

MẶT CẮT HỢP LÝ CỦA ĐẬP BÊ TÔNG TRỌNG LỰC XÂY DỰNG TRONG VÙNG CÓ ĐỘNG ĐẤT

Nguyễn Chiến¹, Nguyễn Duy Hưng²

Tóm tắt: Việc xác định mặt cắt hợp lý trong thiết kế đập bê tông trọng lực có ý nghĩa quan trọng cả về mặt kỹ thuật và kinh tế. Trong bài này giới thiệu quá trình xây dựng quy trình xác định mặt cắt hợp lý của đập có xét ảnh hưởng của động đất và kết quả nghiên cứu xác định các thông số của mặt cắt cho các đập có chiều cao khác nhau. Áp dụng tính toán cho đập Sơn La đã xác định được mặt cắt hợp lý dạng đa giác có diện tích mặt cắt giảm 7,5% so với mặt cắt thực tế đã xây dựng. Các kết quả nghiên cứu trong bài này dùng để tham khảo khi thiết kế đập bê tông trọng lực trên nền đá ở vùng có động đất.

Từ khóa: đập bê tông trọng lực, động đất, mặt cắt hợp lý, ổn định, ứng suất.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các đập bê tông trọng lực có chiều cao lớn thường có khối lượng lớn, ảnh hưởng trực tiếp đến kinh phí đầu tư và các vấn đề kỹ thuật khác như tiến độ thi công, xử lý ứng suất nhiệt... Trong lý thuyết tính toán mặt cắt đập bê tông trọng lực đã đưa ra phương pháp xác định mặt cắt kinh tế (Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2004; Ngô Trí Viêng và nnk, 2004). Tuy nhiên khi áp dụng thực tế thường chỉ giới hạn kiểm tra điều kiện ổn định và bền trên lát cắt sát nền và chưa xét đến ảnh hưởng của động đất. Vì vậy mặt cắt kinh tế nhận được có dạng đa giác với độ nghiêng của mái thượng lưu, phần sát nền thường là lớn ($n \geq 0,3$, xem bảng 3), làm cho chiều rộng đáy của phần đập có mặt thượng lưu thẳng đứng bị thu hẹp, do đó thường không đảm bảo điều kiện bền. Khi đó người thiết kế phải thay đổi lại mặt cắt và tính toán lại từ đầu, khối lượng tính toán lớn nhưng chưa chắc sẽ tìm được mặt cắt kinh tế nhất. Vì vậy việc đề xuất quy trình tính toán mặt cắt hợp lý của đập bê tông trọng lực là cần thiết.

2. PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH MẶT CẮT HỢP LÝ CỦA ĐẬP BÊ TÔNG.

2.1. Nguyên tắc chung.

Mặt cắt hợp lý của đập bê tông trọng lực được lựa chọn theo các tiêu chí: 1) đảm bảo ổn định (về trượt, lật); 2) đảm bảo điều kiện bền (không bị phá hoại); 3) khối lượng công trình

nhỏ nhất (diện tích mặt cắt nhỏ nhất).

Hiện nay tiêu chí về ổn định và độ bền của đập có sự khác nhau giữa các hệ tiêu chuẩn nên trong thiết kế các đập lớn thường quy định áp dụng đồng thời các hệ tiêu chuẩn khác nhau (ví dụ theo tiêu chuẩn Việt Nam và theo tiêu chuẩn Mỹ), kích thước mặt cắt được lựa chọn theo tiêu chuẩn nào có yêu cầu cao hơn (Công ty tư vấn xây dựng điện 1, 2004; TCXDVN 315:2005).

2.1.1. Theo tiêu chuẩn Việt Nam (QCVN 04-05:2012/BNNPTNT, TCVN 9137:2012).

a) Điều kiện ổn định.

- Chống trượt trên mặt cắt nằm ngang:

$$K_t = \frac{\sum P \cdot f + A_t \cdot C}{\sum T} \geq K_{cp}; \quad (1)$$

- Chống lật quanh 1 trục nằm ngang:

$$K_l = \frac{\sum M_{cl}}{\sum M_l} \geq K_{cp}, \quad (2)$$

Trong đó: $\sum P$ – tổng các lực thẳng đứng tác dụng lên mặt trượt; f – hệ số ma sát trên mặt trượt; C – lực dính đơn vị trên mặt trượt; A_t – diện tích mặt trượt; $\sum M_{cl}$ – tổng momen chống lật; $\sum M_l$ – tổng momen gây lật; K_{cp} – hệ số an toàn cho phép, xác định theo QCVN 04-05:2012/BNNPTNT.

