

TÍNH TOÁN HỆ SỐ AN TOÀN ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC TRÊN NỀN ĐÁ BẰNG PHƯƠNG PHÁP GIẢ LẬP TRẠNG THÁI CÂN BẰNG GIỚI HẠN CỦA HỆ THỐNG CÔNG TRÌNH – NỀN

Nguyễn Đức Nghĩa

Trường Đại Thủy lợi. Email: nghiand@wru.edu.vn

1. GIỚI THIỆU CHUNG

Công cụ tính toán và thiết kế đập bê tông trọng lực trên nền đá ngày càng được cải tiến và đạt đến trình độ cao. Tuy nhiên đánh giá độ an toàn của đập như thế nào để phản ánh đúng nhất trạng thái làm việc của công trình là vấn đề vẫn cần được xem xét sâu hơn để có thể xây dựng được công trình vừa an toàn nhưng cũng kinh tế. Cùng một công trình, cùng một trường hợp tính toán, nhưng theo các tiêu chuẩn khác nhau cho chúng ta những mức độ an toàn khác nhau. Ví dụ, cùng là một công trình đập Sơn La, hệ số an toàn chống trượt của mặt cắt tính toán được tính theo tiêu chuẩn của Việt Nam và Nga trong tổ hợp lũ PMF là 1.52, còn nếu theo tiêu chuẩn của Mỹ là 2.86. Như vậy có phải là thiết kế theo tiêu chuẩn này an toàn hơn tiêu chuẩn khác? Mức độ an toàn của công trình khi chịu lực là độc lập với phương pháp đánh giá, sự khác nhau về giá trị tính toán là do việc xác định việc xác định số liệu đầu vào của phép tính. Trong bài viết này chúng tôi bàn luận về các phương pháp tính toán hệ số an toàn của đập bê-tông trọng lực trên nền đá. Trên cơ sở đó tác giả đề xuất áp dụng phương pháp tính toán hệ số an toàn công trình bằng cách giả tải trọng gây mất ổn định để thiết lập trạng thái cân bằng giới hạn của hệ thống công trình – nền. Hệ số giả tải mà tại đó hệ thống công trình – nền đạt trạng thái cân bằng giới hạn được tính là hệ số an toàn của công trình. Kết quả tính toán được đối chiếu với phương án tính toán truyền thống hiện nay. Từ đó đánh giá việc chọn các chỉ tiêu tính toán của công trình khi tính hệ số an toàn của công trình theo phương pháp hiện hành.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Hiện nay việc tính toán ổn định và độ bền hiện nay được tính toán theo các phương pháp sau[2]: phương pháp tính theo trạng thái giới hạn, phương pháp ứng suất cho phép, phương pháp

tính theo hệ số an toàn,.... Các phương pháp này tính toán độ an toàn của công trình với các tải trọng tại thời điểm tính toán, sự thay đổi của tải trọng cũng như điều kiện làm việc của công trình được đưa vào trong các hệ số an toàn cục bộ như n_c , K_n , m , n , K_{vl} ,... Các phương pháp này quy định trước hình thức mất ổn định của công trình (mất ổn định chống trượt, chống lật,...), sau đó tính toán kiểm tra theo từng hệ số riêng lẻ. Ngoài ra một số tác giả cũng đề xuất các phương pháp khác để xác định mức độ an toàn của công trình như: phương pháp lật giới hạn (Fishman [1]), phương pháp giả tải lực gây mất ổn định (Orekhov [4]), phương pháp triết giảm đặc trưng kháng cắt (Zhang Liao-jun (2008), Cainov M.P.(2011) ...). Hạn chế của các phương pháp này là chưa phản ánh đúng và khách quan cơ chế mất ổn định của công trình.

Tiếp nối ý tưởng của phương pháp Orekhov, tác giả đã dùng phương pháp số để giả lập trạng thái cân bằng giới hạn của hệ thống công trình – nền [3]. Để mô phỏng sự làm việc của công trình khi tiến tới trạng thái cân bằng giới hạn tác giả sử dụng phần mềm CRACK2012.

Phần mềm CRACK2012 [8] được xây dựng trên lý thuyết cơ học phá hủy vật liệu giòn, viết theo phương pháp phần tử hữu hạn. Các mặt tiếp xúc được mô phỏng bởi phần tử tiếp xúc Goodman được cải tiến bởi tiến sĩ Tolstikov V.V. [8], có xét đến sự phân bố lại ứng suất khi xảy ra phá hoại (do mở rộng vết nứt hoặc do trượt của mặt tiếp xúc). Bê tông và nền đá được mô phỏng bởi các phần tử tam giác hoặc tứ giác, có xét đến giai đoạn làm việc sau khi bị phá hoại của vật liệu giòn.

