

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH THỦY LỰC TRÀN XẢ LŨ BẢN LÃI

Lê Văn Nghị, Đặng Thị Hồng Huệ, Đoàn Thị Minh Yên,

Nguyễn Tiến Hải, Lê Tiến Trọng

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển

Tóm tắt: *Tràn xả lũ Bản Lãi là công trình có chế độ vận hành phức tạp gồm tràn tường ngực bố trí ở giữa lòng sông và hai khoang tràn xả mặt bố trí 2 bên. Cột nước trên tràn lớn nhất khoảng 10m phía tràn xả mặt và gần 20m với tràn tường ngực. Khi xả lũ thiết kế, công trình cần đảm bảo lưu lượng về hạ lưu không gây ngập lụt thành phố Lạng Sơn. Do đó việc bố trí tổng thể công trình, vấn đề dòng chảy bám biên trụ pin, mặt tràn, đáy tường ngực và nối tiếp, tiêu năng ở hạ lưu là rất phức tạp. Bài báo này trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình tổng thể, các kiến nghị sửa đổi hợp lý đảm bảo mục tiêu và sự vận hành an toàn, hiệu quả của công trình khi đi vào hoạt động.*

Từ khóa: Tràn xả lũ; Mô hình thí nghiệm.

Summary: *The Ban Lai spillway is structure that has complex operation include the spillway with breast wall in the middle of the river and two ogee crests-controlled spillways in side by side. The highest water column on the ogee spillway is over 10m and on the breast wall spillway is nearly 20m. With the design flood, the project should ensure discharge flow downstream does not cause flooding Lang Son city. Thus, the overall layout of the works, the problems as the boundary flow, the overflow, under the breast wall, the energy dissipator are very complex. This article presents a summary of the results of the overall hydraulic modeling test, making recommendations for modifying to ensure that the operation is safe and effective when the structure operates.*

Keywords: The spillway; Physical experimental model.

1. MỞ ĐẦU

Công trình đầu mối hồ chứa nước Bản Lãi được xây dựng trên sông Kỳ Cùng thuộc địa phận xã Khuất Xá, huyện Lộc Bình, tỉnh Lạng Sơn với nhiệm vụ chính: chống lũ tiểu mãn và lũ sớm; giảm lũ chính vụ cho thành phố Lạng Sơn và vùng phụ cận với tần suất $P = 1\%$, cấp nước tưới cho 2.045 ha đất canh tác, tạo nguồn cấp nước cho sinh hoạt, công nghiệp, xả nước đảm bảo môi trường sinh thái hạ du trong mùa khô, kết hợp nuôi trồng thủy sản và phát điện;

Tràn xả lũ Bản Lãi bố trí ở lòng sông, khoảng giữa đập chính, gồm: tràn có tường ngực (03 cửa) bố trí ở giữa; hai bên là tràn xả mặt (mỗi bên 01 cửa). Các thông số kỹ thuật của công trình được thiết kế

như trình bày trong bảng 1. Hình thức tiêu năng đáy, kích thước bể tiêu năng: dài x rộng x sâu = 70,0 x 58,0 x 4,5(m); cao trình đáy bể +266,70m; cao trình đỉnh tường bể tiêu năng +285,00m. Tường tiêu năng hạ lưu cao 2,0m.

Tràn xả lũ Bản Lãi là công trình cấp II, có chế độ làm việc kết hợp phức tạp. Lũ thường xuyên được xả qua tràn tường ngực và đảm bảo không chế lưu lượng xả không gây ngập lụt thành phố Lạng Sơn. Lũ kiểm tra và các trường hợp sự cố, kẹt cửa, sẽ xả kết hợp qua cả hai tràn. Dòng chảy qua tràn về hạ lưu là kết hợp giữa dòng chảy qua tràn xả mặt với cột nước hơn 10m, tỷ lưu $q = 66\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ và dòng chảy qua tràn xả sâu có cột nước gần 20m, tỷ lưu $q = 56\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$; Vấn

Ngày nhận bài: 02/8/2018

Ngày thông qua phản biện: 10/9/2018

Ngày duyệt đăng: 03/10/2018

đề bố trí tổng thể mặt bằng, tình hình thủy lực, nối tiếp, tiêu năng..., không thể xác định tường minh qua tính toán. Do đó, nghiên cứu thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ Bản Lải là cấp thiết. Kết quả thực nghiệm trên mô hình sẽ

đưa đến cái nhìn trực diện, tổng quan khi công trình làm việc cũng như giúp sửa đổi, hoàn thiện nhằm đảm bảo nhiệm vụ xả lũ, đảm bảo an toàn khi công trình đi vào hoạt động.

