

MỘT SỐ VẤN ĐỀ KỸ THUẬT KHI XỬ LÝ TÔN CAO ĐẬP BÊ-TÔNG TRỌNG LỰC, ÁP DỤNG CHO ĐẬP TÂN GIANG – NINH THUẬN

Nguyễn Phương Dung¹; Nguyễn Thị Hoàng Vũ²

Tóm tắt: Việc tôn cao đập trong đó có cả đập bê tông để nâng cao năng lực phục vụ của hồ chứa nước đang là mối quan tâm của các đơn vị sử dụng nước. Bên cạnh các biện pháp và công nghệ tôn cao đập, các bài toán kỹ thuật đặt ra với phân đập được tôn cao nói riêng và toàn bộ đập bê-tông nói chung đòi hỏi có những tính toán cụ thể và chi tiết để đảm bảo an toàn cho đập mới. Nội dung của bài báo này là đề xuất các giải pháp tôn cao đập bê tông và tính toán ổn định, độ bền cho đập bê-tông trọng lực Tân Giang - Ninh Thuận cùng những nhận xét để việc tôn cao, nâng cấp đập đạt hiệu quả tối đa.

Từ khóa: Đập bê-tông trọng lực, giai đoạn thi công, ứng suất, đường đẳng ứng suất, quỹ đạo ứng suất.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đứng trước nhu cầu cấp bách về việc dùng nước hiện nay và đáp ứng chức năng đa mục tiêu của hồ chứa nước, việc cải tạo tôn cao và nâng cao năng lực công trình hồ đập được đặt ra trên diện rộng. Việc tôn cao đập đất, đá không gặp phải những vấn đề kỹ thuật quá phức tạp và đã tích lũy được nhiều kinh nghiệm về công nghệ. Khác với đập đất-đá, đập bê-tông đòi hỏi những biện pháp, công nghệ xử lý tiếp xúc bê mặt giữa lớp vật liệu cũ và mới khá phức tạp; kèm theo đó là các bài toán kỹ thuật của đập bê-tông sau khi tôn cao (vấn đề an toàn về ổn định, độ bền, công nghệ xử lý mặt tiếp giáp giữa đập cũ và mới, xử lý chống thấm nền, năng lực xả lũ và tiêu năng sau tràn).

Cụ thể với đập bê tông trọng lực không tràn nước, do bê tông có độ cứng cao nên giải pháp

đánh xòm mặt tiếp giáp giữa lớp bê tông cũ với lớp bê tông mới là chưa đủ. Để đảm bảo không có vết nứt xuất hiện trên mặt tiếp xúc hay xảy ra hiện tượng tách rời giữa phần bê tông cũ và bê tông mới thì công nghệ xử lý mặt tiếp giáp giữa phần cũ và phần mới là một khâu không thể thiếu khi tôn cao đập bê tông trọng lực. Trong khuôn khổ bài viết ở đây chỉ đề cập đến các tính toán kỹ thuật khi tôn cao đập bê tông không tràn nước và đưa ra các kiến nghị kỹ thuật để việc tôn cao đập Tân Giang – Ninh Thuận đảm bảo điều kiện an toàn.

2. CÁC GIẢI PHÁP TÔN CAO ĐẬP BÊ-TÔNG TRỌNG LỰC

Tùy theo yêu cầu nâng chiều cao đập mà có thể áp dụng các biện pháp tôn cao khác nhau. Sau đây là một số biện pháp điển hình (xem bảng 1) (Lê Kim Truyền và nnk, 2014):

Bảng 1. Các hình thức tôn cao đập bê-tông

Hình thức tôn cao	Làm tường chắn nước trên đỉnh đập	Tôn cao mặt đập và làm khối gia tải ở hạ lưu bằng đá đổ	Tôn cao mặt đập và làm khối gia tải ở mái bằng bê tông
Hình			
Ưu, nhược điểm	- giá thành rẻ, dễ thi công; - không áp dụng được khi chiều cao tôn cao lớn.	- chiều cao đập cần tôn cao không quá lớn; - cần kiểm tra khả năng ổn định trượt của khối đá hay đất đắp áp trực	chiều cao đập cần tôn cao không quá lớn;

¹ Đại học Thủy Lợi.

