

ỨNG DỤNG TIẾN BỘ KHOA HỌC KỸ THUẬT VÀ CÔNG NGHỆ THÔNG TIN TRONG TÍNH TOÁN ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG LÀM VIỆC AN TOÀN CỦA CÔNG TRÌNH THỦY LỢI

PGS.TS. NGUYỄN CHIẾN¹, GS.TS. NGUYỄN VĂN MẠO²,
GS.TS. PHẠM NGỌC KHÁNH³, PGS.TS. ĐỖ VĂN HỨA⁴,
KS. VŨ HOÀNG HUNG⁵; TS. LÊ THỊ NHẬT⁶

Tóm tắt: Các công trình thủy lợi ở nước ta được xây dựng trong những điều kiện không gian, thời gian và môi trường pháp lý khác nhau, và trong quá trình khai thác đã có những biểu hiện hư hỏng, xuống cấp, đe dọa sự làm việc an toàn. Việc đánh giá đầy đủ trạng thái kỹ thuật của các công trình và khả năng làm việc an toàn của chúng là rất cần thiết. Bài viết này trình bày một số nghiên cứu ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật và công nghệ thông tin trong việc đánh giá khả năng làm việc an toàn của công trình thủy lợi, cụ thể là:

- Các vấn đề về thấm và an toàn thấm của công trình có biên phức tạp.
- Vấn đề khí thực lòng dẫn và các bộ phận của công trình tháo nước.
- Trạng thái và khả năng chịu lực của kết cấu có xét đến các điều kiện thực tế.

1. Đặt vấn đề

Trong thời gian qua, đã có nhiều đề tài khoa học tiến hành tổng kết và đánh giá sự làm việc an toàn của các công trình thủy lợi nói chung và các hồ chứa nói riêng. Đối với các hồ chứa, ý kiến đánh giá khá tập trung là tỷ lệ các công trình đầu mối thủy lợi có hư hỏng, xuống cấp cần phải sửa chữa chiếm một tỷ lệ khá lớn: đập - 71%; cống - 54%; tràn - 37% [1]. Nguyên nhân của sự hư hỏng, xuống cấp có thể là do tác động của thiên nhiên (thoái hóa vật liệu theo thời gian, lũ bão vượt quá mức thiết kế), hoặc của con người (sai sót trong khảo sát, thiết kế, thi công hay quản lý khai thác). Nhưng dù là do nguyên nhân nào thì việc đánh giá một cách đầy đủ trạng thái kỹ thuật của công trình hiện tại và khả năng tiếp tục làm việc an toàn của nó cũng là điều rất cần thiết. Sau đây sẽ trình bày một số nghiên cứu ứng dụng tiến bộ khoa học kỹ thuật và công nghệ thông tin trong việc đánh giá khả năng làm việc an toàn của công trình thủy lợi.

2. Một số bài toán ứng dụng về đánh giá khả năng làm việc an toàn của công trình thủy lợi

2.1. Bài toán thấm vòng quanh công trình có biên phức tạp

Trong đầu mối công trình thủy lợi thường có các mặt tiếp giáp giữa công trình đất và công

1, 2, 3, 4, 5. Đại học Thủy lợi.

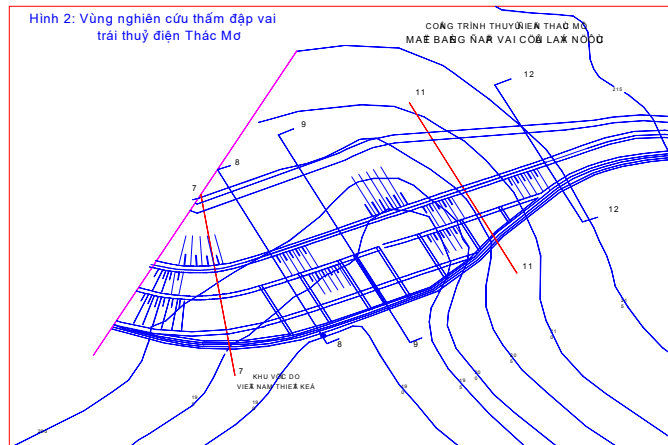
6. Viện Năng lượng.

trình xây đúc như ở 2 bên mang cống, vai tràn, vai nhà máy thủy điện... Tại đây, chất lượng đầm chặt đất thường kém hơn ở thân đập đất, do đường biên có lỗi lõm, phức tạp, và phải sử dụng công nghệ đầm thủ công, bán thủ công. Vì vậy đã có nhiều công trình phát sinh dòng thấm tập trung ở các vị trí xung yếu này dẫn đến sự cố như ở cống dưới đập Suối Hành, Suối Trầu [5], thấm mạnh ở vai công trình thủy điện Thác Mơ [2].

