NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP KHẮC PHỤC HIỆN TƯỢNG TÁCH DÒNG VÀ GIẢM ÁP CỤC BỘ TRẦN CỐNG XẢ SÂU – CÔNG TRÌNH HỒ CHỨA NƯỚC BẢN MÒNG – TỈNH SƠN LA

TS. Nguyễn Ngọc Nam
Phòng Thí nghiệm Trọng điểm quốc gia về Động lực học sông biển

Tóm tắt: *Bài báo này, trình bày các kết quả nghiên cứu về giải pháp khắc phục hiện tượng tách dòng và giảm áp cục bộ trần cống xả sâu (cống xả hạ lưu) - công trình hồ chứa nước Bản Mòng - tỉnh Sơn La. Trong nghiên cứu đã sử dụng phương pháp mô hình vật lý truyền thống. Do tính chất thực nghiệm, phương pháp nghiên cứu ở được tiến hành theo cách tiệm cận dần. Các giải pháp công trình đã đề xuất là khả thi về kỹ thuật, cho kết quả tốt về mặt thủy lực công trình và đã được áp dụng vào bản vẽ thi công.*

Summary: *This paper, presents the research results about solutions to correct the flow separation phenomena and partial pressure reducing at the ceiling of deep outlet (downstream outlet) - the reservoir works Ban Mong - Son La province. In the research used traditional physical models methods. Due to the nature of empirical research methodology in this work is conducted in accordance with the asymptotic order. The proposed solutions is technically feasible, with good results in terms of hydraulic works and has been applied in construction drawings.*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chế độ dòng chảy qua cống xả sâu ở các công trình hồ chứa nước thường có áp. Mặt cắt ngang thiết kế của cống có thể chọn dạng tròn, chữ nhật, hình móng ngựa hoặc kết hợp vòm tròn với đáy và thành cống là một phần hình chữ nhật hay hình vuông.v.v. Các tài liệu trước đây đã nghiên cứu về cống xả sâu đều lưu ý: đối với công trình tháo nước có dạng mặt cắt vuông, khi tháo nước dễ phát sinh áp suất âm lớn ở trần cống. Với dạng cống hộp, người ta thường khuyến cáo nên chọn dạng mặt cắt dạng chữ nhật cho cống xả sâu [1],[3].

Ngoài ra, cửa vào cống (*xét cả phương đứng và phương ngang*) nếu được thiết kế hợp lý thì sẽ thuận dòng, không phát sinh áp suất âm ở trần cống. Đối với những cống xả sâu của công trình hồ chứa nước mà có nhiều đoạn cong chuyển tiếp thì sẽ có khả năng phát sinh hiện tượng tách dòng trong thân cống.

Do đó, hai nhiệm vụ quan trọng hàng đầu trong công tác thí nghiệm đặt ra đối với công trình tháo nước dạng cống xả sâu là phải có giải pháp khắc phục hiện tượng tách dòng và giảm áp cục bộ trần cống.

Dưới đây sẽ trình bày một số kết quả nghiên cứu chính về giải pháp khắc phục các hiện tượng nói trên khi thí nghiệm cống xả sâu (*cống xả hạ lưu*) công trình hồ chứa nước Bản Mòng - tỉnh Sơn La.

II. PHƯƠNG PHÁP THÍ NGHIỆM

2.1. Thiết kế mô hình thí nghiệm:

2.1.1. Nguyên tắc thiết kế mô hình thí nghiệm:

Để đạt được kết quả tốt về thí nghiệm mô hình nhằm giải quyết các nội dung trên, chúng tôi đã sử dụng phương pháp kết hợp nghiên cứu lý luận và thực nghiệm trên mô hình.

