

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH VẬT LÝ LỰA CHỌN KẾT CẤU HỢP LÝ ĐẢM BẢO KHẢ NĂNG THOÁT LŨ CHO TRÀN XẢ LŨ HỒ CHỨA NƯỚC CAO NGÔI

Nguyễn Tiến Hải, Lê Văn Nghị, Đặng Thị Hồng Huệ,
Lê Tiên Trọng, Ngô Quang Hồng Sơn, Lê Thu Hường
Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về Động lực học sông biển

Tóm tắt: Hồ chứa nước Cao Ngồi, tỉnh Tuyên Quang là công trình cấp II đầu tư xây dựng đa mục tiêu bao gồm cấp nước tưới, cấp nước sinh hoạt, phòng chống cháy rừng và cải tạo môi trường sinh thái. Tràn Cao Ngồi có dạng piano được đặt trên đập cao phía trước không có thêm kênh dẫn nước phía thượng lưu là một trong những công trình ít gặp. Việc tính toán xác định khả năng tháo của tràn piano ảnh hưởng bởi nhiều biến số (cột nước, chiều rộng tràn, hình dạng, cao trình ngưỡng tràn ...), việc áp dụng các công thức xác định khả năng tháo cho kết quả không phù hợp như tính toán với dạng tràn piano tiêu chuẩn.

Bài báo trình bày tóm tắt kết quả thí nghiệm cứu lựa chọn hình thức, kết cấu và kích thước tràn xả lũ đảm bảo khả năng thoát lũ theo yêu cầu.

Từ khóa: Tràn Cao Ngồi, piano.

Summary: Cao Ngoi Reservoir, Tuyen Quang province is a level II project with multi-purpose construction investment including irrigation water supply, domestic water supply, forest fire prevention and ecological environment improvement.

Cao Ngoi Spillway has a piano shape and placed on a high stepped dam in front without a water channel upstream. It is one of the rare structures. The calculation to determine the discharge capacity of a piano spillway is affected by many variables (water column, spillway width, shape, spillway threshold elevation...), applying the formulas to determine the discharge capacity gives the result that are not as consistent as calculated with the standard piano overflow form.

The article is presented a summary of the results of experiments to select the form, structure and size of the flood discharge spillway to ensure the required flood drainage ability.

Keywords: Cao Ngoi Spillway, piano.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tràn xả lũ Cao Ngồi được xây dựng trên địa phận thôn Cao Ngồi, xã Đông Lợi, huyện Sơn Dương, tỉnh Tuyên Quang với nhiệm vụ chính: Cấp nước tưới ổn định cho khoảng 140 ha đất canh tác, gồm: 120 ha lúa (hiện trạng); phát triển 20 ha hoa màu và cây ăn quả, tạo nguồn cấp nước sinh hoạt cho 52.000 người dân của các xã vùng dự án, góp phần phòng chống cháy rừng và cải tạo môi trường sinh thái.

Tràn xả lũ Cao Ngồi là công trình cấp II, được bố trí ở giữa lòng sông, khoảng giữa đập chính. Chiều cao đập lớn nhất là 30,30m, chiều dài đập không tràn là 126,00m, cao trình đỉnh đập là +133,10m. Tràn xả lũ có hình thức là tràn tự do dạng phím Piano, kết cấu lệch về phía thượng lưu (TCVN phân loại dạng phím ký hiệu là PK1), tiêu năng bằng dốc có dạng bậc với độ dốc lớn và bề tiêu năng. Quy mô và các thông số công trình tràn xả lũ thiết kế như sau:

- Lưu lượng xả lũ thiết kế ($P=1\%$): $Q_{tk} = 229\text{m}^3/\text{s}$; Lưu lượng xả lũ kiểm tra ($P=0,2\%$): $Q_{ktr} = 307\text{m}^3/\text{s}$; Lưu lượng xả lũ vượt kiểm tra ($P=0,1\%$): $Q_{vkt} = 341\text{m}^3/\text{s}$.

Ngày nhận bài: 25/9/2023

Ngày thông qua phản biện: 26/10/2023

Ngày duyệt đăng: 08/11/2023

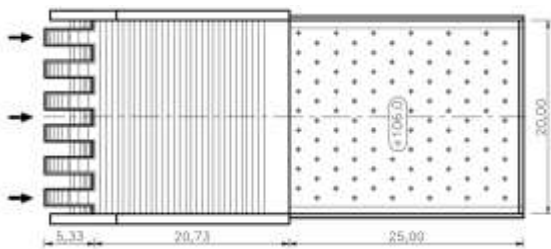
- Cột nước thiết kế: $H_{tk} = 1,33\text{m}$; Cột nước kiểm tra: $H_{kt} = 1,75\text{m}$.