Bảng 1. Thông số công trình tràn

TT	Thông số	Đơn vị	Trị số	TT	Thông số	Đơn vị	Trị số
I	Tràn tường ngực			II	Tràn xả mặt		
1	Hình thức mặt cắt đập tràn		Tràn thực dụng	1	Hình thức mặt cắt đập tràn		Tràn thực dụng
2	Số cửa	cửa	3	2	Số cửa	cửa	2
3	Kích thước cửa (BxH)	m	5,0 x 4,0	3	Kích thước cửa (BxH)	m	12,0 x 11,1
4	Cao trình ngưỡng	m	294,0	4	Cao trình ngưỡng	m	303,1
5	Chiều rộng tràn (kể cả trụ pin)	m	28,0	5	Chiều rộng tràn (kể cả trụ pin)	m	36,0
6	Lưu lượng xả (1%)	m ³ /s	841,6	6	Lưu lượng xả (1%)		-
7	Lưu lượng xả (0,2%)	m ³ /s	843,8	7	Lưu lượng xả (0,2%)	m ³ /s	1604,0

Được sự đồng thuận của chủ đầu tư và các bên liên quan, Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển đã chủ động tiến hành thí nghiệm trên mô hình mặt cắt và mô hình tổng thể tràn xả lũ Bản Lải. Cụ thể: thí nghiệm mô hình mặt cắt xác định tính hợp lý của: Đường cong mặt tràn; Đường cong đáy tường ngực; xác định sơ bộ phạm vi chiều dài bề tiêu năng, vị trí và chiều cao mô tiêu năng trong bể; Thí nghiệm mô hình tổng thể xác định sự hợp lý về: bố trí tổng thể công trình, hình dạng đầu thượng lưu, hạ lưu các trụ pin, chính xác hóa kích thước công trình tiêu năng trong bài toán không gian.

Các sửa đổi từ kết quả thí nghiệm mô hình mặt cắt được áp dụng vào phương án thiết kế của mô hình tổng thể, gồm: Đường cao đáy tường ngực dạng vát 26⁰; cao trình đáy bề tiêu năng là +264,7m; Bố trí 2 hàng mô tiêu năng cao 3,2m và 3,5m, mái thượng lưu của mô nghiêng 76⁰ [1], [2]. Chi tiết

các sửa đổi từ kết quả thí nghiệm mô hình mặt cắt được trình bày trong [1].

Bài báo này trình bày tóm tắt các nội dung sửa đổi và kết quả thí nghiệm phương án hoàn thiện trên mô hình tổng thể.

2. MÔ HÌNH HÓA, CÁC THIẾT BỊ ĐO ĐẠC THÍ NGHIỆM

Để nghiên cứu tính hợp lý của bố trí tổng thể và tình hình thủy lực trong bài toán không gian tràn xả lũ Bản Lải, xây dựng mô hình tổng thể lòng cứng, chính thái, tỷ lệ hình học $\lambda_L = 40$, tương tự theo tiêu chuẩn trọng lực (Froude). Phạm vi mô phỏng $L \times B \times H = (28,0 \times 15,0 \times 1,8)m$.

Đảm bảo tương tự về nhám, đối với các hạng mục công trình bằng bê tông có chất lượng cao như mặt đập tràn, trụ pin, bề tiêu năng.. trong mô hình dùng kính hữu cơ hoặc vữa xi măng đánh bóng nhẵn có $n_m = 0,0087 \div 0,0097$. Đối

với các kênh đào, kênh tự nhiên, dùng vữa xi măng cát mịn đánh bóng hoặc để nguyên đảm bảo $n_m = 0,0136 \div 0,0162$.