Trị số các lực tác dụng và các chỉ tiêu cơ lý trên mặt trượt trong công thức (1) và (2) là các giá trị tính toán, xác định theo chỉ dẫn của QCVN 04-05:2012/BNNPTNT.

b) Điều kiện bền.

$$\text{Về kéo: } \sigma_{\max} \leq R_k \quad (3);$$

¹ Trường Đại học Thủy lợi.

² Công ty cổ phần Tư vấn xây dựng Thiên Long.

$$\text{Về nén: } |\sigma_{\min}| \leq R_n, \quad (4)$$

trong đó $\sigma_{\max}$, $\sigma_{\min}$ là giá trị ứng suất max và min tính toán (ở đây quy định: ứng suất kéo mang dấu +); R_k , R_n – cường độ kéo và nén tính toán của vật liệu (bê tông đập, hoặc nền), xác định bằng thí nghiệm, tuân theo các quy định của QCVN 04-05:2012/BNNPTNT và các tiêu chuẩn khác.

2.1.2. Theo tiêu chuẩn Mỹ (Công ty Tư vấn xây dựng Điện 1, 2004; EM1110-2-2200, 1995).

Tính toán đập bê tông theo tiêu chuẩn Mỹ có

một số điểm khác biệt so với tiêu chuẩn Việt Nam như sau:

- Tổ hợp tải trọng: có tổ hợp bình thường, bất thường (có động đất cơ sở vận hành OBE), đặc biệt (có động đất cực đại MCE), và tổ hợp sau động đất (trong đập có vết nứt, trị số $C = 0$ trên toàn chiều dài vết nứt).

- Giá trị lực và chỉ tiêu vật liệu lấy theo trị số tiêu chuẩn.

- Tiêu chuẩn an toàn không phân biệt theo cấp công trình, và lấy theo bảng 1.

Bảng 1. Các tiêu chí an toàn theo tiêu chuẩn Mỹ (EM1110-2-2200, 1995).

TT	Loại tổ hợp tải trọng	Điểm đặt hợp lực cho phép trên mặt đáy	Hệ số an toàn K_{cp}	Ứng suất nền cho phép	U'S cho phép của BT	
					Nén	Kéo
1	Bình thường	1/3 giữa	3,0	R_n	$0,3f'_c$	0
2	Bất thường	1/2 giữa	1,7	R_n	$0,5f'_c$	$0,6f'_t$
3	Đặc biệt	Trong đáy	1,3	$1,33R_n$	$0,9f'_c$	$0,9f'_t$
4	Sau động đất		1,3			

Ghi chú: R_n – cường độ nén cho phép của đá nền; f'_c và f'_t – ứng suất nén và kéo cho phép tương ứng của vật liệu trong điều kiện tải trọng tĩnh.

2.2. Xác định mặt cắt cơ bản

Mặt cắt cơ bản của đập bê tông trọng lực thường có dạng tam giác, hoặc đa giác. Theo nghiên cứu của Nguyễn Duy Hưng (2014) thì với đập trên nền đá tương đối tốt trở lên (hệ số ma sát $f \geq 0,6$), mặt cắt cơ bản hợp lý của đập có dạng đa giác như trên hình 1. Các thông số mặt cắt và trình tự tính toán đã được trình bày (Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2004; Ngô Trí Viêng và nnk, 2004). Kết quả tính toán là xác định được các thông số của mặt cắt kinh tế như trên hình 1 gồm ξ ($h = \xi H$), n , m , A (xem bảng 3).

2.3. Xác định mặt cắt thực tế

Mặt cắt thực tế của đập không tràn được tạo từ mặt cắt cơ bản bằng cách chồng thêm khối bê tông đỉnh đập có chiều cao là d so với đỉnh mặt cắt cơ bản; chiều rộng là b (hình 2). Trị số của d xác định theo điều kiện sóng gió và độ cao an toàn, còn trị số của b lấy theo điều kiện giao thông và thi công, cấu tạo. Ngoài ra cần bố trí hệ thống hành lang trong đập để phục vụ đi lại, kiểm tra, bố trí thiết bị quan trắc...