² Công ty khai thác Thủy Lợi Ninh Thuận.

2.1 Khi mức tôn cao nhỏ ($\Delta H \leq 1.2m$)

Làm tường chắn nước trên đỉnh đập với

chiều cao tường bằng chiều cao đập cần tôn cao. Phương pháp này được áp dụng khi chiều cao tôn cao đập thấp, hạ lưu có thể kết hợp làm gia tải (nếu cần). Ưu điểm của phương pháp này là giá thành rẻ, dễ thi công, nhược điểm là không áp dụng được khi chiều cao tôn cao lớn.

2.2 Khi mức tôn cao lớn ($\Delta H > 1.2m$)

Hình thức được áp dụng ở đây là tôn cao mặt đập và làm khối gia tải ở hạ lưu bằng đá đổ hoặc bê-tông (hình 2 và hình 3 ở bảng 1). Ổn định của đập bê tông được gia tăng nhờ tham gia của khối đắp trên bề mặt hạ lưu WF cũng như tác dụng của áp lực ngang P_n lên mặt AB. Phương án tôn cao mặt đập và làm khối gia tải ở mái bằng bê tông được áp dụng khi chiều cao tôn cao đập lớn, khối gia tải trên mái là bê tông, có gia cường màn chống thấm để giảm áp lực đẩy ngược lên đáy đập.

Đặc biệt, sau khi tôn cao, mở rộng đập, tải trọng tác dụng lên khối đập cũ và khối đập mới gây ra sự phân bố ứng suất khác với trường hợp mặt cắt đập liền khối được thi công một giai đoạn. Các mặt tiếp giáp, các vùng nối tiếp dễ phát sinh ứng suất kéo và ứng suất cắt lớn. Vì vậy, cần phải gia cường, đảm bảo chất lượng các khu vực này.

3. VẤN ĐỀ TÍNH TOÁN KIỂM TRA AN TOÀN ĐẬP KHI TÔN CAO

3.1. Ổn định của đập

Do mực nước thượng lưu hồ được nâng cao nên áp lực nước thượng lưu và áp lực nước đẩy ngược dưới đáy đập tác dụng lên công trình cũng sẽ tăng. Ngoài ra, khi đập càng cao thì ảnh hưởng của động đất lên công trình cũng sẽ càng lớn (Ngô Trí Viêng và nnk, 2004).

Những thay đổi của các yếu tố trên sẽ gây bất lợi cho an toàn của công trình, do đó khi tôn cao đập bê tông trọng lực cần tính toán kiểm tra ổn định về trượt, lật và ứng suất nền để đưa ra phương án làm tăng tính ổn định của đập theo chiều hướng hợp lý nhất.

3.2. Độ bền của đập và nền

Khi tôn cao đập, các ngoại lực tác dụng lên đập sẽ thay đổi theo chiều hướng bất lợi cho công trình, có thể xuất hiện ứng suất kéo ở mép biên thượng hạ lưu đập gây phá hoại công trình.

Ngoài ra tải trọng tác dụng lên khối đập cũ và khối đập mới gây ra sự phân bố ứng suất khác với trường hợp mặt cắt đập liền khối được thi công một giai đoạn. Các mặt tiếp giáp, các vùng nối tiếp dễ phát sinh ứng suất kéo và ứng suất cắt lớn. Vì vậy, cần phải gia cường, đảm bảo chất lượng các khu vực này.