Các thông số thủy động lực học của dòng chảy trên mô hình được đo đạc bằng các thiết bị: Thông số mực nước (cao trình, độ sâu, độ dài) xác định bằng máy thủy bình Ni04 và mia, sai số không vượt quá 0,5mm đến 1,0mm, kim đo mực nước cố định đọc chính xác tới 0,1mm, thước thép. Xác định giá trị lưu tốc trung bình thời gian, mạch động lưu tốc bằng đầu đo điện tử PEMS, E40 do Hà Lan chế tạo; Dải đo từ 0,05m/s đến 5,0m/s, sai số của thiết bị đo là 1%, chuyển chạy dữ liệu đo bằng bằng mềm chuyên dụng. Xác định thông số lưu lượng qua công trình dùng đập tràn thành mỏng chữ nhật, công thức tính toán Rebock: $Q = b H_*^{3/2} (1,782 + 0,24 \frac{H_*}{P})$ sai số nhỏ hơn 1%.

3. CÁC PHƯƠNG ÁN, NỘI DUNG NGHIÊN CỨU THÍ NGHIỆM

3.1. Các phương án và nội dung sửa đổi trong mỗi phương án thí nghiệm

Trên mô hình đã nghiên cứu thí nghiệm với 04 phương án:

+ Phương án thiết kế (PATK): Áp dụng các kiến nghị sửa đổi từ mô hình mặt cắt như đã trình bày trong mục 1, các thông số khác như tài liệu thiết kế;

+ Phương án sửa đổi 1 (PASĐ1): Các thông số tràn như PATK, đáy bể tiêu năng nâng cao 1,0m; cao trình đáy bể +265,7m. Giảm chiều cao mô tiêu năng so PATK; chiều cao 02 hàng mô tiêu năng tương ứng là 2,8m và 3,2m;

+ Phương án sửa đổi 2 (PASĐ2): Sau khi thí nghiệm PATK và PASĐ1, đã kiến nghị các nội dung cần sửa đổi gồm:

- Hình dạng đường cong đầu trụ pin thượng lưu của 2 khoang xả mặt;

- Bố trí tường cánh dài 1,2m ở đầu thượng lưu trụ biên của tràn xả mặt nhằm làm giảm co hẹp dòng chảy, giảm áp suất âm trên mặt tràn;

- Hạ thấp 0,5m chiều cao lỗ xả sâu từ $D = 4,0m$ xuống 3,5m ($H \times B = 3,5 \times 5,0m$);

- Thay đổi đường cong mặt tràn tường ngược từ sau đoạn thẳng chuyển tiếp (sau trụ pin giữa), nâng cao trình mặt tràn bằng cao trình tràn xả mặt;

- Cắt ngắn 12m của phần trụ kép ngang (đỉnh ở cao trình +285,0m). Sửa đổi đường cong chuyển tiếp của đoạn trụ kép chéo cho thuận về thủy lực;

- Công trình tiêu năng như PA sửa đổi 1 và vị trí mô tiêu năng tiến về thượng lưu 6m so với PASĐ1.

+ Phương án hoàn thiện: Từ kết quả thí nghiệm của PASĐ2, chính xác hóa một số kết cấu công trình nhằm tối ưu tình hình thủy lực, giảm áp lực lên mô tiêu năng, giảm áp suất âm trên đỉnh mô, tiến hành sửa đổi và thí nghiệm phương án hoàn thiện gồm:

- Các hạng mục công trình như PASĐ2;

- Sửa đổi hình dạng tường cánh bên phải tràn xả mặt từ dạng thẳng sang cung tròn, dài khoảng 1/6 đường tròn bán kính $R = 2.5m$;

- Sửa đổi mái vát thượng lưu hàng mô tiêu năng thứ nhất từ nghiêng 76° về góc nghiêng 60° .