- Cao trình ngưỡng tràn: $\nabla_{ngưỡng} = +130,50\text{m}$

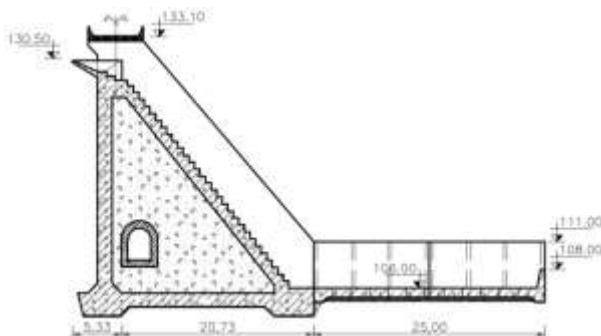
- Chiều rộng tràn $B_{tr} = 20\text{m}$

Trong tính toán thiết kế công trình xác định đúng khả năng thoát lũ của công trình tràn xả lũ là vấn đề rất quan trọng, quyết định đến quy mô công trình. Đối với tràn Cao Ngõi là dạng piano được đặt trên đập cao phía trước không có thêm kênh dẫn nước phía thượng lưu là một trong những công trình ít gặp. Mặt khác tràn Cao Ngõi được đặt trên địa hình lòng sông hẹp và quanh co, việc tính toán xác định khả năng tháo của tràn ảnh hưởng bởi nhiều biến số với công trình như cột nước, chiều rộng tràn, hình dạng, cao trình ngưỡng tràn ... còn nhiều bất cập khi lựa chọn các hệ số, ngoài ra còn ảnh hưởng bởi yếu tố địa hình, dòng chảy thượng lưu đập. Do đó thí nghiệm mô hình thủy lực để kiểm chứng xác định khả năng tháo cho công trình là cần thiết nhằm đảm bảo nhiệm vụ xả lũ, đảm bảo an toàn khi công trình đi vào hoạt động.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu lựa chọn hình thức kết cấu và kích thước tràn đảm bảo khả năng tháo đáp ứng yêu cầu thoát lũ cho công trình trên mô hình vật lý.



Hình 1: Mặt bằng tràn piano – Phương án thiết kế (PATK)



Hình 2: Cắt dọc tràn piano – phương án thiết kế

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Nghiên cứu lựa chọn hình thức kết cấu và kích thước tràn xả lũ hồ chứa nước Cao Ngõi sử dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý kết hợp kiểm chứng kết quả tính toán.

2.1. Thiết kế và xây dựng mô hình

- Tiêu chuẩn tương tự: Mô hình thủy lực tràn xả lũ Cao Ngõi được thiết kế theo tiêu chuẩn Froude.

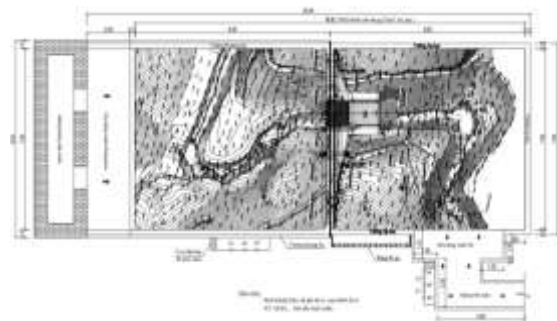
- Loại mô hình và tỷ lệ mô hình : Mô hình được xây dựng là mô hình tổng thể chính thái lòng cứng, tỷ lệ 1/20.

- Phạm vi mô phỏng thực tế: Tổng chiều dài 360m, chiều rộng 150m, chiều cao mô phỏng 35m, với mô hình tỷ lệ 1/20 mô hình được xây dựng với kích thước $L \times B \times H = (20,00 \times 7,50 \times 1,80)\text{m}$

- Mô hình thỏa mãn các điều kiện theo TCVN 8214:2009 và điều kiện làm việc tương tự với nguyên hình về thủy động lực học và tương tự về sức cản cục bộ và sức cản dọc đường $(Re_{min})_{mh} = 69014 \geq Re_{gh} = (5.000 \div 6.000)$



Ảnh 1: Mô hình tràn xả lũ Cao Ngõi – phương án thiết kế



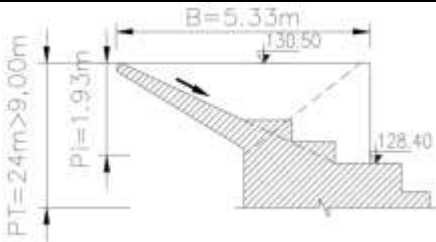
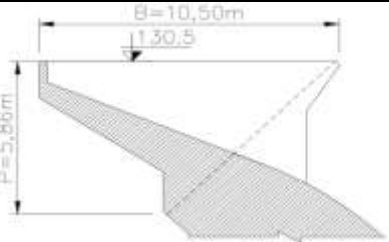
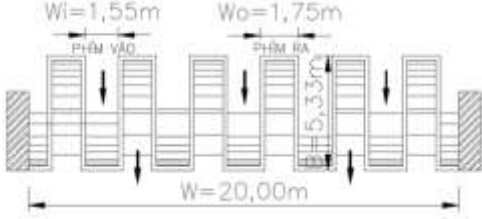
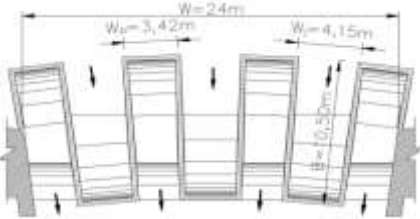
Hình 3: Mặt bằng bố trí tổng thể mô hình vật lý tràn xả lũ Cao Ngõi

