việc phục hồi hiện trạng sau khi sử dụng tương đối dễ dàng. Tuy nhiên khi xây dựng tràn tự lật cần lưu ý: chi phí đập nước cho cột nước tháo nhỏ và lưu lượng không lớn, vì nếu cột nước lớn dẫn đến các khối bê tông thường lớn gây khó khăn trong việc phục hồi lại hiện trạng; các khối bê tông bị lật rơi vào bể chứa dễ bị vỡ nên phải làm với

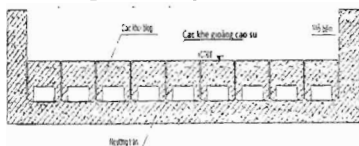
bê tông mác cao; phía hạ lưu cần nghiên cứu để đón các khối block này tránh hư hại khi vận hành.

Qua khảo sát địa hình, địa chất hồ và phân tích các điều kiện về kỹ thuật, kinh tế của hồ chứa nước Đá Bạc, vị trí thuận lợi để xây dựng tràn tự đổ là tại eo núi nằm giữa đập dâng và tràn tự do [1], [2].

3.2.2. Các bộ phận của tràn tự lật

a) Ngưỡng tràn

Bề rộng ngưỡng tràn là 40 m và dài 3 m, ngưỡng tràn có cao độ $Z_{ng\ tr} = MNDBT = +29,8$ m, các khối bê tông trên ngưỡng tràn có cao độ 31,72 m sẽ tự lật khi mực nước hồ dâng cao bằng $MNLTk = 31,72$ m. Ngưỡng đỉnh bằng bê tông cốt thép chia làm 2 phần gồm phần đỉnh ngưỡng phía trên và phần mặt dốc tiếp giáp với bể chứa các khối bê tông (khối blog). Phần mép hạ lưu của đỉnh ngưỡng tràn làm các ngang cứng dọc theo đỉnh ngưỡng với mục đích tạo gối lật. Phía trước các ngang cứng bố trí các rãnh bằng cao su để các khối blog đè lên tạo kín nước [1]. Ngang đỉnh ngưỡng bố trí các rãnh dạng hình thang gờ nổi lên trên mặt ngưỡng để phân chia các khối blog tránh bị xô dịch và xô đẩy theo phương ngang. Khoảng cách giữa các rãnh vừa bằng với các khối blog, bề rộng đỉnh bằng với bề dày các gioăng cao su kín nước đặt giữa 2 khối blog.



Hình 11. Cắt dọc bố trí các khối Blog trên ngưỡng tràn [1]

Sơ đồ phân các khoang blog



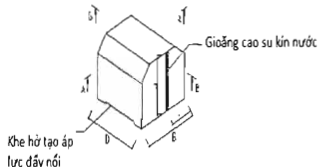
Ngưỡng tràn

Hình 12. Cấu tạo chi tiết đỉnh một khoang chứa

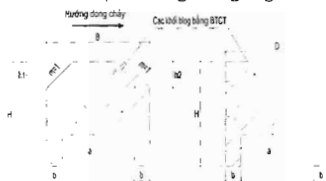
b) Các khối blog tự lật

Mặt vuông góc với hướng dòng chảy làm vật góc, phần vật đỉnh hạ lưu làm bê tông mác cao để tránh hỏng hóc khi khối lật. Mặt song song với hướng dòng chảy là các mặt phẳng, trên mặt này có bố trí các gioăng cao su kín nước. Mặt đáy bằng phẳng để đặt được trên mặt ngưỡng. Bên trong khối

blog khoét rỗng với bề dày các thành xung quanh phải có chiều dày đảm bảo cho một cấu kiện bê tông. Thành phía thượng lưu phần khoét rỗng tạo các khe dẫn nước để tạo áp lực đẩy nổi. Các thành phía hạ lưu sẽ để lên các rãnh cao su trên ngưỡng hoặc đắp đất sét phần viền để chống rỉ nước về hạ lưu [2].