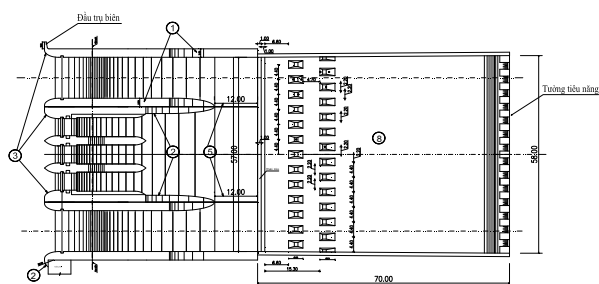
3.2. Mực nước thí nghiệm

Ở mỗi phương án, tiến hành thí nghiệm các cấp lưu lượng tương ứng với các cấp mực nước thượng lưu (MNTL) gồm: mực nước kiểm tra (MNKT); Mực nước thiết kế (MNTK); Mực nước dâng bình thường: $Z_{TL} = 303,10m$ và các mực nước trung gian. Mực nước hạ lưu được xác định theo quan hệ $Q \sim Z_h$ do tư vấn thiết kế cung cấp.

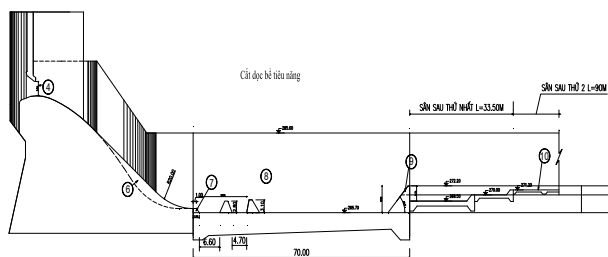
3.3. Nội dung thí nghiệm

Trong mỗi phương án, tiến hành thí nghiệm 9 nội dung, trong bài báo này chỉ trình bày kết quả thí nghiệm những vấn đề chính, thay đổi rõ rệt giữa các phương án gồm: (1). Khả năng tháo; (2,3). Lưu tốc, mạch động lưu tốc dòng chảy; (4). Mạch động áp suất dòng chảy; (5). Tình hình thủy lực, nổi tiếp dòng chảy hạ lưu; (6). Hiệu quả

tiêu năng;



Hình 1. Bố trí tổng thể công trình - Phương án hoàn thiện (PAHT)



Hình 2. Cắt dọc qua tràn tường ngực - Phương án hoàn thiện

4. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM

4.1. Về khả năng tháo

Tổng lưu lượng tháo qua cả hai tràn đạt 2421m³/s ứng với mực nước lũ kiểm tra. Ứng với mực nước lũ thiết kế, mở độc lập tràn tường ngực, lưu lượng tháo qua tràn đạt 841m³/s, đảm bảo lưu lượng không chế cho thành phố Lạng Sơn. Khả năng tháo qua tràn là đảm bảo yêu cầu. Hệ số lưu lượng ứng với cột nước thiết kế đã kể tới co hẹp của tràn tường ngực đạt $\mu = 0,86$; cửa tràn xả mặt đạt $m = 0,445$. Chi tiết kết quả thí nghiệm khả năng tháo chi tiết trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Khả năng tháo qua công trình ứng với các chế độ làm việc

TT	Trường hợp	Kết quả thí nghiệm						Ghi chú
		Z _{TL} (m)	Z _{HL} (m)	Q (m ³ /s)	q (m ³ /s/m)	H ₀ (m)	μ (m)	
1	P0,2%	313,46	284,45	2421,4	62,09	-	-	Mở cả 2 tràn
2	P1%	313,44	279,84	841,0	56,07	19,44	0,860	Mở độc lập Tràn tường ngực
3	MNTL=312,7	312,72	279,71	821,2	54,75	18,72	0,857	
4	MNTL=312,0	312,1	279,61	803,7	53,58	18,10	0,855	
5	MNTL=310,0	310,34	279,39	756,5	50,43	16,34	0,852	
6	MNTL=309,0	309,06	279,24	720,9	48,06	15,06	0,850	
7	MNTL=307,0	307,26	278,99	664,4	44,29	13,26	0,842	
8	MNTL=305,0	305,28	278,7	597,8	39,86	11,28	0,833	
9	MNDBT	303,10	278,17	517,6	34,51	9,10	0,821	
10	ranh giới	299,86	277,27	355,3	23,69	5,86	0,754	
11	chảy hờ	298,94	277,05	311,3	20,76	4,94	0,427	
12	P0,2%	313,46	282,55	1582,8	65,95	10,37	0,4460	Mở độc lập Tràn xả mặt
13	P1%	313,44	282,53	1575,3	65,64	10,34	0,4454	
14	MNTL=312,0	312,02	281,53	1259,9	52,5	8,92	0,4448	
15	MNTL=310,2	310,17	280,13	886,6	36,94	7,07	0,4432	
16	MNTL=307,9	307,90	278,01	493,7	20,57	4,80	0,4414	
17	MNTL=305,6	305,65	276,01	189,9	7,91	2,55	0,4393	

