

LỰA CHỌN PHƯƠNG ÁN TIÊU NĂNG HỢP LÝ CHO TRÀN XẢ LŨ NẬM CẮT, TỈNH BẮC KẠN

Phạm Hồng Cường,

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Bùi Văn Hữu

Phòng thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sóng biển

Tóm tắt: Bài báo trình bày tóm tắt một số kết quả nghiên cứu thí nghiệm trên mô hình thủy lực xác định phương án tiêu năng hợp lý cho công trình tràn xả lũ Nậm Cắt, tỉnh Bắc Kạn

Từ khoá: tràn xả lũ; tiêu năng.

Summary: This paper presents a summary of the experimental research results on hydraulic model, appropriate energy dissipation structures for the flood spillway Nam Cat, Bac Kan province.

Keyword: flood spillway; Feature

1. MỞ ĐẦU

Công trình đầu mối của dự án hồ chứa nước Nậm Cắt, tỉnh Bắc Kạn được xây dựng trên địa bàn xã Dương Quang, thị xã Bắc Kạn, tỉnh Bắc Kạn. Dự án sẽ tạo nguồn cấp nước, giảm lũ cho thị xã Bắc Kạn, cải thiện môi trường...nâng cao đời sống cho đồng bào trong khu vực, phục vụ phát triển các ngành kinh tế, xã hội và an ninh quốc phòng cho tỉnh Bắc Kạn.

Dự án được đơn vị tư vấn Hec 2 thiết kế có quy mô công trình đầu mối là công trình cấp II, được xây dựng trên địa hình đồi núi phức tạp với các hạng mục tràn xả lũ, dốc nước, đoạn chuyển tiếp, bể tiêu năng, kênh hạ lưu... Một số thông số kỹ thuật chính của công trình:

- Lưu lượng xả lũ kiểm tra $P = 0,2\%$; $Q_{kt} = 789,0 \text{ (m}^3/\text{s)}$.
- Lưu lượng xả lũ thiết kế $P = 1,0\%$; $Q_{tk} = 720,5 \text{ (m}^3/\text{s)}$.
- Tràn xả lũ: Hình thức tràn thực dụng có 3 khoang, bề rộng mỗi khoang là 6m.
- Cao trình ngưỡng tràn +155,2m.
- Chiều dài dốc nước nối tiếp sau tràn: 95,5m;

Chiều rộng dốc nước: 22,0; Độ dốc 10%.

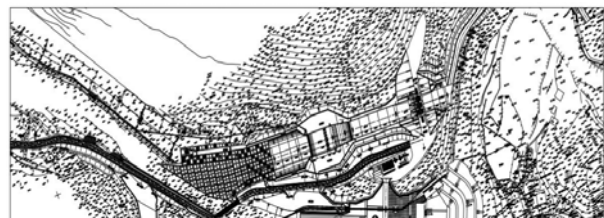
- Đoạn chuyển tiếp: Có chiều dài 19,55m.

- Bể tiêu năng: Có chiều dài 40,0m, cao trình đáy +131,50m, tường cao 13,30m, cao trình đỉnh tường +144,80m.

2. MÔ HÌNH HOÁ VÀ CÁC THIẾT BỊ THÍ NGHIỆM

2.1. Mô hình thí nghiệm

Mô hình được xây dựng theo tiêu chuẩn Froude với lực tác dụng vào dòng chảy chủ yếu là trọng lực với tỷ lệ mô hình $\lambda_L = 40$. Phạm vi xây dựng mô hình gồm một phần lòng hồ, tuyến tràn, dốc nước, bể tiêu năng, kênh hạ lưu kéo dài đến hết phạm vi mặt cắt xác định quan hệ $Q=f(Z_{hl})$ với tổng chiều dài 1000m, chiều rộng 360m. Phạm vi xây dựng mô hình được xác định là $L \times B \times H = (25 \times 9,0 \times 1,25) \text{m}$ (hình 1)



Hình 1. Mặt bằng tổng thể công trình

Ngày nhận bài: 11/4/2017

Ngày thông qua phản biện: 12/5/2017

Ngày duyệt đăng: 15/5/2017



Hình 2. Mô hình hóa công trình

2.2. Thiết bị thí nghiệm

Các thông số thủy động lực học của dòng chảy gồm trên mô hình được đo đạc bằng các thiết bị:

- + Kích thước dài trên mô hình được xác định bằng thước thép với sai số dưới 2mm.
- + Mức nước khống chế trên mô hình, trên máng lườn được đo bằng kim đo mực nước với độ chính xác là 0,1mm.
- + Địa hình lòng sông, lòng kênh khi xây dựng mô hình được khống chế cao độ bằng, cao độ mặt nước, đỉnh cao sóng được đo bằng máy thủy chuẩn Ni04 và mia, sai số dưới 0,5mm.
- + Lưu lượng cấp vào mô hình được đo bằng đập tràn thành mỏng đặt trong máng lườn hình chữ nhật tính theo công thức Rebock:

$$Q = 0,385 \left(1,762 + 0,54 \frac{H_p}{B} \right)$$
 sai số nhỏ hơn 1%.
- + Lưu tốc dòng chảy được đo bằng đầu đo điện kiểu điện từ 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%, từ số liệu vận tốc tức thời đo được tính được vận tốc trung bình thời gian và mạch động vận tốc.

2.3. Các chế độ thí nghiệm

Các trường hợp lưu lượng và mực nước được tiến hành thí nghiệm như Bảng 1.

Bảng 1. Các chế độ lưu lượng và mực nước thí nghiệm

TT	Q (m ³ /s)	Z _{TL} (m)	Z _{HL} (m)	Ghi chú
1	789,0	164,31	141,88	Các cửa van mở hoàn toàn
2	720,5	163,77	141,66	
3	550,0		141,08	
4	433,0		140,62	
5	250,0		139,70	

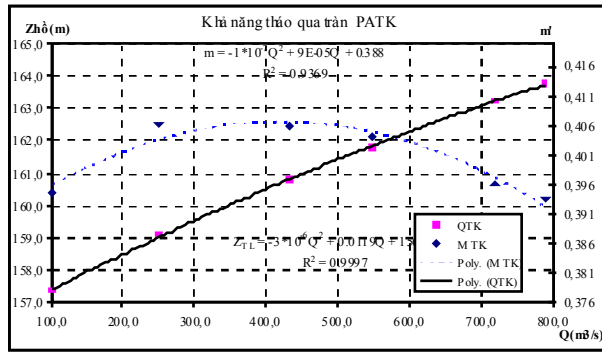
3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ SO CHỌN PHƯƠNG ÁN

3.1. Kết quả thí nghiệm phương án di tư vấn thiết kế đề xuất-PATK

Về khả năng xả qua tràn: Khả năng xả đảm bảo yêu cầu tháo lũ theo tính toán. Mực nước thượng lưu hồ thí nghiệm ứng với lưu lượng kiểm tra ($Q_{KT}=789\text{m}^3/\text{s}$) và lưu lượng thiết kế ($Q_{TK}=720,5\text{m}^3/\text{s}$) giảm 56cm so với MNTL tính toán. Hệ số lưu lượng đã kể tới co hẹp đạt $m'=0,394 \div 0,406$, đạt giá trị lớn nhất $m'=0,406$ khi lưu lượng là $Q=433,0\text{m}^3/\text{s}$ (Bảng 2).

Bảng 2. Khả năng xả qua tràn- PATK

TT	Q _{TT} (m ³ /s)	Q _{TN} (m ³ /s)	Z _{TLTT} (m)	Z _{TLTN} (m)	Z _{HLTT} (m)	Z _{HLTN} (m)	q _{tràn} (m ² /s)	Ho	m'
1	789,0	789,5	164,31	163,75	141,88	141,87	43,83	8,59	0,394
2	720,5	720,5	163,77	163,22	141,66	141,66	40,03	8,04	0,396
3	550,0	548,5		161,80	141,08	141,07	30,56	6,62	0,404
4	433,0	432,4		160,81	140,62	140,60	24,06	5,63	0,406
5	250,0	250,0		159,10	139,70	139,68	13,89	3,91	0,406
6	100,0	101,2		157,38	138,38	138,38	5,56	2,18	0,395



Hình 3. Quan hệ $Q-Z_{TL}$ và $Q-m'$ qua tràn PATK

Tình hình thủy lực: Khi dòng chảy qua tràn xả lũ sinh ra hiện tượng nước dềnh ở đầu các trụ pin giữa, lớn nhất đạt 0,72m khi ứng với lưu lượng kiểm tra ($Q=789\text{m}^3/\text{s}$).