Hình 13. Cấu tạo khối blog trên ngưỡng tràn



Hình 14. Mặt cắt A-A, B-B của khối blog của ngưỡng tràn

c) Bể chứa các khối blog tự lật

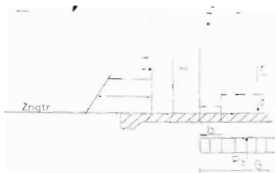
Cuối dốc là bể chứa các khối blog kết hợp tiêu năng sau tràn. Chiều sâu bể phải lớn hơn hoặc bằng kích thước lớn nhất của các khối blog trên đỉnh tràn sẽ rơi vào sau khi lật để các khối này không ảnh hưởng đến khả năng tháo sau khi lật. Bể tiêu năng được đào sâu và gia cố một đoạn sâu sau 10 m bằng bê tông. Dưới đáy các bể đào một lớp sỏi cuối nhằm mục đích tạo lớp đệm khi các blog lật [1]. Chiều dài bể cần được tính toán đảm bảo không ảnh hưởng đến chế độ chảy, chiều dài bể cộng thêm chiều dài của khối blog.



Hình 15. Bể chứa dạng bê tông cốt thép

3.3. Kích thước các khối lật bố trí trên ngưỡng tràn tự đổ của hồ Đá Bạc

3.3.1. Hàm tin cậy cơ chế tự lật



Hình 16. Sơ đồ tính ổn định các khối lật trên ngưỡng tràn

Các khối bê tông trên ngưỡng tràn bị lật quanh một trục ở chân các khối này (trục A) và rơi vào các bề sau ngưỡng khi tổng mô men chống lật $\sum M_{cl}$ nhỏ hơn tổng mô men gây lật $\sum M_{gl}$ [6].

Hàm tin cậy:

$$Z = \sum M_{cl} - \sum M_{gl} = \left[G \cdot \frac{B}{2} + P_1 \cdot \left(B - \frac{1}{3}b \right) + P_2 \cdot \frac{B}{2} + P_3 \cdot \frac{B}{2} \right] - \left[P_4 \cdot \frac{(Z_{ntr} - Z_{ngv})}{3} + P_5 \cdot \left(\frac{B-b}{2} + b \right) \right] \quad (1)$$

Trong đó: $\sum M_{cl}$ là hàm sức chịu tải, $\sum M_{gl}$ là hàm tải trọng, các ngoại lực: P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 và G được xác định theo các công thức từ (2) đến (7).

P_1 : áp lực thủy tĩnh tác dụng lên khối blog:
 $P_1 = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot (Z_{ntr} - Z_{ngv})^2 \cdot D \quad (2)$

P_2 : áp lực nước thẳng đứng tác dụng lên khối lật:
 $P_2 = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot b^2 \cdot D \quad (3)$

P_3 : áp lực đáy nổi: $P_3 = \gamma_w \cdot (Z_{ntr} - Z_{ngv}) \cdot (B - b) \cdot D \quad (4)$

P_4 : áp lực nước bên trong khối lật:
 $P_4 = \gamma_w \cdot (B - 2b) \cdot a \cdot D \quad (5)$

P_5 : lực ma sát của gioăng cao su với bề tông:
 $P_5 = \gamma_w \cdot (Z_{ntr} - Z_{ngv})^2 \cdot e \cdot f_{ms} \quad (6)$

G : trọng lượng bản thân của khối blog:
 $G = \gamma_{bc} [BH - b^2 - (B - 2b) \cdot a] \cdot D \quad (7)$

Các biến ngẫu nhiên trong hàm tin cậy được xác định từ các tài liệu quan trắc về công trình trong nhiều năm, tài liệu khảo sát và tài liệu đánh giá hiện trạng công trình ở thời điểm tính toán. Các đặc trưng thống kê của các biến ngẫu nhiên gồm: μ : kỳ vọng, σ : độ lệch chuẩn và luật phân bố xác suất được xác định theo phương pháp xác suất thống kê, được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Các biến ngẫu nhiên của hàm tin cậy Z [4]