Đối với đập đất hoặc đập đá thì giải pháp xử lý mặt tiếp giáp giữa đập cũ và phần tôn cao thường rất đơn giản. Hiện nay, phương án thường dùng và mang lại hiệu quả cao đó là đánh xờm mặt tiếp giáp. Tuy nhiên đối với đập bê tông trọng lực giải pháp đánh xờm mặt tiếp giáp là chưa đủ. Vì vậy, để đảm bảo không có vết nứt xuất hiện trên mặt tiếp xúc hay xảy ra hiện tượng tách rời giữa phần bê tông cũ và bê tông mới thì việc tính toán ứng suất – kể cả trị số và phương chiều – trên mặt tiếp giáp giữa phần cũ và mới cần được chú trọng để có những xử lý kỹ thuật cần thiết.

Sau đây tiến hành phân tích ứng suất đập Tân Giang sau khi được tôn cao để đưa ra quỹ đạo ứng suất trong thân đập, từ đó có những nhận định về vị trí tiến hành gia cố tăng cường mặt tiếp giáp giữa đập cũ và mới. Do mặt cắt đập có dạng hình học khá phức tạp và tồn tại mặt cắt tiếp giáp giữa bê tông cũ và mới nên đã sử dụng phương pháp phần tử hữu hạn, cụ thể trên phần mềm ANSYS để tính toán (Vũ Hoàng Hưng, Nguyễn Quang Hùng, 2011).

4. ÁP DỤNG CHO ĐẬP TÂN GIANG – NINH THUẬN

4.1. Giới thiệu công trình

Hồ chứa nước Tân Giang được xây dựng trên Sông Lu, là một nhánh của hệ thống Sông Cái Phan Rang, thuộc địa bàn xã Phước Hà, huyện Thuận Nam, tỉnh Ninh Thuận.

Công trình hồ chứa nước Tân Giang có nhiệm vụ điều tiết năm để:

- Tạo nguồn tưới tự chảy cho 3000ha diện tích đất canh tác nông nghiệp thuộc địa phận các xã thuộc huyện Thuận Nam, tỉnh Ninh Thuận.
- Cấp nước cho dân sinh và phát triển chăn nuôi.
- Làm giảm và chặn lũ sông Lu, cải thiện điều kiện môi trường.

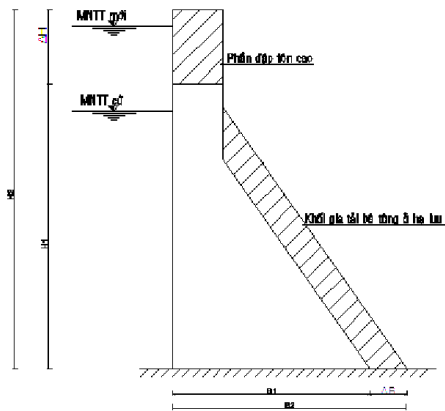
Hiện trạng công trình

Theo kết quả báo cáo kiểm định an toàn đập

công trình hồ chứa nước Tân Giang (Viện đào tạo và Khoa học Ứng dụng Miền Trung, 2009), hiện trạng công trình đầu mối được đánh giá như sau:

- Công trình đầu mối bằng quan sát mắt thường cho thấy đập, tràn, cống vẫn đang ở tình trạng làm việc tốt.

- Việc kiểm tra cường độ bê tông các cấu kiện xây đúc bằng máy siêu âm kết hợp súng bật nảy cho thấy tất cả các cấu kiện bê tông của công trình đầu mối được thí nghiệm đều đạt yêu cầu về cường độ.



Hình 1. Tôn cao mặt đập và làm khối gia tải ở hạ lưu bằng bê tông

4.2. Phương án tôn cao đập Tân Giang

Trên cơ sở nhu cầu dùng nước, các mực nước trong hồ đã được tính toán lại. Cụ thể đã nâng MNDBT từ cao trình 118.20 lên 121.00. Sau khi xác định được giá trị ΔH cần tôn cao của đập Tân Giang, các tác giả tính toán bề rộng cần tăng thêm ΔB để tiến hành lựa chọn phương án tôn cao đập. Đối với đập Tân Giang, do giá trị $\Delta H = 2.5m > 1.2m$ nên hình thức được lựa chọn là nâng cao khối đỉnh, kết hợp áp trức bằng bê tông trên mái hạ lưu cũ. Sau khi tính toán lại, các mực nước trong hồ được ghi trong bảng 2. Mặt cắt đập không tràn sau khi tôn cao được thể hiện trên hình 1.