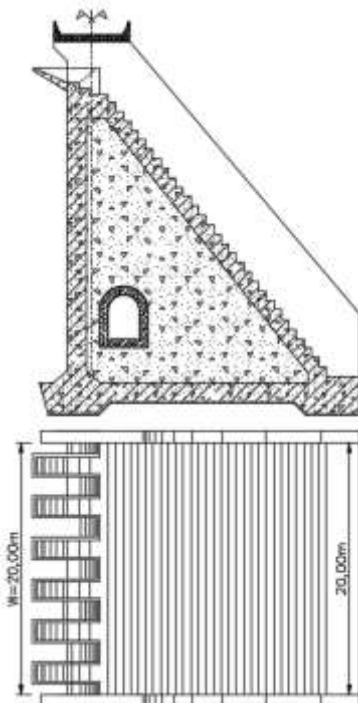
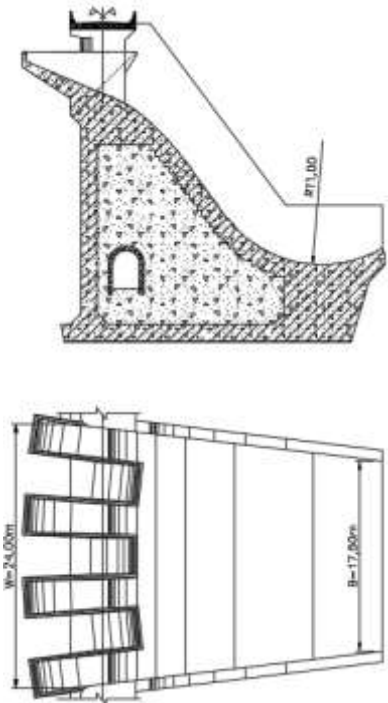
2.2. Các phương án thí nghiệm

Mô hình được thí nghiệm với 02 phương án:

phương án thiết kế, phương án sửa đổi. Hình thức và kết cấu các phương án thí nghiệm như Bảng 1.

Bảng 1: Hình thức và kết cấu tràn theo 2 phương án

TT	Nội dung	Phương án thiết kế (PATK)		Phương án sửa đổi (PASĐ)
1	Hình thức tràn	Tràn tự do dạng phím Piano, kết cấu lệch về phía thượng lưu (PK1)		Tràn tự do dạng phím Piano hướng tâm, kết cấu lệch về phía thượng lưu (PK1)
2	Thông số tràn	Cao trình ngưỡng tràn	+ 130,50	+130,50
		Bề rộng tràn B_{tr}	20,00	24,00
		Bề rộng ô vào/ ô ra W_i/W_o	1,55/1,35	4,25/3,50
3	Nối tiếp và tiêu năng	Đốc nước dạng bậc nối tiếp bể tiêu năng (BTN)		Đốc nước hướng tâm nối tiếp mũi phun và hố xói
4	Mặt cắt phím tràn piano			
5	Mặt bằng phím tràn piano			

TT	Nội dung	Phương án thiết kế (PATK)	Phương án sửa đổi (PASĐ)
6	Tổng thể tràn		
7	Hình ảnh mô hình		

2.3. Các cấp lưu lượng thí nghiệm

Các tổ hợp, mực nước, lưu lượng được thí nghiệm trên mô hình như trong Bảng 2.

Bảng 2: Các tổ hợp lưu lượng thí nghiệm trên mô hình

TT	Thông số tính toán			Thí nghiệm mô hình
	Q (m ³ /s)	PATK Z _{TL} (m)	PASĐ Z _{TL} (m)	
1	341	132,43m		Lưu lượng ứng với tần suất vượt kiểm tra p=0,1%
2	307	132,25m		Lưu lượng ứng với tần suất kiểm tra p=0,2%
3	229	131,83m		Lưu lượng ứng với tần suất thiết kế p=1,0%
4	163			Lưu lượng trung gian Q≈0,7Q _{tk}
5	147			Lưu lượng trung gian Q≈0,65Q _{tk}

TT	Thông số tính toán			Thí nghiệm mô hình
	Q (m ³ /s)	PATK Z _{TL} (m)	PASĐ Z _{TL} (m)	
6	111			Lưu lượng trung gian Q≈0,50Q _{tk}

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thí nghiệm về khả năng tháo lũ qua tràn phương án thiết kế

- Khả năng tháo qua tràn: Không đảm bảo yêu cầu, lưu lượng thoát lũ qua tràn nhỏ hơn so với kết quả tính toán.