2.4. Điều chỉnh trị số n cho mặt cắt thực tế

a) Kiểm tra ổn định và ứng suất biên cho các lát cắt khác nhau.

- Theo TCVN: về nguyên tắc phải kiểm tra cho tất cả các lát cắt (các mặt cắt theo phương nằm ngang, ở các cao độ khác nhau). Tuy nhiên thực tế tính toán cho thấy lát cắt bất lợi nhất thường đi qua điểm gãy của mái (các lát cắt 1-1, 2-2, 3-3 như trên hình 2), hoặc lát cắt qua các lỗ khoét, hành lang trong đập.

- Theo tiêu chuẩn Mỹ: sử dụng phần mềm CADAM sẽ tính được ứng suất biên và kiểm tra được điều kiện bền, điều kiện ổn định chống lật cho tất cả các lát cắt từ đỉnh đến đáy đập.

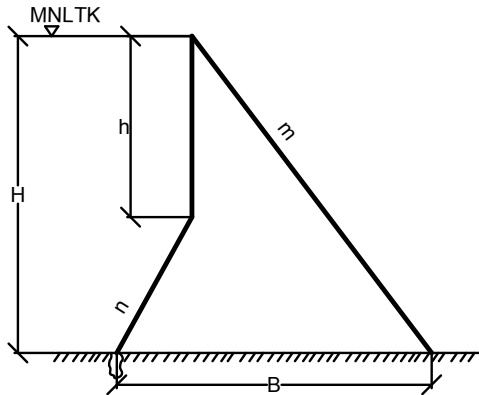
b) Điều chỉnh trị số n .

Trường hợp có ít nhất 1 lát cắt không đảm bảo điều kiện bền hoặc ổn định thì cần điều chỉnh mặt cắt như sau:

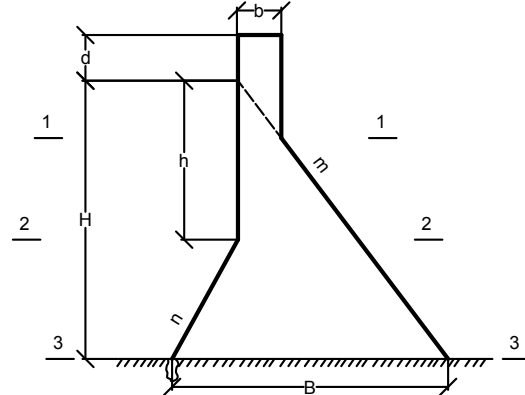
- Thay đổi trị số n (theo hướng giảm);
- Tính lại m theo điều kiện ổn định và bền ở mặt cắt sát đáy;
- Với n , m mới, tiến hành kiểm tra điều kiện ổn

định và bền ở các lát cắt khác. Nếu các kết quả kiểm tra đều thỏa mãn thì trị số n , m đang xét là hợp lý và được chọn. Nếu vẫn có lát cắt không

thỏa mãn thì cần tiếp tục điều chỉnh n , m cho đến khi đảm bảo điều kiện ổn định và bền ở tất cả các lát cắt, cho các tổ hợp tải trọng khác nhau.



Hình 1. Mặt cắt cơ bản dạng đa giác



Hình 2. Mặt cắt thực tế đập không tràn

3. XÁC ĐỊNH MẶT CẮT HỢP LÝ CHO CÁC ĐẬP CÓ CHIỀU CAO KHÁC NHAU.

3.1. Các thông số đầu vào.

Thông số đầu vào được lấy đại biểu cho đập bê tông trên nền đá tương đối tốt, được tổng hợp từ các đập đã xây dựng. Một số thông số chính như sau:

- Cột nước tính toán trước đập: $H = 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180$ m.

- Thông số mặt cắt thực tế. Trong nghiên cứu này lấy trị số của d và b bình quân từ các công trình thực tế như sau: đập có $H > 25-70$ m (cấp

II): $d = 4$ m; $b = 6$ m; đập có $H > 70-100$ m (cấp I): $d = 6$ m; $b = 8$ m; đập có $H > 100$ m (cấp đặc biệt): $d = 8$ m; $b = 10$ m.