- Sau khi dòng chảy qua các khoang tràn xuống dốc nước, đuôi trụ pin phía hạ lưu có dạng vuông nên dòng chảy từ đỉnh tràn đổ xuống đầu dốc nước, sinh ra hai dòng phun từ đuôi trụ pin kéo dài lớn từ 19,2-38,0m. Dòng chảy trên dốc giao thoa tạo ra các gân giao thoa. Đường mực nước trên dốc không đều (Hình 4).



Hình 4. Giao thoa trên dốc nước

- Dòng chảy từ dốc nước chuyển qua đoạn chuyển tiếp xuống bể tiêu năng sinh nước nhảy hoàn chỉnh trong bể tiêu năng. Hai tường bên bể tiêu năng sinh hiện tượng tách dòng.

- Bể tiêu năng có nước nhảy hoàn chỉnh trong bể. Tại vị trí cách cuối bể từ 3,0-3,2m mực nước vượt qua tường bên của bể từ 1,2-1,8m ứng với $Q=720,5\text{m}^3/\text{s}$ và $Q=789\text{m}^3/\text{s}$ (Hình 5).



Hình 5. Nước nhảy vượt tường bể tiêu năng



Hình 6. Nước nhảy thứ cấp trên kênh hạ lưu

- Kênh dẫn hạ lưu: Dòng chảy qua bể tiêu năng xuống kênh hạ lưu tán sang 2 bên sau đó giao thoa tạo nước nhảy thứ cấp - cách bể tiêu năng từ 20m đến 40,0 m (ứng với $Q=250\text{m}^3/\text{s}$ đến $Q=789\text{m}^3/\text{s}$). Phần kênh hạ lưu gia cố bằng đá hộc trong khung bê tông và đoạn lòng suối tự nhiên có lưu tốc rất lớn lên đến 11,69m/s nên có thể gây xói lở, sạt trượt 2 bên sườn núi, gây ra những tác hại nguy hiểm trong quá trình vận hành (Hình 6).

- Đoạn suối tự nhiên: dòng chảy qua kênh hạ lưu chảy gần như thẳng góc với bờ trái lòng suối tự nhiên, dòng chảy ép trái và chảy xiết xuống hạ lưu.

Bảng 3. Các thông số nối tiếp dòng chảy

TT	Thông số nối tiếp	Thông số nước nhảy ứng với các cấp lưu lượng Q(m ³ /s)									
		789		720,5		550		433		250	
		Hai bên	Giữa	Hai bên	Giữa	Hai bên	Giữa	Hai bên	Giữa	Hai bên	Giữa
1	Hình thức nối tiếp	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập	Nn ngập
2	Vị trí bắt đầu nước nhảy - cách cuối dốc (m)	11,7	14,7	12,3	14,8	12,77	15,27	13,27	15,77	13,67	15,67
3	Độ sâu co hẹp tại đầu nước nhảy, h _c (m)	2,00	2,00	2,00	2,00	1,76	1,76	1,44	1,44	1,20	1,20
4	Độ sâu hồi phục h'' _c (m)	13,20	12,40	12,40	12,40	11,20	11,00	10,00	10,00	8,00	8,00
5	Chiều dài nước nhảy, L _{nn} (m)	40,8	40,8	35,2	34,8	33,6	33,6	33,6	33,6	28,8	28,8

Về lưu tốc dòng chảy: Kết quả thí nghiệm cho thấy lưu tốc tại các vùng tương ứng với các cấp lưu lượng thí nghiệm như sau:

- + Lòng hồ : $V_{\max} = 0,24 \text{ m/s} \div 0,89 \text{ m/s}$;
- + Cửa vào tràn : $V_{\max} = 1,28 \text{ m/s} \div 5,29 \text{ m/s}$;
- + Thân tràn : $V_{\max} = 8,44 \text{ m/s} \div 12,25 \text{ m/s}$;
- + Dốc nước : $V_{\max} = 12,69 \text{ m/s} \div 17,92 \text{ m/s}$;

+ Đoạn chuyển tiếp: $V_{\max} = 9,02 \text{ m/s} \div 19,74 \text{ m/s}$;

+ Bể tiêu năng : $V_{\max} = 4,42 \text{ m/s} \div 13,42 \text{ m/s}$;

+ Kênh hạ lưu : $V_{\max} = 6,26 \text{ m/s} \div 11,69 \text{ m/s}$;

+ Suối tự nhiên: $V_{\max} = 3,57 \text{ m/s} \div 6,58 \text{ m/s}$.

d) Sóng trên kênh xả hạ lưu

Chiều cao sóng tương ứng với các lưu lượng được ghi trong Bảng 4.