- Với mực nước thượng lưu hồ tương ứng lũ với tần suất thiết kế ($Z_{p1\%}=131,83\text{m}$), tần suất kiểm tra ($Z_{p0,2\%}=132,25\text{m}$) và tần suất vượt kiểm tra ($Z_{p0,1\%}=132,43\text{m}$), kết quả thí nghiệm thì lưu lượng thoát qua tràn chỉ đạt xấp xỉ 50% lưu lượng so với tính toán thiết kế;

- Với lưu lượng xả qua tràn lưu lượng thiết kế $Q_{p1\%}=229,00\text{ m}^3/\text{s}$, mực nước thượng lưu thí nghiệm đạt $Z_{TL-TN}=133,10\text{m}$ bằng với cao trình đỉnh đập; với lưu lượng lũ vượt kiểm tra

$Q_{p0,1\%}=341,00\text{m}^3/\text{s}$ mực nước thượng lưu $Z_{TL-TN}=134,09\text{m}$ cao hơn so với tính toán thiết kế $\Delta Z=1,66\text{m}$ và vượt cao trình đỉnh đập xấp xỉ 1,00m, chưa tính sự kết hợp của sóng và gió (để thí nghiệm được mực nước vượt đỉnh đập $Z_{dd}=131,10\text{m}$, mô hình đã phải nâng cao trình đỉnh đập đảm bảo thoát toàn bộ lưu lượng lũ vượt kiểm tra $Q_{p0,1\%}=341,00\text{m}^3/\text{s}$ qua bề rộng tràn).

Về hệ số lưu lượng: Kết quả thí nghiệm hệ số lưu lượng của tràn thấp, hệ số lưu lượng qua tràn piano với lưu lượng thiết kế đạt $m_{tc}=0,595$; hệ số lưu lượng trên 1m chiều dài bình quân tràn piano là $m_i=0,140$.

Kết quả thí nghiệm khả năng thoát lũ của tràn và xây dựng quan hệ $Q \sim Z_{TL} \sim m$ như Bảng 3 và Hình 5.

Bảng 3: Khả năng tháo của tràn – Phương án thiết kế

Stt	Trường hợp TN	Tính toán thiết kế			Kết quả thí nghiệm									
		Q _{TT} (m ³ /s)	Z _{TL-TT} (m)	Z _{HL-TT} (m)	Q _{TN} (m ³ /s)	Z _{TL-TN} (m)	Z _{HL-TN} (m)	ΔQ_{TN} m ³ /s	ΔZ_{TL-TN} (m)	ΔZ_{HL-TN} (m)	H ₀ (m)	H ₀ /W ₀	m _{tc}	m _i
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)
I	Khống chế đầu vào theo lưu lượng (Q)													
1	Q _{P0,1%}	341,00	132,43	107,01	341	134,09	108,38		1,66	1,37	3,59	2,32	0,552	0,130
2	Q _{P0,2%}	307,00	132,25	106,83	307	133,84	108,03		1,59	1,20	3,34	2,15	0,553	0,130
3	Q	276,33		106,67	276,33	133,54	107,71			1,04	3,04	1,96	0,573	0,135
4	Q _{P1%}	229,00	131,83	106,39	229	133,10	107,22		1,27	0,83	2,60	1,68	0,595	0,140
II	Khống chế đầu vào theo mực nước thượng lưu (Z _{tl})													
5	Z _{P0,1%} = 132,43	341,00	132,43		162,84	132,43	106,50	-178,16			1,93	1,25	0,657	0,155
6	Z _{P0,2%} = 132,25	307,00	132,25		147,29	132,25	106,40	-159,71			1,75	1,13	0,677	0,159
7	Z _{P1%} = 131,83	229,00	131,83		110,75	131,83	106,02	-118,25			1,33	0,86	0,761	0,179
8	Z _{tl} = 131,47		131,47		79,88	131,47	105,73				0,97	0,63	0,887	0,209
9	Z _{tl} = 131,28		131,28		63,14	131,28	105,55				0,78	0,50	0,996	0,234

Ghi chú: Q_{TT}, Q_{TN}: Lưu lượng thiết kế tính toán và lưu lượng thí nghiệm; □

ΔQ_{TN} : Chênh lệch lưu lượng xả giữa tính toán và thí nghiệm;

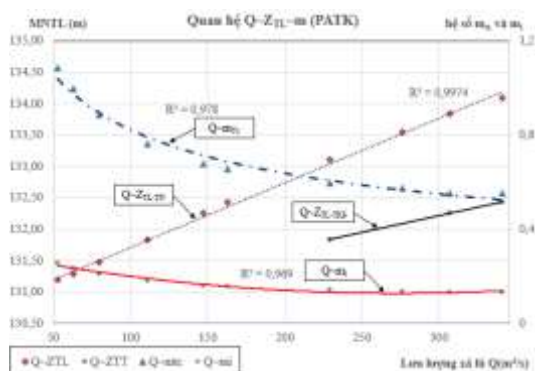
Z_{TL-TT} ; Z_{HL-TT} : Mức nước thượng hạ lưu thiết kế tính toán;

Z_{TL-TN} ; Z_{HL-TN} : Mức nước thượng hạ lưu thí nghiệm;

ΔZ_{TL-TN} : Chênh lệch mực nước thượng lưu giữa tính toán và thí nghiệm;

m_{tc} : Hệ số lưu lượng qua tràn piano;

m_i : Hệ số lưu lượng trên 1m chiều dài bình quân tràn piano.