Đối với công trình xả sâu, dòng chảy qua cống xả sâu là dòng chảy có áp. Khi đó lực tác dụng vào dòng chảy chủ yếu là áp lực (*tiêu chuẩn Eu*) và lực ma sát (*tiêu chuẩn Re*) nên có thể viết được phương trình tiêu chuẩn đồng dạng [2].

$$Eu = f(\mathrm{Re}, \varepsilon_1, \varepsilon_2, ..., \varepsilon_n) \qquad (1\text{-}1)$$

Trong đó:

$$Eu = \frac{gh_p}{v^2}\ ; \mathrm{Re} = \frac{vl}{v};\ \ h_p = \frac{p}{\gamma} \qquad (1\text{-}2)$$

h_p là chiều cao cột nước áp suất.

Các thông số không thứ nguyên $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots\varepsilon_n$ biểu diễn các quan hệ hình học của dòng chảy như các tỷ lệ: $\frac{r}{h};\frac{H}{h_t};\frac{b}{h_t};\frac{B_1}{b};\frac{B_2}{b}$

Về nguyên tắc: đối với dòng chảy có áp, tiêu chuẩn tương tự chính là tiêu chuẩn Reynolds (Re):

$$\mathrm{Re} = \frac{VL}{v} = idem \quad \text{hay} \left(\frac{VL}{v}\right)_m = \left(\frac{VL}{v}\right)_n \qquad (1\text{-}3)$$

Khi xây dựng nếu đảm bảo cho dòng chảy ở khu bình phương sức cản thì sẽ thỏa mãn điều kiện tự động mô hình. Tức là lúc này, trị số Re trên mô hình đủ lớn, vượt qua được giá trị giới hạn Re_{gh}. Lúc này, có thể bỏ qua lực nhớt so với áp lực và áp dụng được tiêu chuẩn Froude cho đối tượng này. Trị số Re_{gh} xác định theo công thức (1-4) sau:

$$\mathrm{Re}_{gh} = \frac{14R_m}{k_m\sqrt{\varepsilon_m}} \qquad (1\text{-}4)$$

Trong đó R_m, k_m, ε_m lần lượt là bán kính thuỷ lực, độ nhám và hệ số sức cản ma sát trên mô hình.

Trong thực tế, tùy thuộc điều kiện cụ thể công trình, người ta vẫn sử dụng tiêu chuẩn Froude để nghiên cứu mô hình các hiện tượng thuỷ lực ở dòng chảy có áp. Thông thường khi $Re_{gh} \geq 10^4 \div 10^5$ thì khi ấy có thể áp dụng tiêu chuẩn Froude cho đối tượng này. Khi đó tiêu chuẩn (1-3) không còn hiệu lực vì dòng chảy đã ở trạng thái tự động mô hình.

2.1.2. Thiết kế mô hình thí nghiệm với cống xả sâu của công trình hồ chứa nước Bản Mòng:

Đối với công trình Bản Mòng chọn mô hình chính thái và cũng áp dụng tiêu chuẩn Froude sau đó kiểm tra theo điều kiện tiêu chuẩn Reynolds ;

Với mô hình cống xả sâu Bản Mòng, các tỷ lệ đã chọn cho thí nghiệm là $\lambda_L = 30$ đều đảm bảo cho điều kiện dòng chảy ở trạng thái tự động mô hình đồng thời đảm bảo điều kiện làm việc bình thường cho bố trí các thiết bị đo ở mọi vị trí.

Để kiểm tra điều kiện tự động mô hình, chúng tôi tính toán với trường hợp bất lợi nhất $(Q, H)_{min}$ trên các mô hình:

Đường kính tương đương

$$d = 2\sqrt{\frac{\omega}{\pi}} = m \ \text{và}\ \mathrm{Re}_m = \frac{V_m d}{\nu} = \frac{Vd}{\lambda_l\sqrt{\lambda_l}.\nu} \qquad (1\text{-}5)$$

Các giới hạn về độ sâu, vận tốc và chế độ chảy phải được đảm bảo.