Bảng 4. Chiều cao sóng ở hai bờ kênh xả hạ lưu (m)

Vị trí	789,0		720,5		550,0		433,0		250,0	
	Trái	Phải	Trái	Phải	Trái	Phải	Trái	Phải	Trái	Phải
Đầu kênh hạ lưu	0,80	1,56	0,92	0,76	0,68	0,72	0,56	0,64	0,36	0,44
Giữa kênh hạ lưu	0,92	1,20	1,04	1,08	0,68	1,32	1,00	1,20	0,48	0,44
Cuối kênh	1,40	1,12	0,56	0,80	0,80	0,72	0,48	0,52	0,24	0,20
Lòng suối tự nhiên, cách đuôi kênh hạ lưu 76,75m	0,32	0,88	0,80	0,48	0,56	0,36	0,36	0,28	0,24	0,08
Lòng suối tự nhiên, cách đuôi kênh hạ lưu 179,8m	0,60	0,56	0,72	0,76	0,40	0,28	0,32	0,56	0,24	0,08
Max	1,40	1,56	1,04	1,08	0,80	1,32	1,00	1,20	0,52	0,44

3.2. Nhận xét về phương án thiết kế

Từ kết quả thí nghiệm phương án thiết kế cho thấy:

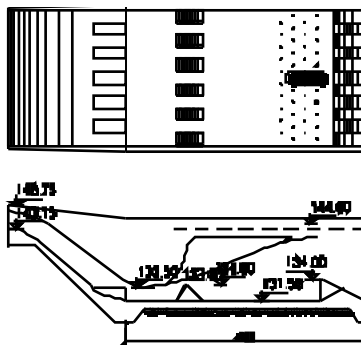
- Chế độ thủy lực dòng chảy sau tràn khá phức tạp. Trên dốc nước xuất hiện dòng xiên và giao thoa tạo thành gợn nước dẫn đến đường mặt nước phân bố không đều.
- Dòng chảy trên đoạn chuyển tiếp mở rộng dần có hiện tượng tách dòng tại hai đầu tường bên nên cần phải xem xét hợp lý đoạn chuyển tiếp.
- Kết cấu ngưỡng tiêu năng chưa hợp lý nên dòng chảy được bổ sung năng lượng sinh ra dòng xiết và nước nhảy thứ cấp đầu kênh hạ lưu. Điều này tác động nguy hiểm đến chân tường kề đường giao thông.

3.3. Nghiên cứu lựa chọn phương án tiêu năng hợp lý

Với những hiện tượng thủy lực bất lợi đã nêu ở trên, nhóm nghiên cứu đề xuất một số giải pháp công trình nhằm khắc phục những đặc điểm đó để chọn ra được phương án tối ưu về mặt kinh tế, kỹ thuật.

+ Phương án kết cấu 1(PA1):

- Gắn nhám dạng thẳng $\frac{1}{2}$ chiều dài cuối dốc. Các thanh nhám có kích thước (0,4x0,4x22)m, khoảng cách giữa các thanh 3,0m.
- Sửa đổi mặt cong chuyển tiếp thành 2 đoạn cong có R=9,50m và nối tiếp bằng 1 đoạn thẳng dài 10,78m.
- Bể tiêu năng: Bố trí răng tiêu năng +133,5m cuối đoạn chuyển tiếp, mô tiêu năng +134,0m cách đầu bể 8,6 m và răng so le có cao trình +136,0m (Hình 7).
- Tường cửa ra bể tiêu năng mở góc 90^0 .



Hình 7. Phương án kết cấu 1

Với phương án này thì trên $\frac{1}{2}$ đoạn đầu dốc không bố trí nhám nên vẫn xuất hiện sóng xiên và giao thoa trên dốc, $\frac{1}{2}$ đoạn sau dốc nước có bố trí nhám gia cường dòng chảy trên dốc được phân bố lại và tán đều trên dốc trước khi đổ xuống hạ lưu. Nước nhày trong bể tiêu năng không ổn định (nước nhảy phóng xạ). Dòng chảy trên kênh hạ lưu êm, sóng nhỏ, dòng chảy phân bố đều trên mặt cắt kênh. Chiều cao sóng hạ lưu đã giảm nhỏ.