Hình 4: Kết quả thực nghiệm, quan hệ $Q \sim Z_{TL} \sim m$ (PATK)

3.2. Kết quả thí nghiệm về khả năng tháo lũ qua tràn phương án sửa đổi

- Khả năng tháo qua tràn: Đảm bảo yêu cầu, lưu lượng thoát lũ qua tràn phù hợp với kết quả tính toán.

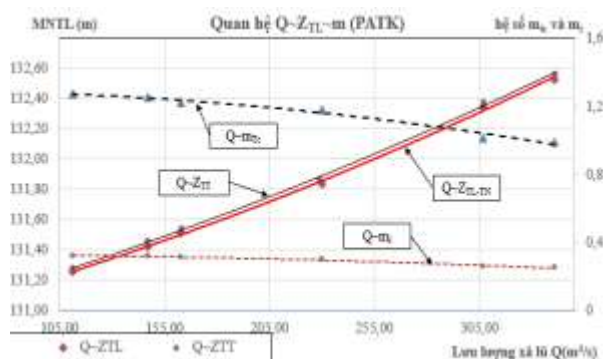
- Lưu lượng qua tràn ứng với tần suất thiết kế $p=1\%$ ($Q_{p1\%}=229\text{m}^3/\text{s}$) mực nước thượng lưu thí nghiệm là $Z_{TL}=131,83\text{m}$ thấp hơn so với kết quả tính toán là $0,03\text{m}$. Khi xả lưu lượng với tần suất lũ kiểm tra $p=0,2\%$ và lũ vượt kiểm tra $p=0,1\%$ mực nước thượng lưu tương ứng là $Z_{TL}=132,35\text{m}$ và $Z_{TL}=132,53\text{m}$ thấp hơn so với kết quả tính toán $0,03\text{m}$ và thấp hơn cao trình đỉnh đập $133,10\text{m}$ (chưa kể đến sóng và ảnh hưởng của gió).

- Về hệ số lưu lượng của tràn: Với lưu lượng thiết kế $Q_{1,0\%}=229\text{m}^3/\text{s}$ hệ số lưu lượng của tràn đạt $m_{tc}=1,178$; hệ số lưu lượng trên 1m chiều dài bình quân tràn piano là $m_i=0,299$.

Kết quả thí nghiệm phương án sửa đổi về khả năng thoát lũ của tràn và quan hệ $Q \sim Z_{TL} \sim m$ như Bảng 4 và Hình 6.

Bảng 4: Khả năng tháo của tràn – Phương án sửa đổi

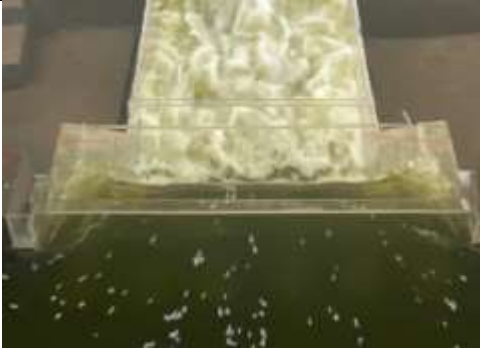
Stt	Trường hợp TN	Tính toán			Kết quả thí nghiệm								
		Q_{TT} (m^3/s)	Z_{TL-TT} (m)	Z_{HL-TT} (m)	Q_{TN} (m^3/s)	Z_{TL-TN} (m)	Z_{HL-TN} (m)	ΔZ_{TL-TN} (m)	ΔZ_{HL-TN} (m)	H_0 (m)	H_0/W_0	m_{tc}	m_i
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	$Q_{p0,1\%}$	341,00	132,56	107,01	340,76	132,53	108,72	-0,03	1,71	2,03	0,58	0,989	0,251
2	$Q_{p0,2\%}$	307,00	132,38	106,83	306,63	132,35	108,38	-0,03	1,55	1,85	0,53	1,015	0,257
3	$Q_{p1\%}$	229,00	131,87	106,39	230,13	131,83	107,50	-0,03	1,11	1,33	0,38	1,178	0,299
4	Q_{tg}	163,00	131,54	105,92	162,75	131,51	106,81	-0,03	0,89	1,01	0,29	1,224	0,311
5	Q_{tg}	147,00	131,46	105,78	147,01	131,42	106,62	-0,03	0,84	0,92	0,26	1,255	0,318
6	Q_{tg}	111,00	131,27	105,48	111,39	131,26	106,22	-0,02	0,74	0,76	0,22	1,270	0,322