2.2. Bố trí đo đạc và thiết bị đo:

Để phát hiện được các vấn đề liên quan đến áp suất dòng chảy tạo nên áp lực bất lợi tác dụng vào cống, dọc theo thân cống nên bố trí điểm đo giá trị áp suất, trong đó bố trí các điểm đo dọc theo trần cống, dọc theo trần cống, dọc theo đáy cống, ở thành trái cống và ở thành phải cống

Để phát hiện được các vấn đề liên quan đến hiện tượng tách dòng chảy trong thân cống, khi chế tạo cống nên làm bằng kính trong suốt để dễ quan sát. Ngoài ra, khi bố trí các điểm đo dọc theo đáy cống, thành cống, trần cống phải lưu ý bố trí ống đo (*kết hợp với quan sát qua kính trong suốt*) tại một số vị trí quan trọng (*các vị trí nằm xung quanh điểm uốn của tim cống : xét cả trên phương đứng và phương ngang*) để có thể phát hiện các vị trí tách dòng và có biện pháp xử lý thích hợp.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU CỐNG XẢ SÂU BẢN MÒNG

3.1. Giới thiệu về công trình

3.1.1.Nhiệm vụ của dự án:

Hồ chứa nước Bản Mòng, Tỉnh Sơn La được xây dựng tại bản Nà Póng, xã Hủa La, thành phố Sơn La có nhiệm vụ :

- Điều tiết với khả năng tối đa nhằm cắt, giảm lũ cho Thành phố Sơn La. Cụ thể giảm lũ cho thành phố Sơn La với tần suất chống lũ P=5%. Tương ứng với mực nước tại cầu trắng +595,19m, thấp hơn đáy dầm cầu Trắng 1.21m.

- Cấp nước tưới tự chảy cho 263ha đất nông nghiệp ven suối Nậm La.

- Tạo nguồn cấp nước tưới ẩm cho 947ha đất nông nghiệp.

- Tạo nguồn cấp nước sinh hoạt, phục vụ sản xuất công nghiệp cho thành phố Sơn La với lưu lượng đảm bảo 27 500m^3/ngày đêm.

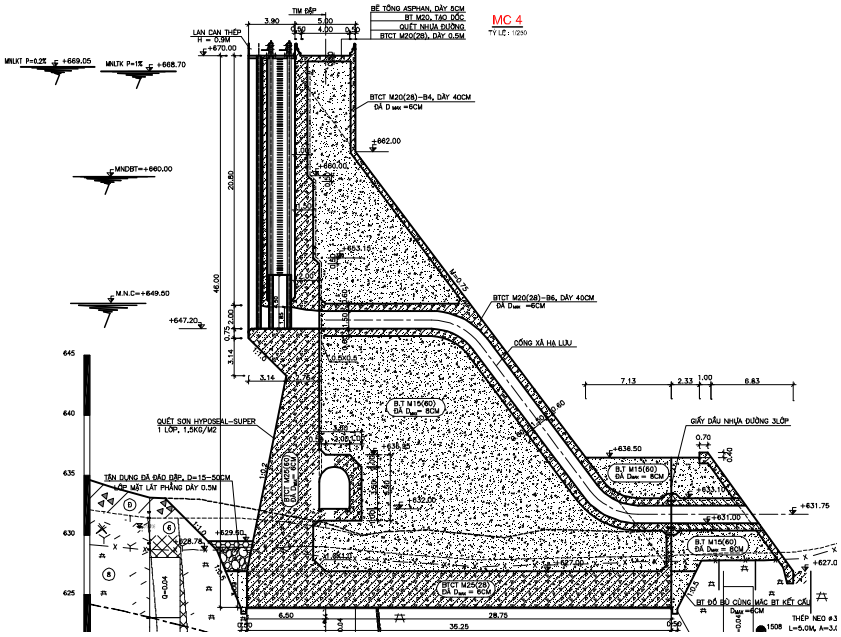
- Xả nước về hạ lưu để đảm bảo môi trường sinh thái: lưu lượng về mùa kiệt đảm bảo 0,4 m^3/s.

- Hình thành điểm du lịch gắn với suối nước nóng Bản Mòng.