4.3. Tính toán ổn định

4.3.1. Các trường hợp tính toán

- Trường hợp 1: Ứng với MNDBT = 121m, màn chống thấm và thiết bị tiêu nước làm việc bình thường.

- Kết quả tính toán kiểm tra ổn định tổng thể đập cho thấy đập đảm bảo an toàn và ổn định trượt và lật với tất cả các mặt cắt tính toán và trường hợp có thể xảy ra theo tiêu chuẩn quy định.

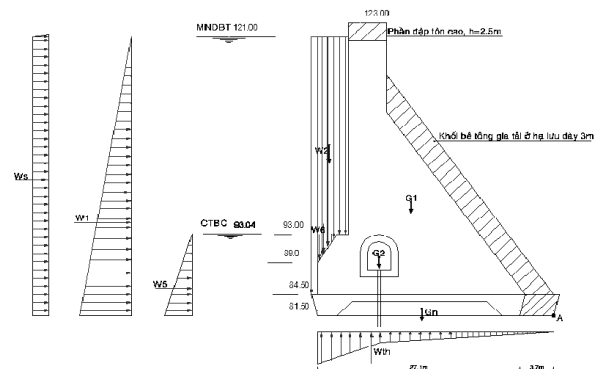
- Đập đang làm việc ở trạng thái bình thường, chất lượng bê tông thân đập tốt, các bộ phận của đập làm việc ổn định, dữ liệu quan trắc cho thấy phù hợp thiết kế, các kết quả được kiểm định cho kết quả tốt. Kết quả tính toán đảm bảo theo tiêu chuẩn hiện hành. Kết quả quan trắc đập bằng khảo sát đo đạc và mắt thường cho thấy đập không có vấn đề nào bất thường.

Bảng 2. Kết quả tính toán cao trình đỉnh đập mới và cũ

Thông số	Đơn vị	MNDBT	MNLTK	MNLKT
Cao trình các mực nước trong hồ (cũ)	m	118.20	118.98	120.45
Cao trình các mực nước trong hồ (mới)	m	121.00	121.33	122.75
H (mới)	m	36.5	36.83	
Cao trình đỉnh đập (mới) với các mực nước tương ứng	m	122.41	122.25	122.95

- Trường hợp 2: đập làm việc với MNLKT = 122.75m, mực nước hạ lưu = 88.5m.

Trong khuôn khổ của bài viết sẽ nêu kết quả tính toán ứng với MNDBT, màn chống thấm và thiết bị tiêu nước làm việc bình thường. Sơ đồ lực tác dụng được thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Sơ đồ lực tác dụng đập đã tôn cao và gia tải trường hợp 1

4.3.2. Xác định các lực tác dụng

Trên sơ đồ hình 2 các lực tác dụng lên đập Tân Giang được đưa vào tính toán bao gồm: áp lực thủy tĩnh (W_1, W_2), áp lực bùn cát (W_5, W_6),

áp lực sóng (W_s), áp lực thấm (W_{th}), trọng lượng bản thân đập (G_1, G_2), trọng lượng khối đất trên mặt phẳng trượt (G_n) (Ngô Trí Viêng và nnk, 2004). Giá trị của các lực được ghi ở bảng 3.