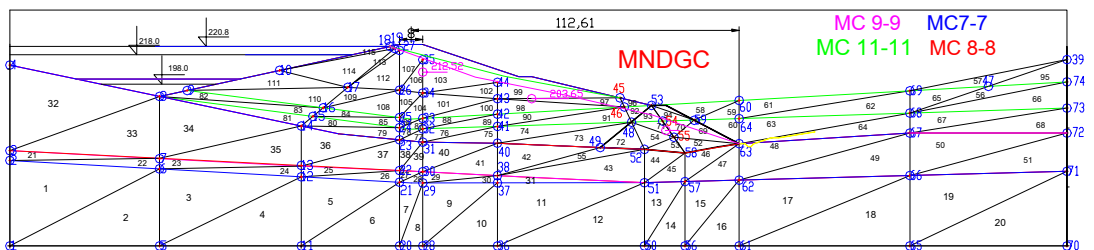
Một nguyên nhân nữa về mặt thiết kế là trong tính toán trước đây thường giải theo sơ đồ bài toán thấm phẳng, chưa đánh giá được đầy đủ sự tập trung lưu lượng thấm và phân bố gradient thấm ở khu vực tiếp giáp nên thiếu căn cứ để áp dụng các biện pháp công trình đặc biệt để phòng xói ngầm. Ngày nay, với việc sử dụng công cụ máy tính điện tử, đã có thể giải được với độ chính xác cao các bài toán thấm không gian, từ đó đưa ra được những đánh giá tin cậy về khả năng làm việc an toàn của công trình. Các phần mềm đã được sử dụng có kết quả là SEEP/3D của hãng GEO - SLOPE (Canada) và ODT - 3C của nhóm tác giả [2].

Sau đây nêu kết quả tính toán ứng dụng chương trình ODT - 3C để tính thấm cho đập vai nhà máy thủy điện Thác Mơ.

Sơ đồ lưới phần tử không gian được chiếu lên mặt cắt 7 như Hình 2:



Hình 1. Vùng nghiên cứu thấm đập vai trái thủy điện Thác Mơ



Hình 2. Sơ đồ lưới phần tử

Bảng 1. Gradient trong lõi đập, nền đập, J_{ra} ứng với trường hợp MNDGC

TT	Mặt cắt	J_{max} lõi đập	J_{max} nền đập	J_{ra}
	Giá trị cho phép	0,45	0,45	0,95
1	Mặt cắt 7	0,31	0,49 (đáy VTN)	0,25
2	Mặt cắt 8	0,41	0,48 (đáy VTN)	0,25
3	Mặt cắt 9	0,42	0,27 (tiếp giáp lõi)	0,20
4	Mặt cắt 11	0,26	0,25	0,31

Qua kết quả nghiên cứu có thể rút ra một số kết luận sau:

- Gradient thấm trong thân và nền đập khá lớn, đặc biệt với trường hợp MNGC các giá trị gradient trong thân đập đều lớn hơn giá trị cho phép.

- Gradient tại cửa ra của dòng thấm (J_{ra}) cả hai trường hợp (MNDBT và MNGC) đều nhỏ hơn giá trị cho phép $[J_{ra}] = 0,95$, như vậy tại vị trí này không xảy ra xói ngầm, xói tiếp xúc.

- Gradient tại vị trí đáy vật thoát nước tương đối lớn dẫn đến có hiện tượng đẩy bực mặt nền, tạo nên các mạch sủi phía hạ lưu đập.