Hình 5: Kết quả thực nghiệm, quan hệ $Q \sim Z_{TL} \sim m$ (PASĐ)

3.3. Kết quả thí nghiệm về chế độ thủy lực qua tràn

Bảng 5: Tóm tắt về chế độ thủy lực các phương án thí nghiệm

Phương án thiết kế	Phương án sửa đổi
 Khi xả lũ với $Q_{tk}=229\text{m}^3/\text{s}$ + Khu vực tràn: - Với $Q > 120\text{m}^3/\text{s}$, tương ứng với tỷ lệ $H_0/W_0 > 0,70$ mực nước ngập sâu trên các phím, các phím piano không phát huy được hiệu quả Khi $Q = 60 \div 120\text{m}^3/\text{s}$ tương ứng với tỷ lệ $0,5 < H_0/W_0 < 0,70$, có sự phân chia dòng chảy qua các phím vào và phím ra khá đều, tuy nhiên dòng chảy qua 2 thành bên phím ra giao nhau (dòng chảy đầy phím). Khi lưu lượng nhỏ $Q < 60\text{m}^3/\text{s}$, tương ứng với tỷ lệ $H_0/W_0 < 0,50$, dòng chảy qua các phím vào khá đều. + Nối tiếp sau tràn (dốc nước): Với $Q > 120\text{m}^3/\text{s}$ đoạn sau tràn dòng chảy trượt trên các bậc, dốc nước có hiệu quả đoạn 1/3 chân dốc trước khi đổ xuống bể tiêu năng; Khi lưu lượng nhỏ $Q \leq 120\text{m}^3/\text{s}$ hiệu quả tiêu năng của các bậc nước khá tốt	 Khi xả lũ với $Q_{tk}=229\text{m}^3/\text{s}$ + Khu vực tràn: Khi xả lũ với $Q > Q_{tk}=229\text{m}^3/\text{s}$, tại phím ra có sự giao nhau của 03 dòng chảy (01 theo bề rộng phím và 02 luồng từ thành bên) tạo thành điểm cục bộ tia nước vòng cao ở giữa phím ra. Khi xả lũ từ $Q_{tk} \leq 229\text{m}^3/\text{s}$ trở xuống, dòng qua các thành phím tách rời nhau, không ảnh hưởng đến dòng chảy từ phím vào đổ xuống phím ra + Đoạn nối tiếp sau tràn: Hình thành giao thoa dòng chảy với 3 luồng chảy chính phân bố đều hơn trên mặt cắt ngang tràn, tại mũi phun dòng phân bố khá đều.

Phương án thiết kế	Phương án sửa đổi
	
Khi xả lũ với $Q=147\text{m}^3/\text{s}$	Khi xả lũ với $Q=147\text{m}^3/\text{s}$

3.4. Phân tích về khả năng tháo của tràn PATK qua tính toán và kết quả thực nghiệm mô hình thủy lực

Với phương án thiết kế (PATK) tràn Cao Ngồi được thiết kế dạng piano có kết cấu lệch về phía thượng lưu (PK1) phù hợp với khuyến nghị khi $P_T > 6\text{m}$ (mục 6.3-TCVN 12262:2018) và với tràn có chiều cao cột nước trước tràn $< 7\text{m}$, các thông số và kết cấu tràn như nội dung 5, mục 2.2.

Tràn PATK được thiết kế và tính toán thủy lực áp dụng tiêu chuẩn TCVN 12262:2018 (sau đây gọi là TCVN 12262).

Tính toán kiểm tra khả năng thoát nước của tràn theo TCVN 12262 và theo tài liệu tham khảo: Thủy lực tràn Piano” Lê Văn Nghi, Đoàn Thị Minh Yến, Hoàng Nam Bình. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2018, mã số ISBN 978-604-67-1190-2. Kết quả như Bảng 6, Bảng 7 và Hình 7.

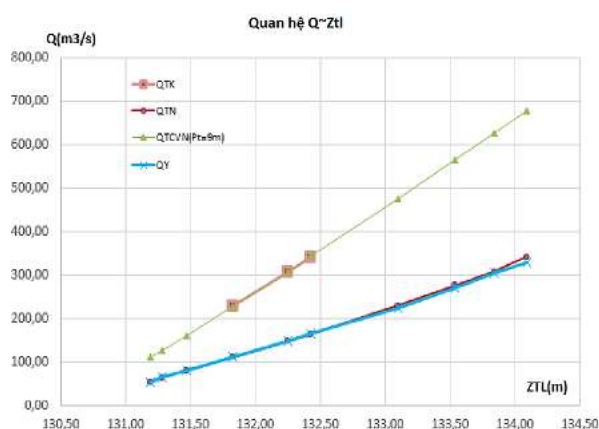
Bảng 6: Mặt bằng tràn piano – Phương án thiết kế