TT	Biến ngẫu nhiên	Ký hiệu BNN	Kỳ vọng μ	Độ lệch chuẩn σ	Luật phân bố xác suất
1	Dung trọng bê tông	$\gamma_{bc} [KN/m^3]$	24	2,4	Phân bố chuẩn
2	Dung trọng của nước	$\gamma_w [KN/m^3]$	9,81		Tất định
3	Chiều cao khối lật	H (m)	1,92	0,05	Phân bố chuẩn
4	Chiều rộng khối lật vuông góc với phương dòng chảy	D (m)	1	0,05	Phân bố chuẩn
6	Chiều cao làm rộng phần bên trong bản đáy	a (m)	0,2	0,02	Phân bố chuẩn

7	Chiều dày thành làm rỗng phần bên trong bản đáy	b (m)	0,15	0,02	Phân bố chuẩn
8	Mức nước thượng lưu	Z _{mn} (m)	31,72	0,2	Phân bố chuẩn
9	Cao độ ngưỡng tràn	Z _{ngtr}	29,8	0,1	Phân bố chuẩn
10	Bề rộng mặt gioăng cao su chịu tác động của áp lực nước	e (m)	0,02	0,002	Phân bố chuẩn
11	Hệ số ma sát giữa cao su và bê tông	f _{ms}	0,8	-	Tất định

3.3.2. Kích thước khối lật

Xác suất sự cố xảy ra cơ chế tự lật:

$$P_c = P(Z < 0) = \Phi(-\beta) \quad (8)$$

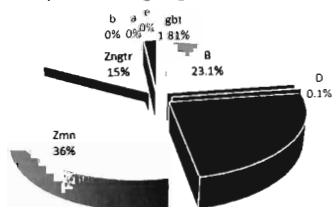
Trong đó: β là chỉ số tin cậy:

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_N}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_N^2}} \quad (9)$$

μ_Z, μ_R, μ_N và $\sigma_Z, \sigma_R, \sigma_N$ lần lượt là các kỳ vọng và độ lệch chuẩn của hàm tin cậy Z, hàm sức chịu tải R và hàm tải trọng N [6].

Khi $Z \leq 0$, khối bê tông bị lật khỏi ngưỡng tràn và rơi vào trong bể chứa, khi đó: $\beta = 0$ hay $P_c = 0,5$. Thay các giá trị B vào hàm tin cậy Z và tính thử dần tìm xác suất sự cố, khi bề rộng khối lật B = 0,9 m thì $P_c = P(Z = 0) = 0,5$. Do đó, trên ngưỡng tràn rộng 40 m sẽ bố trí N = 40 khối bê tông tự lật kích thước DxBxB = 1mx1,92 m x 0,9 m.

Ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến cơ chế tự lật của các khối bê tông: Z_{mn}, kích thước khối bê tông H, B và Z_{ngtr} là các biến ngẫu nhiên có ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng tự lật của khối bê tông là 36%, 24%, 23,1% và 15%; các biến còn lại có ảnh hưởng không đáng kể. Do vậy khi thiết kế các khối bê tông trên ngưỡng tràn cần chú trọng đến các biến có ảnh hưởng lớn đến khả năng tự lật của khối, đặc biệt là mực nước trên ngưỡng tràn Z_{mn}.



Hình 17. Ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến khả năng tự lật của các khối bê tông