- Thiết bị thu nước hạ lưu (tầng lọc ngược và đóng đá hạ lưu) không những thu toàn bộ lưu lượng thấm qua thân đập mà còn thu hầu hết lưu lượng thấm qua nền, dẫn đến tổng lưu lượng thấm quan trắc được lớn hơn cho phép rất nhiều.

Từ kết quả tính toán rút ra các kiến nghị:

- Cần thiết phải có một thiết bị ngăn cản dòng thấm dưới nền công trình để giảm bớt lưu lượng thấm qua nền.

- Tăng chiều dày lớp lọc phía hạ lưu thiết bị thoát nước từ mặt cắt 7 đến mặt cắt 8 để ngăn chặn đẩy bực mặt nền hạ lưu, tránh hiện tượng mạch dùn, mạch sủi.

2.2. Đánh giá xâm thực lòng dẫn khi dòng chảy có lưu tốc cao

2.2.1. Luận điểm chung

Trước đây, trong thiết kế công trình tháo nước, vấn đề xâm thực do khí thực thường chưa được xem xét đầy đủ. Phương pháp truyền thống để đánh giá là so sánh lưu tốc lớn nhất trên đường tháo với lưu tốc cho phép (phụ thuộc vào độ sâu dòng chảy và mác vật liệu). Sự thực là khả năng xâm thực còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như hình dạng và mức độ gồ ghề bề mặt lòng dẫn, độ hàm khí trong nước... [3]. Nhiều công trình khi thiết kế cũng đã kiểm tra xâm thực theo điều kiện $V < V_{cp}$, nhưng sau một thời gian làm việc vẫn xảy ra xâm thực như ở đường tràn Nam Thạch Hãn, cống dưới đập Núi Cốc, mố phân dòng sau tràn Phú Ninh, Thác Bà... [3]. Vì vậy, cần thiết phải áp dụng các phương pháp tính toán hiện đại và tin cậy hơn trong kiểm tra khả năng làm việc an toàn của công trình đã xây dựng.

Phương pháp phổ biến nhất để kiểm tra khí thực trên mặt tràn vẫn là theo điều kiện $V < V_{cp}$, với V là lưu tốc trung bình mặt cắt và V_{cp} là lưu tốc trung bình cho phép. Tuy nhiên trị số của V_{cp} phụ thuộc vào nhiều yếu tố:

$$V_{cp} = f(\Phi, R, Z_m, \Delta, S) \quad (1)$$

Trong đó: Φ - đặc trưng hình dạng mặt cắt; R - cường độ vật liệu lòng dẫn; Z_m - độ gồ ghề cục bộ bề mặt; Δ - độ nhám trung bình của mặt lòng dẫn; S - độ hàm khí trong nước (trường hợp bất lợi nhất là khi $S = 0$).

Phương pháp tính toán xác định V_{cp} được trình bày trong [3].

2.2.2. Áp dụng tính toán cho đường tràn Kẽ Gỗ

a) Hiện trạng công trình:

Công trình tràn xả lũ Kẽ Gỗ được thiết kế xây dựng từ những năm 1970 đến năm 1979 và chính thức bàn giao đưa vào khai thác sử dụng từ năm 1987, tần suất lũ $P_{TK} = 0,5\%$, lưu lượng lũ thiết kế $Q_{TK} = 1.080$ (m^3/s).

Sau hơn 20 năm khai thác sử dụng, công trình đã phát huy tốt các nhiệm vụ điều tiết lượng nước trong hồ và xả lượng nước thừa về các mùa lũ. Theo số liệu quản lý về lưu lượng xả lũ hàng năm lớn nhất là $450m^3/s$, thời gian duy trì lưu lượng đợt 1 là 9 giờ và đợt 2 là 18 giờ vào

năm 1989, tiếp theo là các cấp lưu lượng $350\text{m}^3/\text{s}$, $250\text{m}^3/\text{s}$ và nhỏ hơn. Qua đánh giá thực tế thì ở phần mũi phun đã xuất hiện hiện tượng xâm thực do khí thực, bề mặt mũi phun tạo thành các lỗ với chiều sâu từ $2\div 3\text{cm}$, có chỗ lên tới 5cm và đã bị lộ cốt thép ra ngoài.