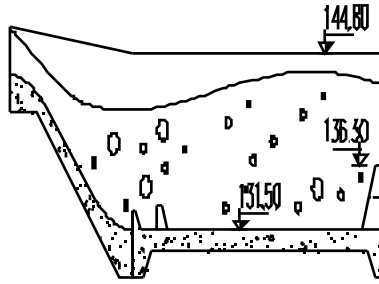
+ Phương án kết cấu 2(PA2):

- Gắn nhám dạng thẳng $\frac{1}{2}$ chiều dài cuối

dốc. Các thanh nhám có kích thước (0,4x0,4x22)m.

- Sửa đổi mặt cong chuyển tiếp thành 2 đoạn cong có R=9,50m và nối tiếp bằng 1 đoạn thẳng dài 10,78m.
- Bể tiêu năng: Bố trí 2 hàng mô so le trong bể, hàng 1 đặt tại đầu bể cao 1,4m, hàng mô thứ 2 cách 1- 4m, có chiều cao 1,8m, cuối bể có dầm khoét lỗ đáy có cao trình đỉnh dầm là 136,3m (Hình 8).

- Tường cửa ra bể tiêu năng mở góc 90^0 .



Hình 8. Phương án kết cấu 2

Với phương án này thì hình thành nước nhảy ổn định trong bể tiêu năng. Dòng chảy trên kênh hạ lưu êm, sóng nhỏ, dòng chảy phân bố đều trên mặt cắt kênh. Tuy nhiên lưu tốc đáy đoạn đầu kênh hạ lưu còn lớn ($6,77\text{m/s}$ ứng với $Q=720,5\text{m}^3/\text{s}$). Chiều cao sóng giảm nhỏ hơn so với phương án kết cấu 1.

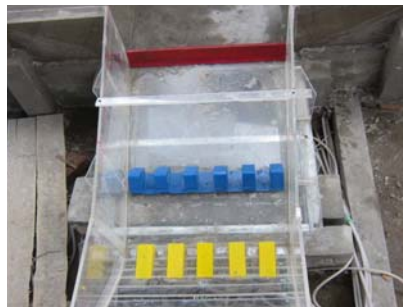
+ Phương án kết cấu 3(PA3):

- Gắn nhám dạng so le 3D chia thành từng

dầm trên toàn bộ chiều dài dốc nước. Kích thước ($a \times b \times h$) $4,4 \times 0,5 \times 0,4$ Khoảng cách giữa các thanh nhám là 3m .

- Bố trí răng tiêu năng $+133,5\text{m}$ cuối đoạn chuyển tiếp, mô tiêu năng $+134,5\text{m}$ cách đầu bể $9,6\text{m}$ và dầm cuối bể cao $3,2\text{m}$ (Hình 9).

- Cửa ra bể tiêu năng có bố trí tường trọng lực với góc mở 45° .



Hình 9. Phương án kết cấu 3

Kết quả cho thấy:

Về khả năng xả qua tràn: Khả năng tháo của công trình là đảm bảo. Đối với MNKT và MNTK khả năng xả thí nghiệm lớn hơn khả năng xả tính toán từ $8-10\%$.

Chế độ nổi tiếp và tiêu năng: Đường mực nước trên trên toàn bộ dốc phân bố tương đối đều, độ sâu dòng chảy trên tăng hơn so với PATK, PA1,2 do có gắn nhám trên toàn bộ chiều dài dốc. Tuy nhiên vẫn còn hiện tượng hình thành dòng xiên sau tràn và giao thoa tạo gợn nước trong phạm vi $16-18\text{m}$ đầu dốc ứng

với các cấp mực nước thượng lưu từ $Z_{TL}=163,77 \div 164,31\text{m}$.

- Đoạn chuyển tiếp: Dòng chảy trên đoạn chuyển tiếp bám sát đáy, không gây hiện tượng tách dòng.

- Bể tiêu năng: Dòng chảy từ đoạn chuyển tiếp xuống bể tiêu năng sinh nước nhảy ngập, ổn định trong bể.