3.1.2. Một số thông số kỹ thuật cơ bản của công trình

TT	Thông số	Ký hiệu	Đơn vị	Thông số kỹ thuật
1	**Hồ chứa nước**			
-	Mực nước ứng với dung tích cấp nước (mực nước dâng bình thường)	MNDBT	m	+660,00
-	Mực nước lũ kiểm tra (P=0,2%)	MNLKT	m	+669,05
-	Mực nước lũ thiết kế (P=1%)	MNLTK	m	+668,70
	Mực nước trước lũ	MNTL	m	+660,00
-	Mực nước phòng lũ (P=5%)	MNL5%	m	+668,69
-	Mực nước chết	Z_c	m	+649,50
2	***Cống xả hạ lưu (Cống xả sâu)***			
-	Lưu lượng thiết kế (nhiệm vụ tưới)	Q_{tk}	m^3/s	0,97
-	Cao trình ngưỡng cống	Z_{ngc}	m	+647,20
-	Cao trình ngưỡng cửa ra cống	Z_{ngc}	m	+631,00
-	Kích thước cống	BxH	m	1,5x1,5
-	Cửa van điều khiển ở thượng lưu			Cửa van phẳng

Như vậy, cống xả hạ lưu là dạng cống xả sâu, khi ở mực nước phòng lũ hoặc mực nước thiết kế, cột nước làm việc của cống là khoảng 20m. Chênh lệch mực nước thượng lưu với cửa ra của cống từ 30,0m ÷37,5m.



Hình 1 : Cống xả hạ lưu – phương án thiết kế

Hình 2: Bố trí các ống đo áp suất và ống kiểm tra hiện tượng tách dòng trên mô hình cống xả hạ lưu – Phương án thiết kế, phương án sửa đổi1

3.1.3. Các cấp lưu lượng thí nghiệm với tuyến cống xả hạ lưu :

Để đảm bảo an toàn cho cống xả và hạ lưu, đối với các trường hợp thí nghiệm tuyến cống xả hạ lưu, nghiên cứu xả qua cống với các cấp lưu lượng và mực nước như sau :

– Ứng với mực nước lũ thiết kế p=1% (+668,70)

– Mực nước hồ tại mực nước dâng bình thường MNDBT (+660,00).

– Mực nước hồ tại cao trình dùng để đón lũ khi cần thiết MNTL (+655,40).

3.2. Các vấn đề cần giải quyết qua công tác thí nghiệm mô hình thủy lực:

3.2.1. Hiện tượng giảm áp cục bộ trần cống và cửa vào

Khi nghiên cứu tài liệu thiết kế công trình, chúng tôi nhận thấy: cống xả sâu công trình hồ chứa nước Bản Mòng là cống xả có áp và mặt cắt cống dạng hình vuông. Đây là công trình tháo nước có dạng mặt cắt mà khi tháo nước dễ phát sinh áp suất âm lớn ở trần cống.

Để phát hiện được các vấn đề liên quan đến áp suất dòng chảy tạo nên áp lực bất lợi tác dụng vào cống, dọc theo thân cống đã bố trí tổng cộng 31 điểm đo giá trị áp suất và ống kiểm tra hiện tượng tách dòng *(xem hình 2)*, trong đó:

- 15 điểm dọc theo trần cống
- 10 điểm dọc theo đáy cống
- 3 điểm ở thành trái
- 3 điểm ở thành phải

Đúng như dự báo, ứng với 3 chế độ mực nước hồ như trên, khi tháo nước qua cống, đã tiến hành công tác đo đạc. Từ số liệu đo cho thấy trần cửa vào tại góc đường ống cống tồn tại áp suất âm, giá trị áp suất âm vượt quá ngưỡng cho phép ($p_{cp} = -3mH_2O$); tại đoạn uốn cong thứ nhất cũng tồn tại áp suất âm vượt quá ngưỡng cho phép; trên đoạn cống dốc xiên xuống theo mặt đập bê tông trong lực cũng tồn tại áp suất âm, giá trị áp suất âm đạt -4.44m$H_2$0.