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu giới thiệu về hiện trạng tràn sự cố tại các đầu mối hồ chứa nước Việt Nam; phân bố hồ đập Việt Nam theo các vùng lãnh thổ; số lượng các hồ bị hư hỏng và thiếu khả năng xả lũ; một số sự cố vỡ đập điển hình do nguyên nhân xảy ra lũ vượt thiết kế tại các đầu mối hồ chứa Việt Nam, nên việc xây dựng các tràn sự cố là một trong những giải pháp công trình hiệu quả đang được áp dụng phổ biến để nâng cao an toàn cho hồ đập. Thông qua việc đánh giá hiện trạng đầu mối hồ chứa nước Đà Bắc, kết hợp với các tính toán về lũ cho nhiều tần suất khác nhau và các tính toán ổn định các bộ phận công trình, nghiên cứu đã đề xuất làm thêm 1 tràn sự cố dạng tự lật để đảm bảo an toàn cho đập dâng và vùng hạ du khi trong hồ xuất hiện lũ vượt thiết kế. Cấu tạo chi tiết và kích thước các khối lật được xác định theo lý thuyết độ tin cậy cấp độ II thông qua bài toán tính thử dần, 40 khối lật trên ngưỡng tràn có kích thước DxBxB = 1 m x 1,92 m x 0,9 m sẽ tự lật khi mực nước trong hồ chạm cao trình đỉnh khối lật. Phân tích mức độ ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến khả năng tự lật của khối bê tông là cơ sở để đưa ra các dự đoán về độ bền và ổn định của tràn tự lật. Nội dung bài báo là tài liệu tham khảo thiết thực cho công tác thiết kế và quản lý an toàn hồ đập ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Ngọc Quý (2008). *Tràn sự cố trong đầu mối hồ chứa*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, năm 2008.
2. Tổng cục Thủy lợi (2017). *Báo cáo sự cố hồ chứa nước thủy lợi những năm gần đây*. Tổng cục Thủy lợi - Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 12/2017.
3. Nguyễn Cảnh Thành, *Nghiên cứu công nghệ phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông, đập đất, đập đá, đập bê tông trong lũ và đề xuất giải pháp xử lý*. Đề tài khoa học và công nghệ độc lập cấp Nhà nước. ĐTDL. CN-04/16.

3.3.1. Hàm tin cây cơ chế tư lật

Hình 16. Sơ đồ tính ổn định các khối lật trên ngưỡng tràn

Các khối bê tông trên ngưỡng tràn bị lật quanh một trục ở chân các khối này (trục A) và rơi vào các bể sau ngưỡng khi tổng mô men chống lật $\sum M_{ch}$ nhỏ hơn tổng mô men gây lật $\sum M_{g}$ [6].

Hàm tin cây:

$$Z = \sum M_{ch} - \sum M_{g} = \left[G \cdot \frac{B}{2} + P_1 \cdot \left(B - \frac{1}{3}b \right) + P_2 \cdot \frac{B}{2} + P_3 \cdot \frac{B}{2} \right] - \left[P_4 \cdot \frac{(Z_{max} - Z_{ngv})}{3} + P_5 \cdot \left(\frac{B-b}{2} + b \right) \right] \quad (1)$$

Trong đó: $\sum M_{ch}$ là hàm sức chịu tải, $\sum M_{g}$ là hàm tải trọng, các ngoại lực: P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 và G được xác định theo các công thức từ (2) đến (7).

P_1 : áp lực thủy tĩnh tác dụng lên khối blog:
 $P_1 = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot (Z_{max} - Z_{ngv})^2 \cdot D \quad (2)$

P_2 : áp lực nước thẳng đứng tác dụng lên khối lật:
 $P_2 = \frac{1}{2} \gamma_w \cdot b^2 \cdot D \quad (3)$

P_3 : áp lực đẩy nổi: $P_3 = \gamma_w \cdot (Z_{max} - Z_{ngv}) \cdot (B - b) \cdot D \quad (4)$

P_4 : áp lực nước bên trong khối lật:
 $P_4 = \gamma_w \cdot (B - 2b) \cdot a \cdot D \quad (5)$

P_5 : lực ma sát của gioăng cao su với bề tông:
 $P_5 = \gamma_w \cdot (Z_{max} - Z_{ngv})^2 \cdot c \cdot f_w \quad (6)$

G : trọng lượng bản thân của khối blog:
 $G = \gamma_w \cdot [B \cdot H - b^2 - (B - 2b) \cdot a] \cdot D \quad (7)$