Bảng 3. Kết quả tính toán ổn định đập tôn cao đã gia tải trường hợp 1

TT	Ký hiệu lực	Trị số tiêu chuẩn		Hệ số lệch tải	Trị số tính toán		Tay đòn với A (m)	Mô men (T,m)		
		↓(T)	→(T)		↓(T)	→(T)		$M_{gl}(+)$	$M_{cl}(-)$	
1	W_1		780.13	1		780.125	13.17	10271.65		
2	W_2	143.18		1	143.18		29.24		4186.58	
3	W_s		3.01	1		3.01	18.25	54.94		
4	W_{th}	-243.32		1	-243.32		20.53	4996.17		
5	W_5		30.47	1.2		36.56	3.85	140.65		
6	W_6	7.41		1.2	8.89		26.22		233.15	
7	G_n	83.16		0.9	74.84		17.25		1291.06	
8	G_1	1475.52		0.95	1401.74		18.60		26072.44	
9	G_2	53.275		0.95	50.6113		22.75		1151.41	
Tổng						1435.95	819.70		15463.40	32934.6

4.3.3. Kiểm tra ổn định

Từ bảng tính toán các lực được thể hiện trong bảng 3 ta có:

$$K_t = \frac{P \tan \varphi + CA}{Q} = \frac{1435.95 \times 0.73 + 3.9 \times 0.8}{819.70} = 1.42 > K_{cp} = \frac{k_n n_c}{m} = \frac{1.15 \times 1}{0.95} = 1.21$$

⇒ Đập đảm bảo điều kiện ổn định về trượt phẳng.

- Kiểm tra ổn định về lật:

$$K_t = \frac{\sum M_{cl}}{\sum M_{gl}} = \frac{32934.6}{15463.4} = 2.13 > K_{cp} = 1.21$$

⇒ Đập đảm bảo điều kiện ổn định về lật.

Kết luận: Ứng với MNDBT = 121m sau khi đã gia tải mái hạ lưu thì đập thỏa mãn điều kiện ổn định và ứng suất.

4.3.4. Kiểm tra ứng suất biên

+ Độ lệch tâm của hợp lực:

$$e = \frac{b}{2} - \frac{\sum M_A}{P} = \frac{30.8}{2} - \frac{17471.23}{1435.95} = 3.23(m)$$

$$n_c \sigma_{\max} = n_c \frac{P}{A} \left(1 + \frac{6e}{b}\right) = 1 \times \frac{1435.95}{30.8 \times 1} \times \left(1 + \frac{6 \times 3.23}{30.8}\right) = 75.98 < \frac{m R_n}{K_n} = \frac{0.95 \times 900}{1.15} = 743.48 (T/m^2)$$

$$n_c \sigma_{\min} = n_c \frac{P}{A} \left(1 - \frac{6e}{b}\right) = 1 \times \frac{1435.95}{30.8 \times 1} \times \left(1 - \frac{6 \times 3.23}{30.8}\right) = 17.26 > 0$$

⇒ Đập đảm bảo điều kiện về ứng suất.

4.4. Phân tích ứng suất thân đập

Phương pháp tính toán, phần mềm áp dụng

Với mặt cắt đặc trưng của đập dâng sau khi tôn cao 2.5m, áp trúc bằng khối bê tông, mô hình tính toán được thực hiện cho một mặt cắt có đáy chân khay ở cao trình 81.50m, đặt trên nền đá theo sơ đồ bài toán biến dạng phẳng trong hệ trục tọa độ XYZ tổng thể (hình 3).

Các số liệu tính toán (thông số đầu vào)

Tiếp xúc giữa nền và đập được mô phỏng thông qua phần tử tiếp xúc với giả thiết giữa đập

và nền có lực ma sát được tính theo công thức:

$$Fms = \sigma f + c$$

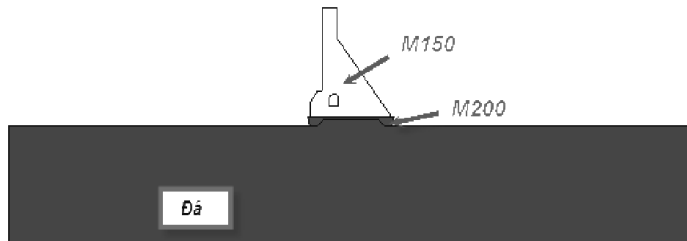
Trong đó:

f – Hệ số ma sát giữa đập và nền (0.72)

C – lực dính giữa đập và nền (3.9 T/m²)

- Không tồn tại lực dính theo phương pháp tuyến giữa mặt tiếp xúc giữa đập và nền.