Tính toán khả năng tháo qua tràn theo TCVN 12262	Tính toán khả năng tháo qua tràn theo tài liệu tham khảo [2]
Áp dụng công thức (1) và (2) với $0,5\text{m} \leq H_0 \leq 3,0\text{m}$ $Q = \varepsilon \cdot K_{1-1} \cdot W \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} \quad (1)$ Và $K_{1-1} = 0,814 \cdot \left(\frac{P_T}{H_0} \right)^{0,45} \cdot \left(\frac{W_u}{H_0} \right)^{-0,05} \quad (2)$ Trong đó	Áp dụng công thức tính lưu lượng qua tràn $Q = C_d \cdot W \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2} \quad (3)$ Trong đó: H_0: Cột nước tràn có xét đến lưu tốc tới gần, m; W: Chiều rộng tràn, bằng tổng chiều rộng các phím nước vào và phím nước ra $W = \sum W_i + \sum W_o$ (m) C_d: Hệ số lưu lượng của tràn Piano;

Tính toán khả năng tháo qua tràn theo TCVN 12262	Tính toán khả năng tháo qua tràn theo tài liệu tham khảo [2]
Q₁₋₁: Lưu lượng tính toán qua tràn dạng phím piano loại PK1; K₁₋₁: Hệ số lưu lượng tính toán qua tràn dạng phím piano loại PK1; W: Khoảng cách giữa 2 tường bên vuông góc với dòng chảy tại vị trí tuyến tràn để bố trí các đơn vị tràn dạng phím piano, m; W = n.W_u; N: Số đơn vị tràn dạng phím piano; W_u: Chiều rộng của 1 đơn vị tràn dạng phím piano, m: W_u = W_i + W_o + 2T_s W_i: Chiều rộng ô vào (ô đón nước), m; W_o: Chiều rộng ô ra (ô thoát nước), m; T_s: Chiều rộng đỉnh tường tràn, m; H₀: Cột nước thượng lưu có xét tới vận tốc tới gần, m; P_T: Độ cao thân đập tràn ở thượng lưu, bằng độ chênh giữa cao trình ngưỡng tràn (+130,50m) so với đáy sông (kênh) thượng lưu. Với tràn Cao Ngõi, thì P_T=24m (Piano được đặt trên thân đập, không có kênh thượng lưu), theo tiêu chuẩn với P_T ≥ 9m thì chọn P_T=9m;	Khi có co hẹp ngang $C_d = C_{d0} \cdot \varepsilon$ C_{d0}: Hệ số lưu lượng của tràn piano chảy tự do, không bị ảnh hưởng bởi đáy kênh hạ lưu và co hẹp; Khi H₀/W_o > 0,5: $C_{d0} = 0,705 \cdot \left(\frac{H_0}{P} \right)^{-0,306} \cdot \left(\frac{H_0}{W_u} \right)^{-0,150} \quad (4)$ Hoặc $C_{d0} = 0,711 \cdot \left(\frac{H_0}{P} \right)^{-0,326} \cdot \left(\frac{H_0}{W_u} \right)^{-0,140} \quad (5)$ Khi H₀/W_o ≤ 0,5 $C_{d0} = 1,885 - 1,768 \cdot \frac{H_0}{P} - 1,215 \cdot \frac{H_0}{L_u} \quad (6)$ Hoặc $C_{d0} = 2,016 - 1,868 \cdot \frac{H_0}{P} - 2,214 \cdot \frac{H_0}{L_u} \quad (7)$ P: chiều cao tràn piano
Kết quả tính toán với P _T = 9m ra kết quả Q _{TCVN} ghi trong cột (5) Bảng 7	Kết quả tính toán với P = 1,93m ra kết quả Q _Y ghi trong cột (6) Bảng 7

Bảng 7: So sánh KQ tính toán và thực nghiệm về khả năng tháo của tràn PATK

TT	Z _{TL} (m)	Lưu lượng thiết kế Q _{TK} (m ³ /s)	Thí nghiệm PATK Q _{TN} (m ³ /s)	Kết quả tính toán	
				TCVN 12262 (P _T =9m) Q _{TCVN} (m ³ /s)	TL tham khảo [2] (P=1,93m) Q _Y (m ³ /s)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	134,09		341,00	677,85	328,57
2	133,84		307,00	626,11	304,94
3	133,54		276,33	564,53	270,84
4	133,10		229,00	475,33	222,98
5	132,43	341,00	162,84	342,49	163,85
6	132,25	307,00	147,29	307,52	148,07
7	131,83	229,00	110,75	227,39	111,49
8	131,47		79,88	160,69	80,44
9	131,28		63,14	126,42	64,21
10	131,19		52,93	110,47	53,52



Hình 6: Quan hệ $Q \sim Z_{tl}$

Thí nghiệm (Q_{TN}); thiết kế tính toán (Q_{TK}), tính toán kiểm tra theo TCVN (Q_{TCVN}) và tài liệu tham khảo (Q_Y).