- Chỉ tiêu chống cắt trên mặt tiếp giáp bê tông và nền: $f = 0,7$, $C = 0,35$ MPa.

- Vật liệu thân đập: bê tông M150 với $\gamma_b = 24 \text{ KN/m}^3$; cường độ tính toán (theo TCVN); $R_n = 7000 \text{ KN/m}^2$; $R_k = 630 \text{ KN/m}^2$.

- Cấp động đất thiết kế: cấp 8 (thang MSK64).

- Hệ số an toàn theo TCVN với mặt trượt đi qua mặt tiếp xúc giữa bê tông và đá nền: bảng 2.

Bảng 2. Hệ số an toàn ổn định theo QCVN 04-05:2012/BNNPTNT

TT	Chiều cao đập H (m)	Cấp CT	K_{cp}	
			Tổ hợp cơ bản	Tổ hợp đặc biệt
1	> 100	Đặc biệt	1,32	1,18
2	$> 70-100$	I	1,26	1,14
3	$> 25-70$	II	1,21	1,09

Bảng 3. Thông số mặt cắt cơ bản dạng đa giác khi $f = 0,7$.

H (m)	40	60	80	100	120	140	160	180
ξ	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
n	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
m	0,668	0,668	0,676	0,712	0,748	0,748	0,748	0,748
A (m^2)	614,3	1269,6	2625,8	4101,4	6165,3	8083,8	10964,6	13871,8

3.2. Kết quả tính toán mặt cắt cơ bản

Với phương pháp đã nêu ở mục 2.2 và các thông số đầu vào ở mục 3.1, kết quả tính toán

mặt cắt cơ bản dạng đa giác như ở bảng 3 (Nguyễn Duy Hưng, 2014).

3.3. Kiểm tra cho mặt cắt thực tế

Việc kiểm tra được tiến hành theo trình tự như ở mục 2.4. Tổ hợp tải trọng được xét khi có động đất với các trường hợp sau:

- Trường hợp 1- đập mới thi công xong, hồ chưa có nước, lực động đất hướng từ hạ lên thượng lưu.

- Trường hợp 2- hồ đầy nước (đến MNLTK); lực động đất hướng từ thượng về hạ lưu.

Kết quả tính toán cho thấy trường hợp 2 là bất lợi hơn. Kết quả kiểm tra an toàn đập cho trên các bảng 4,5,6.

Bảng 4. Kiểm tra an toàn đập thực tế theo TCVN (TH2)

H (m)	40	60	80	100	120	140	160	180
K_t	1,73	1,46	1,40	1,38	1,36	1,33	1,30	1,27
K_l	2,22	2,21	2,20	2,19	2,16	2,08	2,07	2,05
K_{cp}	1,09	1,09	1,14	1,14	1,18	1,18	1,18	1,18
σ_{max}^{TL} (kPa)	386,0	530,7	811,7	627,8	621,0	1221,6	1371,6	836,9
R_k (kPa)	630	630	630	630	630	630	630	630
σ_{min}^{HL} (kPa)	-1271,0	-1808,4	-2535,6	-2780,2	-3186,9	-4253,8	-4832,0	-4743,0
R_n (kPa)	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000	7000

Bảng 5. Kiểm tra an toàn đập theo TC Mỹ (TH2: OBE)

H (m)	40	60	80	100	120	140	160	180
K_t	2,39	2,30	2,37	2,45	2,43	2,17	2,41	2,40
K_{cp}	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
σ_{max}^{TL} (kPa)	154,6	275,4	194,1	339,1	204,9	840,5	332,1	386,3
σ_{Kcp} (kPa)	480	480	480	480	480	480	480	480
σ_{min}^{HL} (kPa)	-1090,9	-1630,9	-2088,7	-2591,5	-3027,9	-4313,2	-4041,7	-4542,8
σ_{ncp} (kPa)	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000

Bảng 6. Kiểm tra an toàn đập theo TC Mỹ (TH2b: MCE)