Các biến ngẫu nhiên trong hàm tin cây được xác định từ các tài liệu quan trắc về công trình trong nhiều năm, tài liệu khảo sát và tài liệu đánh giá hiện trạng công trình ở thời điểm tính toán. Các đặc trưng thống kê của các biến ngẫu nhiên gồm: μ : kỳ vọng, σ : độ lệch chuẩn và luật phân bố xác suất được xác định theo phương pháp xác suất thống kê, được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Các biến ngẫu nhiên của hàm tin cây Z [4]

TT	Biến ngẫu nhiên	Ký hiệu BNN	Kỳ vọng μ	Độ lệch chuẩn σ	Luật phân bố xác suất
1	Dung trọng bê tông	$\gamma_w (KN/m^3)$	24	2,4	Phân bố chuẩn
2	Dung trọng của nước	$\gamma_w (KN/m^3)$	9,81		Tất định
3	Chiều cao khối lật	H (m)	1,92	0,05	Phân bố chuẩn
4	Chiều rộng khối lật vuông góc với phương dòng chảy	D (m)	1	0,05	Phân bố chuẩn
6	Chiều cao làm rộng phần bên trong bìa đáy	a (m)	0,2	0,02	Phân bố chuẩn

7	Chiều dày thành làm rỗng phần bên trong bản đáy	b (m)	0,15	0,02	Phân bố chuẩn
8	Mức nước thượng lưu	Z _{mn} (m)	31,72	0,2	Phân bố chuẩn
9	Cao độ ngưỡng tràn	Z _{ngtr}	29,8	0,1	Phân bố chuẩn
10	Bề rộng mặt giaoăng cao su chịu tác động của áp lực nước	e (m)	0,02	0,002	Phân bố chuẩn
11	Hệ số ma sát giữa cao su và bê tông	f _{ms}	0,8		Tất định

3.3.2. Kích thước khối lật

Xác suất sự cố xảy ra cơ chế tự lật:

$$P_c = P(Z < 0) = \phi(-\beta) \quad (8)$$

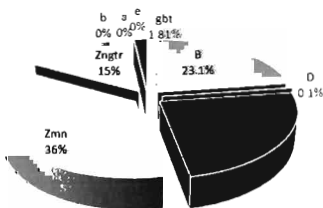
Trong đó: β là chỉ số tin cậy:

$$\beta = \frac{\mu_Z}{\sigma_Z} = \frac{\mu_R - \mu_N}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_N^2}} \quad (9)$$

μ_Z, μ_R, μ_N và $\sigma_Z, \sigma_R, \sigma_N$ lần lượt là các kỳ vọng và độ lệch chuẩn của hàm tin cậy Z, hàm sức chịu tải R và hàm tải trọng N [6].

Khi $Z \leq 0$, khối bê tông bị lật khỏi ngưỡng tràn và rơi vào trong bể chứa, khi đó: $\beta = 0$ hay $P_c = 0,5$. Thay các giá trị B vào hàm tin cậy Z và tính thử dần tìm xác suất sự cố, khi bề rộng khối lật B = 0,9 m thì $P_c = P(Z = 0) = 0,5$. Do đó, trên ngưỡng tràn rộng 40 m sẽ bố trí N = 40 khối bê tông tự lật kích thước DxHxB = 1mx1,92 m x 0,9 m.

Ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến cơ chế tự lật của các khối bê tông: Z_{mn}, kích thước khối bê tông H, B và Z_{ngtr} là các biến ngẫu nhiên có ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng tự lật của khối bê tông là 36%, 24%, 23,1% và 15%; các biến còn lại có ảnh hưởng không đáng kể. Do vậy khi thiết kế các khối bê tông trên ngưỡng tràn cần chú trọng đến các biến có ảnh hưởng lớn đến khả năng tự lật của khối, đặc biệt là mức nước trên ngưỡng tràn Z_{mn}.