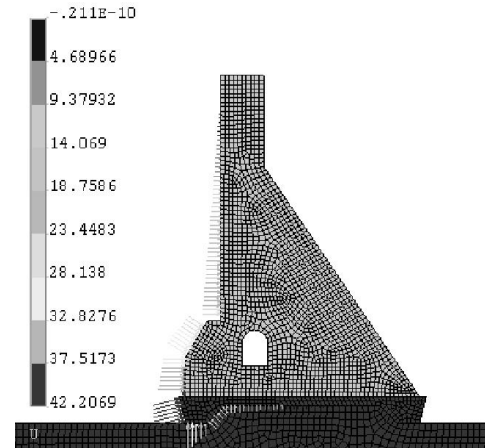
- Vật liệu bê tông, cốt thép và đá nền được coi như là vật liệu đàn hồi tuyến tính. Chỉ tiêu phục vụ cho việc tính toán được cho trong bảng 4.



Hình 3. Mô hình tính toán ứng suất

Bảng 4. Chỉ tiêu cơ lý nền và vật liệu đập

TT	Tên	E (T/m ²)	ν	G (T/m ³)
1	Nền đá	1.80E+05	0.22	
2	IIB	1.00E+06	0.22	
3	BT M150	2.20E+06	0.2	2.4
4	BT M200	2.40E+06	0.2	2.4



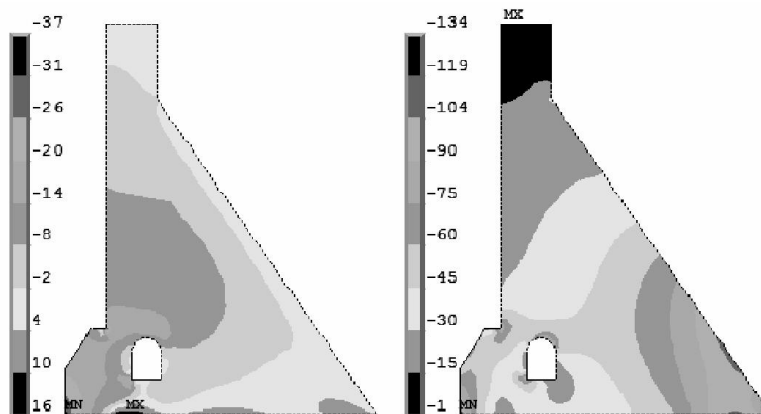
Hình 4. Sơ đồ lực tác dụng trường hợp 1.

Sơ đồ các lực tác dụng lên đập đã tôn cao và gia tải phục vụ cho việc tính toán ứng suất đập bê-tông không tràn nước được thể hiện trên hình 4. Trường hợp tính toán ứng với MNDBT= 121m, màn chống

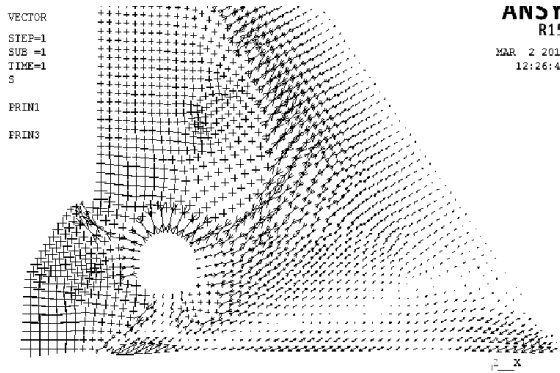
thấm và thiết bị tiêu nước làm việc bình thường.