H (m)	40	60	80	100	120	140	160	180
K_t	2,15	2,01	2,12	2,20	2,17	1,96	2,15	2,28
K_{cp}	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
σ_{max}^{TL} (kPa)	232,2	393,8	339,9	503,7	393,0	1130,2	585,5	642,4
σ_{kcp} (kPa)	720	720	720	720	720	720	720	720
σ_{min}^{HL} (kPa)	-1197,2	-1773,5	-2282,3	-2801,8	-3308,4	-4459,4	-4409,9	-4952,5
σ_{ncp} (kPa)	14.400	14.400	14.400	14.400	14.400	14.400	14.400	14.400

Nhận xét: các đập có chiều cao $\geq 80m$ không đảm bảo độ bền theo TCVN (bảng 4), cụ thể là ứng suất kéo lớn nhất ở biên thượng lưu vượt quá cường độ chịu kéo của vật liệu thân đập. Các đập có chiều cao $\geq 140m$ không đảm bảo độ bền theo tiêu chuẩn Mỹ. Để đảm bảo điều kiện bền của đập, cần điều chỉnh lại mặt cắt thực tế, cụ thể là giảm trị số của n.

3.4. Điều chỉnh hệ số mái của mặt cắt thực tế

Phương pháp: giữ nguyên trị số ξ đã tìm được cho mặt cắt cơ bản (bảng 3); giả thiết lại trị số n, từ đó tìm được m theo điều kiện ổn định. Cuối cùng tiến hành kiểm tra điều kiện bền trên mái thượng lưu theo tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn Mỹ. Tổng hợp kết quả tính toán như trên bảng 7.

Bảng 7. Các thông số của mặt cắt hợp lý đập bê tông (bê tông M150, nền có $f = 0,7$; động đất cấp 8)

H (m)	40	60	80	100	120	140	160	180
ξ	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
n	0,3	0,21	0,16	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13
m	0,724	0,775	0,813	0,863	0,871	0,871	0,871	0,871

3.5. Quy trình tính toán xác định mặt cắt hợp lý của đập bê tông

Từ kết quả tính toán và phân tích ở trên, quy trình tính toán được khái quát hóa như sau:

1) Tính toán mặt cắt cơ bản theo trình tự đã nêu (Bộ Nông nghiệp và PTNT, 2004; Ngô Trí Viêng và nnk, 2004), tuy nhiên trị số n không chế bằng hoặc nhỏ hơn trị số trên bảng 7;

2) Xác định mặt cắt thực tế của đập (xác định d, b, bố trí hành lang trong đập);

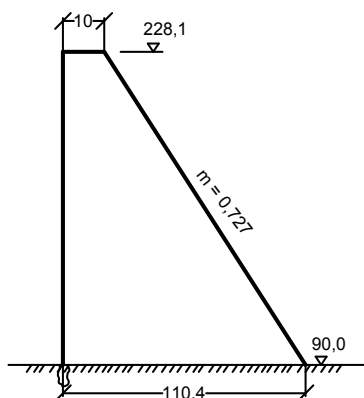
3) Kiểm tra điều kiện ổn định và bền cho mặt cắt thực tế tại tất cả các lát cắt, với các tổ hợp tải trọng khác nhau;

4) Nếu có ít nhất 1 lát cắt không đảm bảo điều kiện kiểm tra thì tiến hành điều chỉnh (xác định lại trị số n, m) cho đến khi thỏa mãn hoàn toàn các điều kiện kiểm tra.

4. ÁP DỤNG TÍNH TOÁN CHO ĐẬP SƠN LA

4.1. Giới thiệu chung

Đập dâng thủy điện Sơn La là đập bê tông trọng lực, xây dựng theo công nghệ đầm lặn, chiều cao đập lớn nhất là 138,1m. Đập xây trên nền đá bazan khối có $f = 0,70$;



Hình 3. Mặt cắt thực tế đã xây dựng của đập Sơn La.