Kết quả nghiên cứu lý thuyết, trên mô hình vật lý cũng như trên mô hình số của nhiều tác giả [1, 3, 4, 9] chỉ ra rằng, quá trình mất ổn định tổng thể của công trình là tổng hợp của các quá trình phá hủy cục bộ. Đó là các quá trình: quá trình mở rộng mặt tiếp xúc từ phía thượng lưu; quá trình phá hủy do ứng suất kéo của nền ở phía thượng lưu đập và cả bản thân mặt thượng lưu của đập; quá

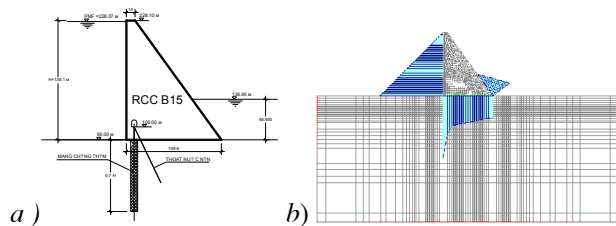
trình phá hủy trượt của phần còn lại của mặt tiếp xúc, quá trình phá hủy do ứng suất nén của bê tông mép hạ lưu đập cũng như nền đập xung quanh mép hạ lưu đập.

Cùng với quá trình gia tải, các phá hủy ở thượng lưu phát triển dần về hạ lưu, sau đó bắt đầu xuất hiện các phá hủy ở phía hạ lưu. Khi các vùng phá hủy ở thượng lưu và hạ lưu phát triển mạnh thì hệ thống công trình – nền không còn khả năng tiếp nhận thêm lực gia tải, lúc này có thể xem hệ thống công trình – nền đạt trạng thái cân bằng giới hạn. Khi đó hệ số gia tải đạt giá trị tới hạn và giá trị đó được xem là hệ số an toàn của công trình.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Ví dụ tính toán

Xét bài toán cho tại hình 1. Sơ đồ bài toán là mặt cắt tính toán của đập bê tông đầm lặn Sơn La, phương án 3A, giai đoạn thiết kế kỹ thuật 2. Tổ hợp tính toán tổ hợp khi xảy ra lũ PMF. Với sơ đồ này hệ số an toàn chống trượt theo quy phạm hiện hành $K_1 = 1.67$.



Hình 1: Sơ đồ bài toán

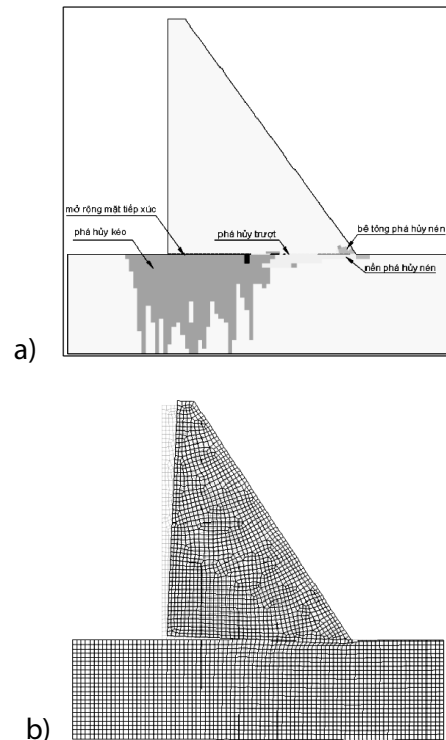
a) Sơ đồ tính toán; b) Sơ đồ phần tử hữu hạn và các lực tác dụng

3.2. Kết quả tính toán

Tiến hành gia tải áp lực nước thượng lưu từ tải trọng tính toán. Kết quả chỉ ra rằng tại trạng thái tính toán trong nền xuất hiện vùng ứng suất kéo. Vùng nền phía dưới mép thượng lưu đập bị phá hủy bởi ứng suất kéo, vùng này không có khả năng chịu tải trọng kéo. Do đó dẫn đến hiện tượng phân bố lại ứng suất ở khu vực xung quanh vùng bị phá hủy. Xung quanh mép hạ lưu đập, trong đập và nền đều xuất hiện vùng tập trung ứng suất nén, chưa xuất hiện sự mở rộng mặt tiếp xúc đập – nền.

Trạng thái cân bằng giới hạn đạt được khi $n_Q = 1.85$ (hình 2). Lúc này vùng phá hủy do ứng suất nén ở hạ lưu và phá hủy kéo ở thượng lưu phát triển mạnh và gặp nhau. Ở vùng phá hủy nén ứng suất chỉ còn lại là ứng suất dư. Có sự phân bố lại ứng suất xung quanh các vùng phá

hủy. Đập và một phần của nền chuyển vị về hạ lưu, đó là hiện tượng trượt sâu trong nền. Có thể thấy đập bị quay quanh một tâm quay nằm sâu trong nền. Điều này phù hợp với giải thuyết của Fishman. Hệ số ổn định theo phương pháp giả lập trạng thái cân bằng giới hạn là $K_2 = [n_Q] = 1.85$, sai khác so với K_1 là 10.78%. Như vậy giá trị tính toán φ_1 và c_1 tính theo quy phạm đã lấy thiên nhỏ.