Kết quả tính toán

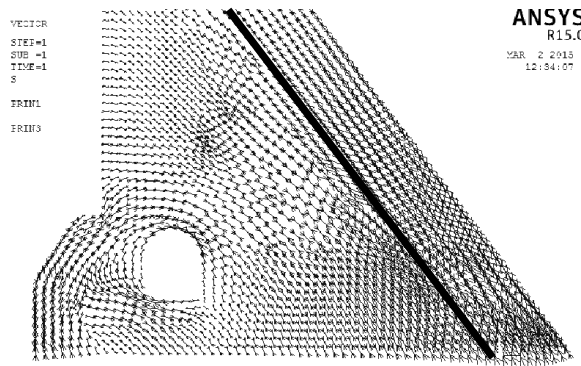
Kết quả tính toán được thể hiện chi tiết trong các hình từ 5 đến 7 và bảng 5.



Hình 5. Phổ ứng suất S1 và S3 trong thân đập từ cao trình 84.5 trở lên



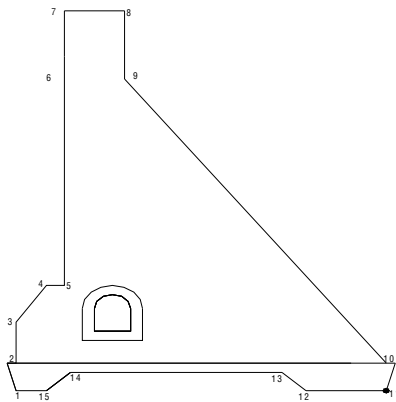
Hình 6. Vec tơ S1 trong thân đập không tràn từ cao trình 84.5 trở lên



Hình 7. Vec tơ S3 trong thân đập không tràn từ cao trình 84.5 trở lên

Đường quỹ đạo ứng suất trong thân đập mới cắt với đường viền đập Tân Giang cũ. Đây chính là nơi cần được lưu tâm xử lý tiếp giáp bề

mặt bên cạnh việc áp dụng biện pháp đánh xòm trên bề mặt đập cũ.



Hình 8. Minh họa thứ tự các điểm đặt biệt

Bảng 5. Giá trị ứng suất tại các điểm đặt biệt trên hình 8

Tên điểm	Ứng suất (T/m ²)		Tên điểm	Ứng suất (T/m ²)	
	S1	S3		S1	S3
1	-22.3	-104.5	9	-4.2	-37.3
2	-32.8	-108	10	-0.5	-35.2
3	-16.7	-50.4	11	-79.7	-282.4
4	-7.4	-27.2	12	-32.9	-143.5
5	-32.3	-112.9	13	-14.3	-65.4
6	-5.9	-20.5	14	104	-14.1
7	-0.1	-0.6	15	-20.8	-80.7
8	-0.1	-0.6			

Từ kết quả tính toán ta thấy:

Ứng suất nén nhỏ hơn nhiều ứng suất nén cho phép của bê tông và xuất hiện lớn nhất ở khu vực hạ lưu. Xuất hiện ứng suất kéo ở thượng lưu, khu vực chân khay, phạm vi cục bộ với giá trị nhỏ.

Vector S1 và S3 cắt mặt phân cách giữa bê tông cũ và mới tại những vị trí cách đáy khoảng một phần ba chiều cao thân đập phía hạ lưu (từ cao trình 84.5 đến 92.0), chứng tỏ có xuất hiện ứng suất cắt ở phần tiếp giáp giữa đập cũ và đập mới, do đó cần có biện pháp gia cố như neo thép và phụt vữa gắn kết phần bê tông mới và cũ tại những vị trí vừa nêu để đảm bảo an toàn cho công trình.

5. KẾT LUẬN

Có nhiều giải pháp để tôn cao và mở rộng mặt cắt đập bê tông. Trong thiết kế, tùy theo mức độ tôn cao cũng như điều kiện cụ thể của từng đập mà tiến hành phân tích, lựa chọn phương án hợp lý và thông qua tính toán ổn định, độ bền của đập để lựa chọn kích thước hợp lý của phần mở rộng.