b) Tính toán kiểm tra khả năng khí thực trên dốc nước:

Thực trạng vật liệu thân dốc: mác bê tông thiết kế thân dốc tràn Kẽ Gỗ là 20 (tính theo MPa), nhưng do chất lượng bê tông lúc đổ không được tuyệt đối đúng như thiết kế, mặt khác do sự thoái hoá vật liệu theo thời gian, nên cường độ bê tông hiện tại nhỏ hơn so với thiết kế. Bằng phương pháp kiểm tra bắn súng bật nảy tại hiện trường công trình chúng tôi xác định được mác bê tông thực tế từ $16,5 \div 17,0$.

Bằng phương pháp sử dụng lưu tốc cho phép không xâm thực, với các điều kiện thủy lực tại mặt cắt cuối dốc, mẫu gỗ ghè cục bộ lớn nhất 30mm , xác định được các chỉ tiêu đánh giá khả năng xâm thực như Bảng 2.

Bảng 2. Trị số lưu tốc trung bình và lưu tốc cho phép tại mặt cắt cuối máng phun

<i>TT</i>	<i>Q (m³/s)</i>	<i>h (m)</i>	φ_v	<i>V_{cp} (m/s)</i>	<i>V_{tb} (m/s)</i>
1	1.080	1,827	0,953	14,22	16,65
2	810	1,441	0,942	14,06	15,84
3	720	1,305	0,937	13,99	15,55
4	540	1,035	0,923	13,77	14,70
5	450	0,894	0,912	13,61	14,18
6	350	0,732	0,897	13,39	13,46
7	270	0,602	0,898	13,41	12,64

Kết quả tính toán với bê tông mặt máng phun M16,5 cho thấy, mặt máng phun bị phá hoại do khí thực tại các vị trí có các mẫu gỗ ghè cục bộ với $\Delta = 30\text{mm}$, khi tràn tháo với lưu lượng $Q = 450\text{m}^3/\text{s}$. Trị số lưu lượng này đã diễn ra trong thực tế ở mặt máng phun tràn Kẽ Gỗ. Điều đáng nói là trị số lưu lượng này còn nhỏ hơn nhiều so với lưu lượng thiết kế. Vậy khi lưu lượng đạt Q_{TK} thì mức độ phá hủy hẳn còn dữ dội hơn nhiều. Đây là một điều cảnh báo quan trọng, cho thấy yêu cầu phải có một sự nghiên cứu đầy đủ và có hệ thống hơn để có biện pháp thích hợp để phòng sự phá hoại công trình. Về các biện pháp phòng và chống khí thực trên mặt máng phun, xin được trình bày trong một bài khác.

2.3. Giải các bài toán về trạng thái kỹ thuật công trình

2.3.1. Luận điểm chung

Trong thiết kế công trình, bài toán kiểm tra độ bền của kết cấu đã được xem xét. Tuy nhiên, sau một thời gian khai thác, tùy theo môi trường thực tế và điều kiện bảo dưỡng, độ bền của kết cấu có thể bị giảm sút do nhiều nguyên nhân như:

- Sự thoái hóa của vật liệu, đặc biệt là trong môi trường có khả năng ăn mòn nhanh như nước có tính xâm thực đối với bê tông, nước mặn làm rỉ sét các kết cấu thép ở công trình vùng cửa sông ven biển...

- Sự thay đổi sơ đồ kết cấu do giảm yếu các mối liên kết (mối hàn, đinh tán...) hay hình

thành khe nứt, làm cho trạng thái ứng suất biến dạng của kết cấu vượt ra ngoài phạm vi cho phép, có thể dẫn đến hư hỏng, sự cố.

Ngoài ra, cũng không loại trừ nguyên nhân là trong thiết kế chưa xét hết các tổ hợp lực bất lợi, hay khi thi công đã làm cho sơ đồ chịu lực của công trình không giống với sơ đồ đã sử dụng trong tính toán như đã xảy ra đối với tai nạn của đường tràn hồ Dầu Tiếng [5].

Vì vậy, việc tính toán kiểm tra khả năng làm việc an toàn của công trình là việc làm cần thiết.