- Dòng chảy từ bể tiêu năng ra kênh hạ lưu phân bố đều trên toàn bộ mặt cắt. Tường cánh hai bên cửa ra không có hiện tượng xoáy. Từ bể tiêu năng ra kênh hạ lưu xuất hiện dòng đổ

cách bề 18-20m, chênh lệch mực nước trong bể và sau đoạn nước đổ là 1,2-1,6m ứng với MNTK và MNKT.

Hiệu quả tiêu năng trên dốc đạt từ 44-54%, Hiệu quả tiêu năng toàn công trình là 59-62% ứng với các cấp lưu lượng thí nghiệm.



Hình 10. Tình hình thủy lực trên dốc nước, bể tiêu năng và đoạn cửa ra kênh hạ lưu

Về lưu tốc dòng chảy: So với phương án thiết kế nhiều (Bảng 5).
kế lưu tốc trung bình dòng chảy đã giảm đi rất

Bảng 5. So sánh vị trí lưu tốc trung bình tại từng vị trí PATK và PAHT

Vùng so sánh	Lưu tốc trung bình (m/s)					
	MN +164,31m		MN 163,77m		Q=550m ³ /s	
	PATK	PA3	PATK	PA3	PATK	PA3
Thượng lưu hồ	0,61	0,6	0,49	0,55	0,46	0,46
Kênh dẫn thượng lưu	3,48	2,76	3,20	2,63	2,62	2,51
Cửa vào tràn	4,17	3,54	4,12	3,38	3,65	3,05
Cửa ra tràn	11,47	10,46	11,40	10,86	10,33	10,44
Dốc nước	17,15	12,60	16,35	11,97	15,67	11,03
Đoạn chuyển tiếp	14,01	9,34	11,27	8,00	10,68	7,21
Bể tiêu năng	7,76	5,59	7,34	4,60	5,53	3,66
Đầu kênh hạ lưu	11,14	3,64	9,72	3,21	8,46	2,85
Cuối kênh hạ lưu:	5,35	3,09	4,24	2,82	4,49	2,11
Suối tự nhiên:	4,10	3,11	3,13	2,64	4,15	2,63

Sóng trên kênh xả hạ lưu: Chiều cao sóng trung bình hạ lưu công trình giữa PATK và PA3 thể hiện qua Bảng 6.

Bảng 6. Bảng so sánh giá trị chiều cao sóng hạ lưu trung bình PATK và PA3 (m)

Mặt cắt	MN +164,31m		MN +163,77m		Q=550m ³ /s	
	TK	PA3	TK	PA3	TK	PA3
Đầu kênh hạ lưu	1,18	1,10	0,84	0,64	0,70	0,66
Giữa kênh hạ lưu	1,06	0,56	1,02	0,48	1,00	0,46
Cuối kênh	1,26	0,40	0,68	0,24	0,76	0,24
Lòng suối tự nhiên, cách đuôi kênh hạ lưu 76,75m	0,60	0,30	0,64	0,24	0,46	0,24
Lòng suối tự nhiên, cách đuôi kênh hạ lưu 179,8m	0,58	0,30	0,74	0,22	0,34	0,22

4. KẾT LUẬN

Phương án kết cấu lựa chọn - PA3 đã hạn chế tối đa hiện tượng sóng xiên, giao thoa, giảm sự tập trung năng lượng ở cuối dốc. Các kết cấu tiêu năng bố trí như PA3 giúp bề

tiêu năng làm việc ổn định và dòng chảy sau kênh hạ lưu êm hơn.

Phương án này đã được đơn vị tư vấn thiết kế áp dụng cho giai đoạn bản vẽ thi công của công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Bùi Văn Hữu và nnk. 2014. Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ – Phương án điều chỉnh.
- [2]. Nguyễn Cảnh Cầm, Nguyễn Văn Cung, nnk. 2006. Giáo trình thủy lực tập 1,2,3 Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- [3]. Lê Văn Nghi, Đoàn Thị Minh Yến và nnk. 2013. Báo cáo kết quả nghiên cứu thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ Ngàn Trươi – Hà Tĩnh - Phương án tràn 7 cửa (PA6B).
- [4]. Phạm Ngọc Quý. 2003. Nối tiếp và tiêu năng hạ lưu công trình tháo nước. NXB Xây dựng.