4.2. Lưu tốc và mạch động lưu tốc dòng chảy Với phương án hoàn thiện, do được sửa đổi

nâng mặt tràn tường ngực bằng mặt tràn xả mặt đồng thời cắt ngắn trụ kép, dòng chảy qua tràn xả lũ Bản Lãi đã phân tán đều trên toàn mặt cắt ngang ở khu vực cuối tràn, đầu bể. Chênh lệch lưu tốc dòng chảy đáy theo luồng tràn mặt và tràn tường ngực giảm so với phương án thiết kế; dòng mặt trong bể tiêu năng và hạ lưu cũng giảm so với các phương án đã thí nghiệm và so với PATK.

Giá trị lưu tốc lớn nhất khu vực mô tiêu năng, đầu bể tiêu năng đạt $V_{\max} = 19,95 \div 23,34 \text{ m/s}$. Ở cuối bể lưu tốc lớn nhất đạt $V_{\max} = 3,8 \div 7,9 \text{ m/s}$. Trên kênh hạ lưu, do tác dụng của tường tiêu

năng răng cưa, dòng chảy êm hơn và lưu tốc dòng chảy nhỏ hơn PASĐ2, trên đoạn kênh gia cố tấm lát bê tông, lưu tốc dòng chảy đáy trên kênh đạt $V_{\max} = 1,82 \text{ m/s}$ (PASĐ2 có $V_{\max} = 2,51 \text{ m/s}$); dòng mặt đạt $V_{\max} = 2,49 \text{ m/s}$; ở giữa lòng kênh $V_{\max} = 3,04 \text{ m/s}$.

Mạch động lưu tốc lớn nhất xuất hiện ở khu vực

0,5 ÷ 0,55 m/s. Trên kênh hạ lưu mạch động lưu tốc nhỏ, đạt $\sigma_{v\max} = 0,08 \div 0,16 \text{ m/s}$. Chi tiết giá trị lưu tốc tại một số vị trí công trình trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Bảng giá trị lưu tốc tại một số vị trí công trình - v(m/s)

Vị trí công trình	Mở tổ hợp	Mở độc lập	
		Tràn tường ngực	Tràn xả mặt
Thượng lưu (T3)	0,81; 0,63	0,78; 0,46	0,96; 0,59
Thượng lưu (T2)	2,79; 1,55	3,16; 1,29	3,52; 1,62
Thượng lưu (T1)	16,25; 12,02	15,94; 14,35	7,88; 6,95
Đỉnh tràn (0)	16,98; 13,47	15,16; 14,18	12,35; 10,55
Chân tràn H6	21,55; 15,25	3,80; 16,30	22,77; 5,05
Bể tiêu năng (H7)	19,95; 17,83	2,88; 11,81	19,42; 9,92
Bể tiêu năng (H8)	15,70; 9,65	1,57; 8,53	18,68; 3,21
Mô tiêu năng (M1; M2)	23,16; 15,85	19,11; 10,24	23,34; 16,65
Giữa BTN (H9)	9,75; 7,91	2,48; 11; 71	11,91; 2,00
Giữa BTN (H10)	7,31; 3,39 (3,07)	3,04; 8,60 (3,99)	9,37; 3,01 (1,90)
Cuối BTN (H12)	3,73; 2,44 (3,83)	2,17; 5,79 (5,44)	7,99; 2,19 (2,03)
Sân gia cố BTCT (H13)	3,32; 4,18 (4,26)	1,98; 4,66 (4,41)	5,44; 3,03 (1,45)
Sân gia cố BTCT (H14)	0,88; 0,76 (4,23)	2,03; 1,96 (4,82)	1,52; 1,69 (3,07)
Sân gia cố BTCT (H15)	0,87; 1,78 (3,58)	0,95; 1,22 (4,19)	0,60; 2,11 (3,09)
Sân gia cố tấm lát BT (H17)	1,82; 1,76 (2,44)	1,29; 1,42 (1,85)	1,80; 2,13 (2,49)
Kênh tự nhiên sau gia cố (H18A)	1,59; 1,57 (1,92)	1,02; 1,15 (1,27)	1,68; 2,05 (2,66)
Kênh tự nhiên (H19)	2,98; 3,01 (2,83)	1,98; 2,63 (2,34)	2,14; 2,72 (2,66)