2.3.2. Phân tích kết cấu và đánh giá độ an toàn

Sau khi thu thập đủ tài liệu thực tế về kết cấu, cường độ vật liệu và tổ hợp lực, tiến hành phân tích trạng thái ứng suất - biến dạng của kết cấu. Phần mềm khá thông dụng hiện nay là SAP2000. Nhờ sử dụng phần mềm tính toán hiện đại nên có thể đạt được độ chính xác cao, xét được nhiều tổ hợp làm việc, xét được tính không gian của kết cấu và các giai đoạn làm việc khác nhau của vật liệu.

Các kết quả phân tích ứng suất - biến dạng được sử dụng để đánh giá độ bền của kết cấu, ổn định tổng thể của công trình và đề xuất các biện pháp xử lý khi cần thiết.

Sau đây trình bày kết quả tính toán ứng dụng cho kết cấu van cung của cống Nghi Quang [4]. Đây là công trình đầu mối ngăn mặn quan trọng nằm cách biển 4km, cửa van luôn tiếp xúc với nước mặn. Công trình được đưa vào sử dụng đã 6 năm.

Kết cấu cửa van cung là một kết cấu không gian gồm dầm chính, dầm đứng, dầm phụ, bản mặt và càn van cùng làm việc đồng thời, cửa van được mô hình hoá bằng các phần tử dầm (beam), phần tử vỏ (shell).

- Cửa van cung được tính toán với 2 trường hợp:
- Cửa van bắt đầu khai thác, chưa bị han rỉ (*trường hợp 1*)
- Cửa van sau 6 năm làm việc, đã bị han rỉ (*trường hợp 2*)

Giá trị chuyển vị lớn nhất trong hai trường hợp tính toán như sau:

- + Trường hợp 1: 49,0 mm;
- + Trường hợp 2: 51,0 mm.

Sau 6 năm khai thác cửa van bị han rỉ, độ cứng của cửa van giảm, chuyển vị của cửa van tăng 3,7%.

Bảng 3. Ứng suất trong các bộ phận van cung Nghi Quang

Bộ phận	Trường hợp tính	Ứng suất lớn nhất		Ứng suất bé nhất	
		$\sigma_{max}(daN/cm^2)$	$k = R / \sigma$	$\sigma_{min}(daN/cm^2)$	$k = R / \sigma$
Bản mặt	<i>Trường hợp 1</i>	+ 520	3,01	- 600	2,61
	<i>Trường hợp 2</i>	+ 650	2,41 (giảm 20,0%)	- 850	1,84 (giảm 29,4%)
Dầm chính	<i>Trường hợp 1</i>	+ 760	2,06	- 110	14,23
	<i>Trường hợp 2</i>	+ 990	1,58 (giảm 23,3%)	- 150	10,43 (giảm 36,4%)
Dầm phụ đứng	<i>Trường hợp 1</i>	+ 300	5,22	- 125	12,52
	<i>Trường hợp 2</i>	+ 360	4,35 (giảm 20,1%)	- 150	10,43 (giảm 20,0%)

Bộ phận	Trường hợp tính	Ứng suất lớn nhất		Ứng suất bé nhất	
		$\sigma_{max}(daN/cm^2)$	$k = R / \sigma$	$\sigma_{min}(daN/cm^2)$	$k = R / \sigma$
Dầm phụ ngang	Trường hợp 1 M = 3,6 kNm Q = 8,9 kN	240,83	6,51	22,7	39,43
	Trường hợp 2 M = 3,9 kNm Q = 9,0 kN	260,90	6,01	23,0	38,92
Càng van	Trường hợp 1 N = - 363,2 kN	- 493,40	3,17		
	Trường hợp 2 N = - 363,2 kN	- 518,86	2,69		

Ghi chú: 1. (+) Ứng suất kéo; 2. (-) Ứng suất nén; 3. Cường độ tính toán $R = 1.565 daN/cm^2$;
4. k là hệ số dự trữ về cường độ.