3.2.2. Hiện tượng tách dòng trong thân cống

- Khi nghiên cứu tài liệu thiết kế công trình,

chúng tôi nhận thấy: cống xả sâu công trình hồ chứa nước Bản Mòng có nhiều đoạn cong chuyển tiếp.

- Để kiểm tra khả năng tách dòng trong thân cống, chúng tôi đã bố trí ống đo kiểm tra *(xem hình 2)* tại một số vị trí quan trọng (*các vị trí nằm xung quanh điểm uốn của tim cống: xét cả trên phương đứng và phương ngang*).

- Khi thí nghiệm, trước tiên cần xử lý cho đầy nước vào cống để nước trong cống và ống đo ở chế độ bình thông nhau. Sau đó, tháo nước qua cống, chúng tôi phát hiện thấy đa số các trường hợp mở cống tại vị trí uốn cong thứ nhất đều xảy ra hiện tượng tách dòng.

- Do vậy, việc bố trí các điểm đo dọc theo đáy cống, thành cống, trần cống tại một số vị trí quan trọng giúp cho phát hiện các vị trí tách dòng để có biện pháp xử lý thích hợp.

3.3. Kết quả nghiên cứu

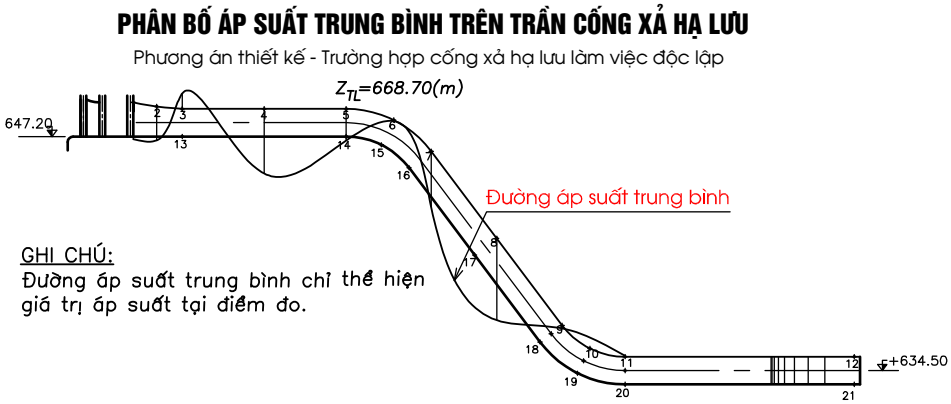
3.3.1. Phương án thiết kế ban đầu:

Qua thí nghiệm thấy rằng:

- Dạng mặt cắt cống này cửa vào chưa thuận

- Thân cống nhiều đoạn tồn tại áp suất âm lớn vượt quá giá trị áp suất âm cho phép.

- Trong cống khi xả nước luôn kéo dòng khí đi vào cống; dễ gây ra rung động.



Điểm đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cao trình (m)	649.05	648.83	648.70	648.70	648.70	648.09	646.40	641.68	636.95	635.70	635.25	635.25
Cao trình MN ống đo áp(m)	647.05	646.99	649.54	645.19	646.99	648.04	643.39	637.24	636.79		635.29	
áp suất Dư (mH_2O)	−2.00	−1.84	0.84	−3.51	−1.71	−0.05	−3.01	−4.44	−0.16		0.04	

Hình 3: Kết quả đo áp suất trần cống từ đoạn sau cửa vào theo phương án thiết kế

Để khắc phục các bất lợi trên, chúng tôi tiến hành 3 lần sửa đổi:

3.3.2. Phương án sửa đổi 1

Phương án sửa đổi 1 về cống xả hạ lưu có các thay đổi cơ bản về cống như sau:

- Dịch chuyển tuyến tim cống vào gần vai tràn : tim cống cách tim dọc tràn 14.6m.

- Lắp ống thông khí vào buồng van.

- Kích thước mặt cắt cống như Phương án thiết kế (*không thay đổi theo kiến nghị của cơ quan thí nghiệm*).