Nhận xét thấy:

- + Kết quả tính toán của tư vấn thiết kế (cột 3) đối với tràn Cao Ngõi với kết quả tính toán kiểm tra theo TCVN (cột 5) là tương đồng.
- + Kết quả thí nghiệm PATK (cột 4) phù hợp với kết quả tính toán kiểm tra theo tài liệu tham khảo [2] (cột 6) và chỉ bằng khoảng 50% kết quả tính toán thiết kế (cột 3).

3.5. Phân tích, so sánh và lựa chọn kết cấu công trình hợp lý

Qua kết quả nghiên cứu, nhóm tác giả thấy rằng:

Về khả năng tháo: Tràn piano Cao Ngõi đặt trên đập cao khoảng 30m, theo phân loại của TCVN là loại tràn có kết cấu lệch về phía thượng lưu (PK1), phía trước tràn không có kênh dẫn thượng lưu, khác với các kiểu tràn piano truyền thống là có kênh dẫn thượng lưu trước tràn dẫn tới việc tính khả năng tháo có sai số lớn. Việc tính toán xác định các thông số chủ yếu và lựa chọn các hệ số trong tính toán (chưa được kiểm chứng qua thực nghiệm) gặp nhiều khó khăn cho các đơn vị tư vấn. Qua thí nghiệm, xác định khả năng xả của PATK tràn Cao Ngõi chỉ đạt $Q_{TN} \approx 50\% Q_{TK}$.

Hiện nay, đã có nghiên cứu đối với dạng đập này, trong đó có kết quả nghiên cứu được xuất

bản trong tài liệu “Thủy lực tràn Piano” qua tính toán và thực nghiệm có độ chính xác cao. Kết quả tính toán thiết kế PASĐ tràn Cao Ngõi sử dụng công thức trong tài liệu [2] và kết quả thực nghiệm là tương đồng, đảm bảo nhiệm vụ tháo qua công trình.

Về tình hình thủy lực: Trên tràn, dòng chảy PASĐ qua các phím làm việc hiệu quả hơn so với PATK, dòng qua các thành phím tách rời nhau, không ảnh hưởng đến dòng chảy từ phím vào đổ xuống phím ra (với $Q \leq 229 \text{ m}^3/\text{s}$).

Nối tiếp sau tràn của PASĐ là dốc nước trơn, hướng tâm nên có chế độ thủy lực phân bố đều trên mặt cắt ngang và ổn định hơn là dốc nước dạng bậc, trộn khí nhiều của PATK.

3.6. Nhận xét

Kết quả thực nghiệm cho thấy phương án sửa đổi đã giải quyết được những vấn đề còn tồn tại của phương án thiết kế:

- Đảm bảo khả năng tháo cho công trình, đảm bảo nhiệm vụ thiết kế.
- Giảm khả năng khí thực, khí hóa trên dốc nước nối tiếp sau tràn sinh ra bởi hình thức dốc dạng bậc thang.
- Với kết cấu dạng hướng tâm, đáp ứng được nhiệm vụ tiêu năng qua lòng sông hẹp, giảm khối lượng đào mở rộng kênh hạ lưu, khối lượng đào đá hồ xói có thể tận dụng xây dựng công trình.
- Hiệu quả tiêu năng của phương án TKKT tăng lên từ 5 ÷ 10% so với phương án TKCS.

Với những đặc điểm nêu trên, nhóm tác giả kiến nghị sử dụng phương án sửa đổi là phương án áp dụng, thiết kế và thi công cho tràn xả lũ Cao Ngõi, tỉnh Tuyên Quang.

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu, phân tích kết quả thí nghiệm về khả năng tháo lũ và diễn biến về chế độ thủy lực dòng chảy trên mô hình với 02 kết cấu tràn piano. Lựa chọn phương án đảm bảo đủ khả năng tháo theo yêu cầu, đảm bảo cả về kinh tế và kỹ thuật. Kiến nghị lựa chọn

các kết cấu tràn theo phương án sửa đổi để thiết kế, tính toán ổn định và triển khai trên bản vẽ thi công cho công trình tràn Cao Ngõi, tỉnh Tuyên Quang.

Ngoài ra qua thí nghiệm mô hình một số kiến nghị khác của đơn vị tư vấn kiến nghị trong

quá trình thi công và vận hành công trình như: kích thước hố xói, phạm vi gia cố mái kênh hạ lưu, gia cố mái bờ sông ... và một số lưu ý trong quá trình vận hành được nêu chi tiết trong báo cáo kết quả thí nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Báo cáo Tổng hợp kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực dự án tràn Cao Ngõi, tỉnh Tuyên Quang.
- [2] Tài liệu “Thủy lực tràn Piano” Lê Văn Nghị, Đoàn Thị Minh Yến, Hoàng Nam Bình. Nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2018, mã số ISBN 978-604-67-1190-2.
- [3] Sổ tay tính toán thủy lực của P. G. KIXELEP và cs. Dịch Lưu Công Đào, Nguyễn Tài. Nhà xuất bản Nông nghiệp Hà Nội.
- [4] Tài liệu “Công trình thủy công cột nước cao” của Gs. Ts. Lê Văn Nghị và cs. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội 2018.