$C = 0,35\text{MPa}$ (Công ty Tư vấn xây dựng Điện 1, 2004). Vùng xây dựng có động đất thiết kế cấp 8. Cấp thiết kế đập là cấp đặc biệt. Trong thiết kế đã sử dụng cả tiêu chuẩn Việt Nam và tiêu chuẩn Mỹ để tính toán. Mặt cắt thực tế được chọn để xây dựng như trên hình 3,

4.2. Xác định mặt cắt hợp lý của đập Sơn La

4.2.1. Mặt cắt cơ bản dạng đa giác

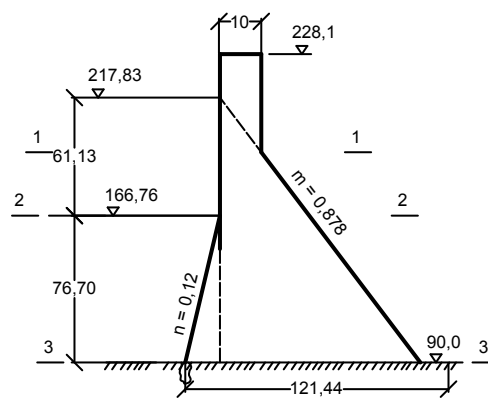
Với các số liệu nêu ở mục 4.1; mực nước lũ thiết kế 271,83m; cao trình mặt nền 90,0m; thực hiện bước 1 của quy trình (mục 3.5), xác định được mặt cắt cơ bản dạng đa giác có các thông số như sau (Nguyễn Duy Hưng, 2014): $\xi = 0,4$; $n = 0,12$; $m = 0,878$; $A = 7525,5\text{m}^2$.

4.2.2. Mặt cắt thực tế

Với cao trình đỉnh đập bằng 228,1m (Công ty Tư vấn xây dựng Điện 1, 2004). mặt cắt thực tế của đập không tràn được lựa chọn như trên hình 4 (chưa thể hiện các hành lang).

a) Kiểm tra theo tiêu chuẩn Việt Nam.

Kết quả tính toán kiểm tra ổn định và độ bền của đập có mặt cắt trên hình 4, trường hợp MNLTk, có động đất cấp 8, theo tiêu chuẩn Việt Nam được tập hợp trên bảng 8.



Hình 4. Mặt cắt đề nghị dạng đa giác của đập Sơn La.

Bảng 8. Kết quả tính ổn định và độ bền của đập theo TCVN

K_t	K_l	K_{cp}	Mặt cắt	σ_{max}^{TL} (KPa)	R_k (KPa)	σ_{min}^{HL} (KPa)	R_n (KPa)
1,22	3,62	1,18	3-3	-823,9	630	-1739,5	7000
			2-2	-47,1	630	-154,2	7000
			1-1	-7,2	630	-9,6	7000

Nhận xét: các hệ số an toàn về trượt, lật đều vượt quá trị số cho phép $K_{cp} = 1,18$ (tổ hợp đặc biệt); mép biên thượng lưu tại các mặt cắt đều không sinh ứng suất kéo ($\sigma^{TL} < 0$); ứng suất nén lớn nhất ở biên hạ lưu nhỏ hơn nhiều so với cường độ chịu nén của vật

liệu thân đập.

b) Kiểm tra theo tiêu chuẩn Mỹ

Theo Tiêu chuẩn Mỹ, khi có động đất, đập được kiểm tra với 2 trường hợp: OBE và MCE. Kết quả kiểm tra cho mặt cắt trên hình 4 được trình bày ở bảng 9.

Bảng 9. Kết quả tính ổn định và độ bền của đập theo tiêu chuẩn Mỹ

Trường hợp	F_s	K_{cp}	Mặt cắt	σ_{max}^{TL} (KPa)	σ_{kcp} (KPa)	σ_{min}^{HL} (KPa)	σ_{ncp} (KPa)
OBE	1,79	1,7	3-3	-576,3	480	-2864,0	8000
			2-2	-345,2	480	-1262,2	8000
			1-1	-194,2	480	-277,1	8000
MCE	1,64	1,3	3-3	94,1	720	-2864,0	14400
			2-2	-124,6	720	-1062,2	14400
			1-1	54,5	720	-777,0	14400

Nhận xét: trường hợp OBE đập đảm bảo điều kiện ổn định và bền. Với trường hợp MCE, đập đảm bảo điều kiện ổn định ($F_s > K_{cp}$). Tại mặt cắt 1-1 và 3-3 có xuất hiện ứng suất kéo ở mặt thượng lưu, nhưng trị số nhỏ hơn nhiều so với ứng suất kéo cho phép; ứng suất nén lớn nhất ở hạ lưu có trị số nhỏ hơn nhiều so với ứng suất nén cho phép, đập đảm bảo an toàn.