Sau khi gia công chế tạo cống theo phương án sửa đổi lắp vào đúng tuyến tiến hành mở nước để kiểm tra; qua kiểm tra trên mô hình không bị rò rỉ thì lắp thiết bị ống đo áp vào, định vị lại tuyến và mặt cắt đo đạc. Sau đó mới tiến hành mở nước kiểm nghiệm lại lần thức hai để kiểm tra.

Thí nghiệm kiểm định mô hình cho thấy mô hình đảm bảo điều kiện để tiến hành thí nghiệm chính thức.

Kết quả thí nghiệm phương án sửa đổi 1 cho thấy:

- Trong cống tồn tại hiện tượng tách dòng với các trường hợp tháo nước khi mực nước hồ nhỏ hơn cao trình 660.00m.

- Áp suất âm ở trong cống xả vượt quá mức cho phép cần tiếp tục nghiên cứu sửa đổi.

- Đối với cống xả khả năng tháo của Phương án sửa đổi 1 làm khả năng tháo của cống xả hạ lưu tăng thêm từ 2÷4 m3/s so với phương án thiết kế, song điều này không quan trọng mà vấn đề chủ yếu là không sinh ra khí thực xâm hại công trình ảnh hưởng đến an toàn trong thân đập vì cống là công trình vĩnh cửu nằm trong thân đập. Vì vậy, cần tiếp tục sửa đổi để hoàn thiện.

3.3.3. Phương án sửa đổi 2

Phương án sửa đổi 2 về cống xả hạ lưu có các thay đổi cơ bản về cống như sau:

- Trần miệng cửa vào được thiết kế theo dạng đường cong e-lip có phương trình:

$$\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1 \qquad (8\text{-}1)$$

$$\frac{a}{b}=3 \qquad (8\text{-}2)$$

Lấy a= 5.19m, b= 1.73m

- Miệng vào 2 thành bên lượn tròn theo R= 0.75m

- Mặt cắt cống đổi thành dạng chữ nhật có kích thước: h x b = 1.8m x1.5m.

- Sửa bán kính cong đoạn thứ nhất R = 5m thành R = 8B = 8 x 1.5 = 12m. Vì cống có đoạn dốc chuyển xuống theo mái thân đập nên đoạn cong chuyển tiếp kiến nghị chọn bán kính cong hợp **R = 8B=12m** (*B là khẩu độ cống*)**.**

- Sau đoạn cong chuyển tiếp thứ 2 thực hiện thu hẹp để đỉnh ống tạo ra độ dốc thu nhỏ từ h = 1.8m xuống đến miệng cửa ra h = 1.5m.

Kết quả thí nghiệm phương án sửa đổi 2 cho thấy:

- Sau khi tiến hành phương án sửa đổi 2, cơ bản trong thân cống, hiện tượng áp suất âm đã giảm đáng kể. Tuy nhiên, một số vị trí vẫn còn hiện tượng giảm áp lớn dẫn đến giá trị áp suất vượt quá giá trị áp suất âm cho phép. Do vậy, nhóm nghiên cứu thí nghiệm tiếp tục đưa ra phương án sửa đổi 3.

3.3.4. Phương án sửa đổi 3 (kiến nghị đưa vào bản vẽ thi công):

- Kế thừa phương án sửa đổi 2, sau đoạn cong chuyển tiếp thứ 2 thực hiện thu hẹp để đỉnh cống tạo ra độ dốc thu nhỏ từ h = 1.8m xuống đến miệng cửa ra h = 1.26m (*thu hẹp 70% chiều cao cống*).