Hình 2: Trạng thái của đập – nền khi $n_Q = 1.85$

a) Các vùng phá hủy của công trình;
b) Chuyển vị của đập – nền

Trong nghiên cứu này tác giả cũng đã tiến hành tính toán kiểm tra ổn định cho mặt cắt D14 (phương án 3A) của đập Sơn La. Trong sơ đồ tính toán có mô tả các lớp địa chất khác nhau và các đứt gãy. Trong quá trình gia tải có xét đến sự thay đổi của áp lực thấm khi vật liệu bị phá hủy. Trong quá trình gia tải ngoài các phá hủy giống như đã phân tích ở trên, còn có sự mở rộng và trượt của các đứt gãy trong nền. Những hiện tượng này làm giảm nhỏ khả năng chịu lực của nền.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Hiện nay trong tính toán hệ số ổn định của đập bê tông trên nền đá, trong các quy phạm thường quy định trước hình thức mất ổn định của công trình. Với tiêu chuẩn của Mỹ khi tính toán hệ số ổn định trượt, các đặc trưng của mặt tiếp xúc được lấy là các giá trị tiêu chuẩn, điều này dẫn đến giá trị hệ số an toàn rất lớn (xấp xỉ 3.0). Giá trị

này không mang nhiều ý nghĩa vì thực tế công trình không có mức độ dư khả năng chịu lực lớn như vậy. Ở các tiêu chuẩn này hệ số an toàn tối thiểu rất lớn (khoảng $1,3 \div 3,0$). Do đó độ dự trữ khả năng chịu lực thực tế của công trình nhỏ hơn con số tính toán rất nhiều.

Trong tiêu chuẩn của Nga và Việt Nam, giá trị tính toán của các đặc trưng của đập, nền, mặt tiếp xúc đập – nền được lấy bằng việc giảm nhỏ các đặc trưng này từ giá trị tiêu chuẩn. Phương pháp tính toán các hệ số giảm nhỏ của các giá trị tính toán từ các giá trị tiêu chuẩn được quy định tại Phụ lục 2 của SNiP-02-02-85. Ví dụ, với công trình đập Sơn La các hệ số giảm nhỏ lần lượt là $K_{đ,φ} = 1,43$ và $K_{đ,c} = 2,86$. Còn trong TCXDVN 4253:2012, tại “Bảng 4 - Giá trị tính toán của các đặc trưng của đá”, các hệ số đó có giá trị $K_{đ,φ} = 1,15$, $K_{đ,c} = 1,80$ với các loại nền đá. Chỉ dẫn như trên là chưa hợp lý vì các hệ số $K_{đ,φ}$ và $K_{đ,c}$ không phải là hằng số, mà chúng phụ thuộc vào đặc trưng của nền và kết cấu của công trình.

Phương pháp số giúp mô phỏng quá trình làm việc của công trình và nền sát với thực tế. Việc giả lập trạng thái cân bằng giới hạn bằng giúp chúng ta thấy rõ cơ chế mất ổn định và cho kết quả là hệ số an toàn thực tế của công trình. Trong nghiên cứu chưa kể hết ảnh hưởng của các lực khác ngoài lực gây trượt chủ yếu đến hệ số an toàn của công trình. Nhưng vấn đề này có thể giải quyết được bằng việc lập quy hoạch thực nghiệm ảnh hưởng của các yếu tố khác nhau để xác định chính xác hệ số an toàn của công trình.

Dựa trên kết quả nghiên cứu, tác giả kiến nghị, trong thiết kế đập bê tông, phương pháp giả lập trạng thái cân bằng giới hạn nên được cân nhắc như là một trong các phương pháp tính toán hệ

số an toàn của đập. Trong các bước thiết kế ban đầu, thay cho việc xây dựng các mô hình vật lý thì việc kiểm tra các thiết kế có thể được tiến hành bằng các mô hình số. Với ưu thế của phương pháp số, chúng ta có thể tạo ra nhiều trường hợp tính toán khác nhau mà qua đó có thể đánh giá chính xác nhất độ an toàn của công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Fishman Yu.A., 2009, Stability of concrete retaining structures and the interface with rock foundation, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Volume 46, pages 957-966
- [2]. Ngô Trí Viêng, Nguyễn Chiến, Nguyễn Văn Mạo: Thủy công, tập I, II, 2004, Hà Nội
- [3]. Nguyễn Đức Nghĩa, 2012, Luận án tiến sĩ “Nghiên cứu khả năng chịu lực của đập bê tông trọng lực trên nền đá bằng phương pháp số”, Mát-xcơ-va
- [4]. Orekhov V.G., Zerkalov M.G., 1999, Cơ học phá hủy cho công trình xây dựng và khối nền đá, Mát-xcơ-va
- [5]. TCXDVN 285:2002 “Công trình thủy lợi – Các quy định chủ yếu về thiết kế”, 2002, Hà Nội
- [6]. TCXDVN 335:2005 “Công trình thủy điện Sơn La – Tiêu chuẩn thiết kế kỹ thuật”, 2005, Hà Nội
- [7]. TCXDVN 4253:2012 “Nền các công trình thủy công – Yêu cầu thiết kế”, 2012, Hà Nội
- [8]. Tolstikov V.V., 2004, Hướng dẫn sử dụng phần mềm CRACK, Mát-xcơ-va
- [9]. Gaziev E.G., 2005, Nền đá của đập bê tông, Mát-xcơ-va.