Ghi chú: Giá trị lưu tốc trong bảng 3 như sau:

- Vùng thượng lưu và mặt tràn: biểu thị giá trị lưu tốc lớn nhất và lưu tốc trung bình mặt cắt:

$V_{\max}; V_{tb};$

- Khu vực Bể tiêu năng, kênh xả: biểu thị giá trị lưu tốc đáy lớn nhất dọc tuyến tràn mặt; tuyến tràn tường ngược và lưu tốc dòng mặt: $V_{\text{tràn mặt}};$ $V_{\text{tràn tường ngược}};$ ($V_{\text{mặt}};$);

4.3. Áp suất trung bình dòng chảy

Khi tràn làm việc, trên mặt tràn xả mặt và tràn tường ngược xuất hiện giá trị áp suất âm tại một số vị trí cục bộ sau tim tràn khoảng 20m. Giá trị

-1,00m H₂O và trên tràn xả sau $r_{\max} = -2,56\text{mH}_2\text{O}$. Đường cong biên đáy tường ngược dòng chảy bám nên không có áp suất âm. Tại vị trí các mô tiêu năng có hiện tượng giảm áp tại đỉnh các mô, dọc theo tuyến tim tràn xả mặt áp suất lớn nhất tại hàng mô 1 với $P_{\max} = -0,27\text{m H}_2\text{O}$ (ở PASĐ2, với mái thượng lưu mô 76⁰, giá trị áp suất này là $P_{\max} = -1,87\text{mH}_2\text{O}$).

Với các giá trị áp suất âm này nhỏ hơn giá trị áp suất cho phép ($P_{cp} = -3,00\text{m H}_2\text{O}$) nên mặt tràn không bị xâm thực khi vận hành nhưng vẫn cần lưu ý lựa chọn vật liệu trong quá trình thi công.

4.4. Mạch động áp suất

Giá trị mạch động áp suất lớn nhất xuất hiện tại chân tràn (H6) đầu bể tiêu năng và tại vị trí các hàng mô tiêu năng, trong phạm vi 15m tính từ đầu bể; Khi tràn làm việc đồng thời, giá trị mạch động áp suất lớn nhất tại chân tràn đạt $\sigma_{p\max} = 2,68\text{m H}_2\text{O}$; tại đầu bể là $\sigma_{p\max} = 2,65\text{m H}_2\text{O}$ và tại khu vực mô tiêu năng $\sigma_{p\max} = 2,71 \div 3,04\text{m H}_2\text{O}$;

Giá trị mạch động bất lợi hơn khi mở độ lập tràn xả mặt, tại khu vực chân tràn, đầu bể đạt $\sigma_{p\max} = 4,63\text{m H}_2\text{O}$; khu vực đỉnh mô đạt $\sigma_{p\max} =$

3,46m H₂O;

Trên đoạn kênh được gia cố, lòng kênh và mái kênh, giá trị mạch động lớn nhất đạt $\sigma_{p\max} = 0,2\text{m H}_2\text{O}$.

Với các giá trị mạch động áp suất này, tính toán giá trị áp suất động âm lớn nhất $P_{\text{độngmax}} = -2,60\text{m H}_2\text{O}$ nên trong tính toán thiết kế cần lưu đến hiện tượng đẩy nổi nhất là đối với bể tiêu năng và các tấm gia cố hạ lưu.