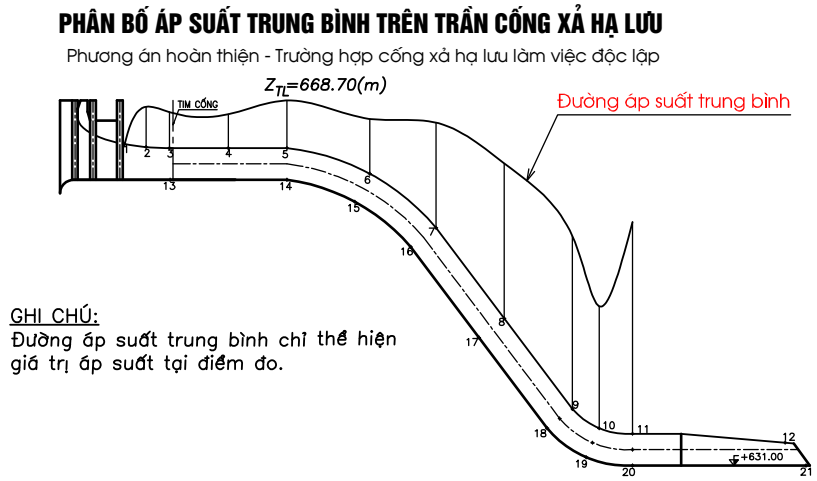
Với phương án sửa đổi 3, dọc theo chiều dài trong thân cống, hiện tượng giảm áp đã được xử lý tương đối thỏa đáng. Các trường hợp tháo nước khi mực nước hồ không lớn thì có một vài vị trí có áp suất âm nhỏ so với giá trị áp suất âm cho phép. Với 3 mực nước thực hiện xả nước qua cống cho kết quả như sau:

– Khi $Z_{hồ}$ = 668.70m thì $Q_{xả}$ đạt 41m^3/s không có áp suất âm.

– Khi $Z_{hồ}$ = 660.00m thì $Q_{xả}$ đạt 35m^3/s cục bộ có áp suất âm rất nhỏ.

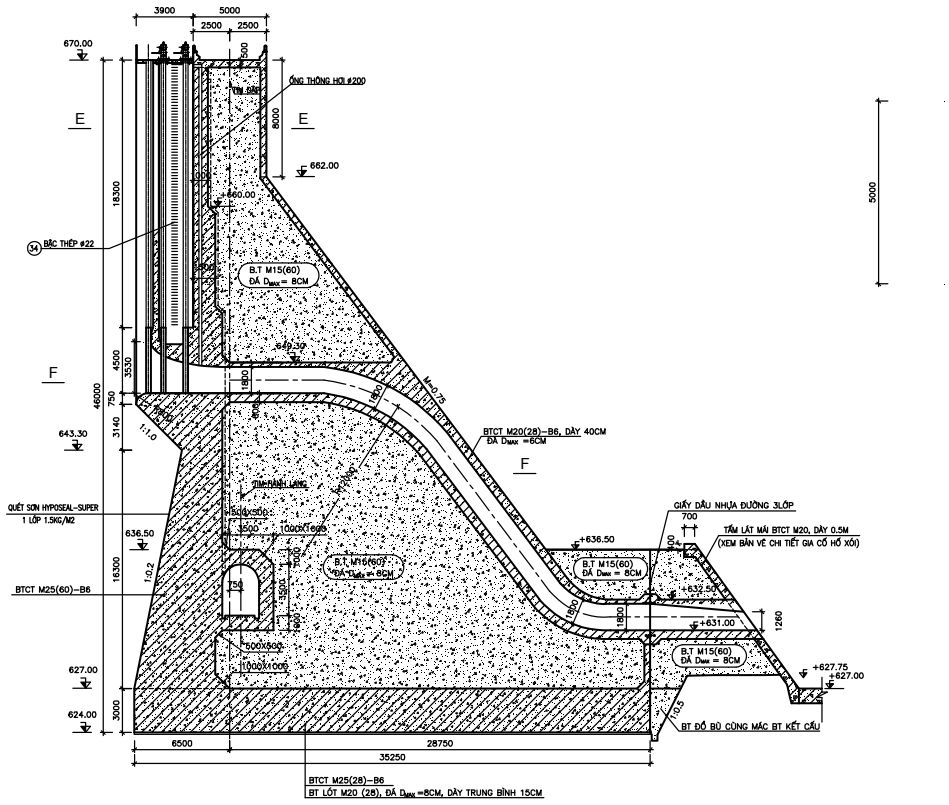
– Khi $Z_{hồ}$ = 655.40m thì $Q_{xả}$ đạt 31m^3/s hiện tượng áp suất âm tăng lên.