Các kết quả tính toán cho thấy do các bộ phận cấu kiện của van bị giảm yếu không đồng đều nên có sự phân phối lại nội lực và biến dạng trong kết cấu - có chỗ tăng lên, có chỗ giảm xuống, nhưng nói chung sự thay đổi nội lực và biến dạng là theo hướng bất lợi cho sự làm việc của cửa van. Hệ số dự trữ an toàn nhỏ nhất của kết cấu lúc bắt đầu vận hành là $k = 2,06$; sau 6 năm khai thác, hệ số an toàn về cường độ giảm xuống còn $k = 1,58$ (xem Bảng 3), bình quân mỗi năm giảm gần 4%. Dựa vào kết quả tính toán này cũng có thể dự báo sơ bộ được thời điểm cần thiết phải đại tu hay thay thế cửa van.

3. Kết luận

3.1. Để đảm bảo sự làm việc an toàn của công trình thủy lợi thì việc định kỳ kiểm tra, đánh giá trạng thái kỹ thuật của công trình là cần thiết và các cơ quan quản lý công trình cần có quy định cụ thể về vấn đề này.

3.2. Trong kiểm tra, đánh giá cần thu thập đầy đủ các thông tin về hiện trạng công trình, kích thước hình học, cường độ của vật liệu công trình và nền, tải trọng và các điều kiện biên khác.

3.3. Việc ứng dụng các tiến bộ khoa học kỹ thuật và công nghệ thông tin trong tính toán cho phép xem xét được nhiều trường hợp làm việc thực tế của công trình, cho các kết quả tính toán có độ chính xác cao nhằm đánh giá sát đúng khả năng làm việc an toàn của công trình và đưa ra các giải pháp xử lý khi cần thiết.

3.4. Các ví dụ tính toán trong bài viết này là số liệu thực tế từ các đề tài, dự án đã thực hiện. Từ các kết quả tính toán và đánh giá đã cho phép đưa ra các giải pháp kịp thời và đúng đắn khi xử lý thấm qua đập vai Nhà máy thủy điện Thác Mơ, xử lý chống khí thực đường tràn Kẽ Gồ hay dự báo thời gian làm việc an toàn còn lại của cửa van cống Nghi Quang. Phương pháp tương tự đã được áp dụng với nhiều công trình thực tế khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Văn Mạo, Trịnh Quang Hòa, Nguyễn Chiến, Dương Văn Tiển và nnk: "Một số giải pháp khoa học công nghệ đảm bảo an toàn hồ đập thủy lợi vừa và lớn ở các tỉnh miền Bắc và miền Trung Việt Nam", Tạp chí *Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số 7/2004, Chuyên đề xây dựng công trình thủy, tr. 163 - 171.
- [2] Phạm Ngọc Khánh, Lê Thị Nhật: "Nghiên cứu giải bài toán thấm không gian đập vai công trình thủy điện Thác Mơ bằng phương pháp phần tử hữu hạn", Tạp chí *Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số 7/2004, Chuyên đề xây dựng công trình thủy, tr. 30 - 39.
- [3] Nguyễn Chiến: *Tính toán khí thực các công trình thủy lợi*, Nhà xuất bản Xây dựng, Hà Nội, 2003.
- [4] Đỗ Văn Hứa, Nguyễn Hoàng Hà, Vũ Hoàng Hưng: "Ảnh hưởng ăn mòn kim loại đến khả năng chịu lực của cửa van thép công trình thủy lợi", Tạp chí *Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, số 7/2004, Chuyên đề xây dựng công trình thủy, tr. 286 - 294.
- [5] Phan Sĩ Kỳ: *Sự cố một số công trình thủy lợi ở Việt Nam và các biện pháp phòng tránh*, Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội, 2000.

Summary

Hydraulic structures in Viet Nam have been constructed in different conditions of location, time and legal status. After many years of operating, they suffer damages that threaten their stable operation and great loss of people. Therefore, evaluating for operating condition and operation safety level of hydraulic constructions is very necessary. This article presented some study results in evaluating for operation safety level of hydraulic constructions using advance techniques and information technology. The studies included three main points:

- Seepage and seepage resistance in complicated boundary hydraulic structures.
- Cavitation in chutes and spillways and components of reservoir outlet.
- Force condition and force-resistant capacity of hydraulic structures, considering the influence of real conditions.