4.5. Tình hình thủy lực, nối tiếp dòng chảy hạ lưu

Ở thượng lưu tràn, dòng chảy từ hồ đến tràn êm, dòng vào khá thuận co hẹp đầu các trụ pin giảm, độ lõm sâu mực nước tại đầu các trụ pin $\Delta h_{\max} = 0,10\text{m} \div 0,65\text{m}$; bên phía các trụ giáp tường ngược $\Delta h_{\max} = 0,20\text{m}$; với tràn tường ngược trước tường ngược xuất hiện các xoáy nước nhỏ không liên tục với $D = 0,20 \div 0,50\text{m}$. Dọc theo tuyến tràn, dòng chảy phân tán khá đều trên mặt cắt ngang, bám sát các thành trụ pin, nối tiếp xuống bể bằng nước nhảy ngập ổn định. Vị trí nước nhảy nằm trên mặt tràn, cách chân tràn về thượng lưu khoảng 16 ÷ 21m, chi tiết như trình bày trong bảng 4 (Hình 3).

Trong bể tiêu năng, dòng chảy từ tràn đổ xuống bể tiêu năng phân tán đều trên mặt cắt ngang, dòng xáo trộn khá mạnh, mực nước trong bể dâng cao sau các hàng mô tiêu năng, ở cuối bể tiêu năng mực nước vượt cao trình đỉnh tường bể tiêu năng xấp xỉ 0,80 m khi xả lũ kiểm tra. Chiều dài bể tiêu năng là phù hợp (Hình 4). Trên kênh xả hạ lưu, dòng chảy phân tán đều trên mặt cắt ngang, từ sau kênh xả khoảng 80m, dòng êm, sóng trên kênh nhỏ, chiều cao sóng đạt $h_s = 1,0 \div 1,20\text{m}$ với lũ kiểm tra (Hình 5).

Bảng 4. Thông số nước nhảy – chỉ qua tràn xả mặt; PAHT

TT	Q (m ³ /s)	Z _{TL} (m)	Z _{HL} (m)	Chiều cao sóng, h _s (m)		Thông số nước nhảy				Ghi chú		
				Trong bể TN	Trên kênh	h _{cb} (m)	L _{bđnn} (m)		L _{nn} (m)			
I	Mở cả 2 tràn							TN	XM	TN	XM	
1	2421,4	313,46	284,45	3,00	1,28	20,08	21,2	17,8	36,8	66,8	nn ngập	
2	1832,1	311,01	283,35	2,80	1,16	18,28	20,8	19,0	32,0	56,4	nn ngập	
3	1039,8	307,27	280,76	1,12	0,84	18,20	20,0	19,2	27,8	37,2	nn ngập	
II	Mở độc lập – tràn tường ngực											
1	841,0	313,44	279,84	14,40	1,28	14,40	16,00		26,60		nn ngập	
2	754,0	310,34	279,39	13,80	1,00	13,80	17,00		30,00		nn ngập	
3	662,8	307,26	278,99	13,48	0,80	13,48	18,20		25,00		nn ngập	
4	517,6	303,10	278,17	12,80	0,68	12,80	17,80		23,00		nn ngập	
5	311,3	298,94	277,05	11,40	0,44	11,40	18,00		15,50		nn ngập	
III	Mở độc lập – tràn xả mặt											
1	1582,8	313,46	282,55	3,32	1,60	17,80		16,8		83,0	nn ngập	
2	1259,9	312,02	281,53	2,68	1,32	16,60		17,4		74,6	nn ngập	
3	886,6	310,17	280,13	2,04	1,08	15,08		17,8		72,8	nn ngập	

Ghi chú: TN: phía tràn tường ngực; XM: phía tràn xả mặt



Hình 3. Dòng chảy cửa vào tràn ứng với mực nước lũ kiểm tra QZ02,% -PAHT



Hình 4. Dòng chảy trong bể tiêu năng



Hình 5. Dòng chảy trên kênh hạ lưu

chọn hai mặt cắt tính năng lượng là: mặt cắt thượng lưu tràn (T3) và mặt cắt đầu sâu hạ lưu (H13); Năng lượng dòng chảy tại mỗi mặt cắt xác định

$$E_i = Z_i + \frac{\alpha v_i^2}{2g}$$

Trong đó Z_i (m), v_i (m/s) là giá trị cao trình đường mặt nước, giá trị lưu tốc trung bình tại mặt cắt chọn tính toán. Năng lượng được tiêu hao ΔE qua toàn công trình là: $\Delta E = E_1 - E_{13}$ (m), xét theo tỷ lệ %: $\Delta E \% = \Delta E/E_1$ (%). Hiệu quả tiêu năng qua công trình đạt từ 60% đến 70%; Kết quả chi tiết thể hiện trên bảng 5.