Hình 17. Ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến khả năng tự lật của các khối bê tông

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu giới thiệu về hiện trạng tràn sự cố tại các đầu mối hồ chứa nước Việt Nam: phân bố hồ đập Việt Nam theo các vùng lãnh thổ; số lượng các hồ bị hư hỏng và thiếu khả năng xả lũ; một số sự cố vỡ đập điển hình do nguyên nhân xảy ra lũ vượt thiết kế tại các đầu mối hồ chứa Việt Nam, nên việc xây dựng các tràn sự cố là một trong những giải pháp công trình hiệu quả đang được áp dụng phổ biến để nâng cao an toàn cho hồ đập. Thông qua việc đánh giá hiện trạng đầu mối hồ chứa nước Đá Bạc, kết hợp với các tính toán về lũ cho nhiều tần suất khác nhau và các tính toán ổn định các bộ phận công trình, nghiên cứu đã đề xuất làm thêm 1 tràn sự cố dạng tự lật để đảm bảo an toàn cho đập tràn và vùng hạ du khi trong hồ xuất hiện lũ vượt thiết kế. Cấu tạo chi tiết và kích thước các khối lật được xác định theo lý thuyết độ tin cậy cấp độ II thông qua bài toán tính thử dần, 40 khối lật trên ngưỡng tràn có kích thước DxHxB = 1 m x 1,92 m x 0,9 m sẽ tự lật khi mực nước trong hồ chạm cao trình đỉnh khối lật. Phân tích mức độ ảnh hưởng của các biến ngẫu nhiên đến khả năng tự lật của khối bê tông là cơ sở để đưa ra các dự đoán về độ bền và ổn định của tràn tự lật. Nội dung bài báo là tài liệu tham khảo thiết thực cho công tác thiết kế và quản lý an toàn hồ đập ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phạm Ngọc Quý (2008). *Tràn sự cố trong đầu mối hồ chứa*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, năm 2008.
2. Tổng cục Thủy lợi (2017). *Báo cáo sự cố hồ chứa nước thủy lợi những năm gần đây*. Tổng cục Thủy lợi - Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 12/2017.
3. Nguyễn Cảnh Thái, *Nghiên cứu công nghệ phát hiện sớm nguy cơ sự cố đê sông, đập đất, đập đá, đập bê tông trọng lực và đề xuất giải pháp xử lý*. Đề tài khoa học và công nghệ độc lập cấp Nhà nước. ĐTDL. CN-04/16.

4. Công ty Cổ phần Tư vấn & Xây dựng công trình miền Trung, Báo cáo tóm tắt: Công trình hồ chứa nước Đà Bạc, Hồng Lĩnh.

5. QCVN 04 - 05:2012/BNN&PTNT - Các quy định chủ yếu về thiết kế công trình thủy lợi.

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

CALCULATION OF THE FUSE PLUG SPILLWAY OF DA BAC RESERVOIR IN HA TINH UNDER CONFIDENCE THEORY

Nguyen Lan Huong, Nguyen Quang Hung, Pham Hai Dang

Summary

At irrigation headworks, spillways are responsible for flooding to ensure the safety of the system when floods occur in the reservoir with different frequencies, but the characteristics of flood over time have been changes and often larger than the original design increase the risk of reservoir system instability. Therefore, it is necessary to have structural or non-structural solutions for the system to operate safely, and to build emergency spillways to improve safety for reservoirs. The dam is a structural solution that is being widely used at irrigation headworks. In Vietnam, dam design standards are being used on a deterministic method, while many countries around the world already have construction design standards based on reliability theory as well as implemented. Calculate the construction according to random problems and analyze reliability. From assessing the status of the Da Bac reservoir - Ha Tinh, the study proposes to build more emergency spillways to ensure the safety of the headwork when the reservoir occurs extreme floods. Applying reliability theory level II to develop the problem of determining the size of flipping blocks over the overflow threshold and analyzing the extent of the random variables on the safety of the system as a basis for making predict the durability and stability of fuse plug spillway.

Keywords: *Fuse plug spillway, extreme flood, confidence function, problem probability, random variables.*

Người phản biện: GS.TS. Ngô Tri Viêng

Ngày nhận bài: 13/4/2020

Ngày thông qua phản biện: 13/5/2020

Ngày duyệt đăng: 20/5/2020