Căn cứ vào kết quả thí nghiệm với 3 mực nước khác nhau cho thấy, khi mực nước hồ thấp hơn cao trình đỉnh tràn (*+660.00m*) mà xả nước qua cống xuất hiện áp suất âm. Nguyên nhân là do mực nước trong buồng van khi đó hạ thấp hở khe van, nên khi xả nước qua cống hút khí qua khe van đưa vào trong cống. Với mực nước hồ trên 655.40m, thì khi xả nước qua cống, áp suất âm trong trần cống vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Vì vậy, trong quản lý, vận hành cống nên hạn chế mở nước khi mực nước hồ thấp dưới cao trình 655.4m để tránh khả năng sinh áp suất âm trong trần cống vượt quá ngưỡng cho phép.



Điểm đo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cao trình (m)	649.23	649.06	649.00	649.00	645.88	647.54	644.48	639.34	634.20	633.11	632.80	632.30
Cao trình MN ống đo áp(m)	649.29	651.34	651.04	650.92	651.70	650.65	650.44	648.13	643.99	640.03	644.80	
áp suất Dư (mH_2O)	−0.14	2.28	2.04	1.92	2.70	3.11	5.96	8.79	9.79	6.92	12.00	

Hình 4: Kết quả đo áp suất trần cống theo phương án thiết kế



Hình 5: Cắt dọc cống xả theo phương án kiến nghị áp dụng vào bản vẽ thi công

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1 Kết luận

Nghiên cứu thực nghiệm mô hình thủy lực cống xả sâu – công trình Hồ chứa nước Bản Mòng - tỉnh Sơn La đã giải quyết được hai vấn đề thủy lực phức tạp đối với công trình này là: sự giảm áp cục bộ tại cửa vào, trên trần cống và sự tách dòng trong thân cống. Đây là những vấn đề thủy lực mà nếu không được xử lý thỏa đáng sẽ có ảnh hưởng tới an toàn, tuổi thọ công trình.

Các giải pháp đã đề xuất là: thay đổi mặt cắt ngang của cống cho hợp lý hơn, thay đổi đường viền cửa vào cho thuận dòng chảy, thay đổi tuyến cống (*cả theo phương đứng cũng như phương ngang*), thu hẹp chiều cao của cửa ra cống.v.v. Các giải pháp này khả thi về kỹ thuật, qua thí nghiệm kiểm chứng cho kết quả tốt về mặt thủy lực công trình và áp dụng được vào bản vẽ thi công xây dựng công trình.

4.2 Khuyến nghị

Cần lắp ống thông khí sau cửa van phẳng của cống xả chỉ mở nắp (*hoặc van cấp khí*) khi vận hành đóng mở, sau khi mở xong cần lưu ý đóng nắp thông khí lại để tránh đưa khí vào ống cống gây áp suất âm.

Trong vận hành, nên hạn chế xả nước qua cống khi mực nước hồ thấp hơn cao trình 655.40m. Khuyến nghị với các trường hợp xả từ mực nước hồ 660.00m trở xuống, nên có nắp đậy kín buồng van và lỗ thông khí để giảm lượng khí hút qua khe van và lỗ thông khí đưa vào trong thân cống.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Nguyễn Văn Cung, Nguyễn Văn Đặng, Ngô Trí Viềng - Công trình tháo lũ trong đầu mối hệ thống thuỷ lợi. NXB Khoa học và kỹ thuật. Hà nội, năm 1977.

[2]. P.G. Kixelep và các tác giả khác – Sổ tay Thủy lực (*Bản dịch tiếng Việt*). NXB "Cầu vồng" - Matxcova, năm 1988.

[3]. Quy phạm thiết kế của Trung Quốc (*Sổ tay thiết kế thủy công tập 6 trang: 6-259*)