4.6. Hiệu quả tiêu năng

Xác định hiệu quả tiêu năng qua toàn công trình:

Bảng 5. Đánh giá tiêu năng hạ lưu - PAHT

TT	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)	Các thông số tại mặt cắt thượng lưu tràn -T3 (m)			Các thông số tại mặt cắt đầu kênh – H13 (m)			$\Delta E_1 = E_{T3} - E_{H13}$ (m)	Tỷ lệ
			Z_{T3}	$\frac{V_{T3}^2}{2g}$	E_{T3}	Z_{H13}	$\frac{V_{H13}^2}{2g}$	E_{H13}		$\Delta E/E_{T3}$ (%)
1	Mở cả 2 tràn – P _{0,2%}	2421,4	47,76	0,024	47,78	18,99	0,48	19,47	28,32	59,3
2	Mở độc lập tràn tường ngược – P _{1%}	841,0	47,75	0,012	47,76	13,84	0,52	14,36	33,40	69,9
3	Mở độc lập tràn xả mặt – P _{1%}	1582,8	47,76	0,02	47,78	16,84	0,24	17,08	30,70	64,3

Mặt chuẩn so sánh là đáy bể tiêu năng ở cao trình +265,7m.

5. KẾT LUẬN

Tràn xả lũ Bản Lải có chế độ vận hành đặc thù, phức tạp, vận hành kết hợp giữa tràn tường ngực và tràn xả mặt bố trí ở hai bên. Do đó việc nghiên cứu trên mô hình thủy lực đã đem lại những hiệu quả to lớn trong lựa chọn bố trí tổng thể công trình, giải pháp tiêu năng hợp lý, cụ thể:

- Chiều cao lỗ xả sâu giảm 0,5m so thiết kế ban đầu, kích thước lỗ xả sâu là $B \times H = 5\text{m} \times 3,5\text{m}$, đảm bảo lưu lượng ứng với lũ thiết kế xả về thành phố Lạng Sơn trong phạm vi không chế ($Q_{yc} = 841\text{m}^3/\text{s}$).
- Mặt hạ lưu của tràn tường ngực nâng cao bằng tràn xả mặt và lược bỏ trụ kếp hạ lưu ngăn giữa 2 mặt tràn đã giúp dòng chảy cuối tràn, đầu bể được phân tán trên toàn mặt cắt, làm giảm tỷ lưu dòng chảy đầu bể, giảm dòng tập trung và xiết ở bể tiêu năng và đầu kênh hạ lưu, giảm

kích thước công trình tiêu năng.

- Đáy bể tiêu năng hạ thấp 1m so với thiết kế, cao trình đáy bể $Z_{db} = 265,7\text{m}$; Bố trí 02 hàng mố tiêu năng cách đầu bể 6m và 9m; mố cao 2,8m và 3,1m. Mố hình thang thu hẹp dần lên đỉnh; Mái thượng lưu mố vát góc 60^0 . Bể tiêu năng thứ cấp đoạn 1 dài 12,5m, cao trình 268,5m và đoạn 2 dài 21m, cao trình đáy 270,0m.
- Bố trí tường tiêu năng hạ lưu cao 1m dạng răng lược giúp tăng mực nước hạ lưu trong bể khi tràn bắt đầu vận hành, giúp dòng chảy trên kênh hạ lưu êm và phân bố đều hơn, giảm xoáy quần, xói lở hạ lưu tràn.

Các nội dung sửa đổi và thí nghiệm trên phương án hoàn thiện đã được Công ty Tư vấn xây dựng thủy lợi Việt Nam – CTCP và các bên liên quan áp dụng thiết kế cho thiết kế kỹ thuật - BVTC tràn xả lũ Bản Lải giai đoạn 1.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Văn Nghị, và nnk (2018), Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình mặt cắt – công trình đầu mối Hồ chứa nước Bản Lải giai đoạn 1;
- [2] Lê Văn Nghị, và nnk (2018), Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình tổng thể – công trình đầu mối Hồ chứa nước Bản Lải giai đoạn 1;
- [3] Thủy lực công trình tập 1,2 - Đại học Thủy lợi.