Đối với đập được mở rộng bằng cách áp trực lớp bê tông ở mái hạ lưu thì bên cạnh việc xử lý mặt tiếp giáp tốt để đảm bảo độ bền của toàn đập nói chung, cần xác định vùng cần tăng cường gia cố do ứng suất cắt lớn. Ngoài các tính toán về ổn định thông thường, cần thiết phải phân tích ứng suất thân đập với các

trường hợp làm việc khác nhau để kiểm tra điều kiện bền, trong đó đặc biệt chú ý quan hệ giữa quỹ đạo ứng suất chính với mặt phân cách bê tông cũ – mới, nếu các quỹ đạo ứng suất chính cắt qua mặt phân cách này thì cần phải tăng cường gia cố mặt phân cách bằng các giải pháp kỹ thuật khác nhau (cắm neo thép, phụt vữa cao áp...).

Giải quyết bài toán đáp ứng nhu cầu dùng nước tổng hợp cho đập Tân Giang – Ninh Thuận đã được cụ thể hóa bằng các tính toán về

ổn định và độ bền sau khi tôn cao. Cụ thể phương án tính toán kiến nghị ở đây là nâng cao khối đỉnh đập lên 2.5m so với đập hiện tại, đồng thời áp trực mái hạ lưu bằng khối bê tông mới có chiều dày 3m, mái hạ lưu $m_2=0.7$. Kết quả tính toán ổn định và độ bền cho thấy giải pháp cải tạo đập nêu trên đảm bảo an toàn. Tuy nhiên, mặt tiếp giáp bê tông cũ và mới cần được xử lý tốt bằng đánh xòm, ở những vị trí đặc biệt cần cắm neo thép và phụt vữa cao áp để gắn kết sau khi áp trực.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Lê Kim Truyền và nnk (2014), *Nghiên cứu giải pháp nâng cao hiệu quả khai thác, giảm nhẹ thiệt hại do thiên tai (lũ, hạn) và đảm bảo an toàn hồ chứa khu vực miền trung trong điều kiện biến đổi khí hậu*, Đề tài cấp Bộ.

Ngô Trí Viêng, Nguyễn Chiến, Nguyễn Văn Mao, Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Cảnh Thái (2004), *Giáo trình thủy công - tập 1*, NXB Xây Dựng, Hà Nội.

Vũ Hoàng Hưng, Nguyễn Quang Hùng (2011), *ANSYS - Phân tích kết cấu công trình thủy lợi thủy điện*, NXB Xây Dựng, Hà Nội.

Quy chuẩn quốc gia (2012), *Công trình thủy lợi- Các quy định chủ yếu về thiết kế QCVN 04-05:2012/BNNPTNT*.

Báo cáo kiểm định an toàn đập công trình hồ chứa nước Tân Giang (2009), Viện đào tạo và Khoa học Ứng dụng Miền Trung.

Abstract:

TECHNICAL PROBLEMS IN RISING CONCRETE GRAVITY DAM: A CASE STUDY OF THE “TAN GIANG” DAM IN NINH THUAN PROVINCE

Rising the gravity dams including concrete dams in order to enhance reservoirs' capacity is the concern of the water consumers. Beside technical and engineering measures for taking dam higher many problems posed to the rising part in particular and the whole concrete dam in general are required detail calculations to ensure the safety of the new dam. In this article technical solutions for raising the concrete gravity dam are proposed and hence calculate dam's stability and durability applied to Tan Giang concrete gravity dam in Ninh Thuan province. Remarks on raising concrete gravity dams are also included providing maximum efficiency of the project.

Keywords: Concrete gravity dam, stage construction, stress, isostatics, stress trajectory.

BBT nhận bài: 07/7/2015

Phản biện xong: 17/11/2015