4.2.3. So sánh với mặt cắt thực tế đã xây dựng

Từ các kết quả nêu trên cho thấy mặt cắt hợp lý đề xuất trên hình 4 đảm bảo điều kiện ổn định và điều kiện bền theo cả tiêu chuẩn Việt Nam và Mỹ.

So với mặt cắt đã xây dựng trên hình 3 thì mặt cắt đề xuất trong nghiên cứu này tuy có bề rộng đáy lớn hơn, nhưng lại có diện tích mặt cắt nhỏ hơn, cụ thể: $F_{\text{hình 4}} = 7686,32\text{m}^2 < F_{\text{hình 3}} = 8313,62\text{m}^2$. Với đập có chiều dài lớn như đập Sơn La thì khối lượng bê tông tiết kiệm được là rất đáng kể, cụ thể khối lượng đập giảm được

khoảng 7,5%. Vì vậy có thể kết luận, mặt cắt đập Sơn La như đề xuất trên hình 4 là hợp lý.

5. KẾT LUẬN

1) Quy trình tính toán nêu ở mục 3.5 cho phép chọn được mặt cắt hợp lý của đập bê tông trên nền đá và xây dựng trong vùng có động đất, đảm bảo điều kiện ổn định, độ bền và kinh tế. Nó cho phép khắc phục được một số tồn tại trong phương pháp tính truyền thống là chưa quy định kiểm tra độ bền tại các lát cắt và xét đến động đất ngay trong bước tính toán mặt cắt cơ bản.

2) Các thông số mặt cắt đập bê tông trên bảng 7 có thể tham khảo khi thiết kế đập để giảm bớt khối lượng tính toán trong giai đoạn đầu của thiết kế.

3) Áp dụng tính toán cho đập Sơn La đã xác định được mặt cắt hợp lý như trên hình 4. Mặt cắt này có diện tích giảm 7,5% so với mặt cắt đập thực tế đã xây dựng (hình 3).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Nông nghiệp và PTNT (2004). *Sổ tay kỹ thuật thủy lợi, phần 2, tập 2: Đập bê tông và bê tông cốt thép; công trình tháo lũ*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
- Ngô Trí Viêng, Nguyễn Chiến, Nguyễn Văn Mạo, Nguyễn Văn Hạnh, Nguyễn Cảnh Thái (2004). *Giáo trình Thủy công tập I*, NXB Xây dựng Hà Nội.
- Công ty Tư vấn xây dựng Điện 1 (2004). *Nghiên cứu ổn định và độ bền công trình. Hồ sơ thiết kế kỹ thuật giai đoạn 1 công trình thủy điện Sơn La*, Hà Nội.
- TCXDVN 315:2005 - Tiêu chuẩn quốc gia: *Công trình thủy điện Sơn La. Các quy định chủ yếu về an toàn và ổn định công trình*.
- QCVN 04-05:2012/BNNT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia: *Công trình thủy lợi - Các quy định chủ yếu về thiết kế*.
- TCVN 9137:2012 - Tiêu chuẩn quốc gia (2012): *Công trình thủy lợi - Thiết kế đập bê tông và bê tông cốt thép*.
- EM1110-2-2200-USA-Department of the Army US Army Corps of Engineers (1995). *Gravity dam design*.
- Nguyễn Duy Hưng (2014). *Nghiên cứu xác định mặt cắt hợp lý của đập bê tông trọng lực xây dựng trong vùng có động đất*. Luận văn thạc sĩ, trường Đại học Thủy lợi.

Abstract:

THE RATIONAL SECTION OF GRAVITY CONCRETE DAM CONSTRUCTED IN SEISMIC ZONE

Finding rational sections in gravity concrete dam is relevant to both mechanical and economical aspects. This paper introduces the method to find appropriate sections of dam constructed in seismic zone and the results from the research of finding the parameter for those sections for dam with different height. The study is applied to Son La dam and its rational section has a polygonal form with 7,5% reduction in section's area compared to the constructed one. The results in this research can be used as reference in designing gravity concrete dam with rock foundation in seismic zone.

Key words: gravity concrete dam, seismic, rational section, stability, stress.

BBT nhận bài: 17/6/2015

Phản biện xong: 07/9/2015