

NGHIÊN CỨU MÔ HÌNH VẬT LÝ LỰA CHỌN GIẢI PHÁP TIÊU NĂNG HIỆU QUẢ CHO ĐẬP DÂNG BẦY YẾN TRÊN SÔNG KÔN - HÀ THANH

Nguyễn Thanh Khởi, Đặng Thị Hồng Huệ

Phòng Thí nghiệm Trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Tóm tắt: Mực nước hạ lưu các công trình thủy lợi ảnh hưởng lớn đến chế độ thủy lực và tiêu năng hạ lưu khi công trình vận hành. Đối với các đập dâng có kết cấu tiêu năng đáy, mực nước hạ lưu thay đổi tác động rất lớn đến chế độ thủy lực, nối tiếp và tiêu năng hạ lưu, có thể uy hiếp an toàn về xói lở hạ lưu công trình và nguy hiểm hơn có thể đe dọa đến ổn định của công trình.

Đập dâng Bầy Yến (An Nhơn, Bình Định) nằm ở hạ du sông Kôn trong quá trình vận hành vừa qua do mực nước sau công trình bị hạ thấp, dòng chảy bị thay đổi, gây ra tình trạng xói lở chân đập, sạt lở mái taluy, sân tiêu năng có hiện tượng bong tróc đến gần 40m², hố xói sâu tới 1,2m, xói lở mái bờ vùng gia cố cầu Phú Ngọc ở hạ lưu công trình.

Bài báo này, trình bày tóm tắt kết quả nghiên cứu trên mô hình vật lý về chế độ thủy lực nối tiếp dòng chảy do mực nước hạ lưu thay đổi và đề xuất giải pháp đảm bảo an toàn tiêu năng phòng xói cho đập dâng Bầy Yến trên sông Kôn - Hà Thanh, Bình Định.

Từ khóa: Đập dâng Bầy Yến, giải pháp tiêu năng, mực nước hạ thấp.

Summary: The downstream water level of the weir, which have a bottom energy dissipation structure, dramatically affects the hydraulic regime, the sequence, and the downstream energy dissipation. The variation of water level downstream could threaten the safety of erosion downstream of the structure and even threaten the stability of the structure.

In recent times, operating the Bay Yen weir (in An Nhơn, Binh Dinh province) located in the lower part of the Kone river is a typical example. Due to the lowered downstream water level, the flow was changed suddenly, causing erosion of the dam toe, slope of the talus. The energy dissipation yard was peeling up to nearly 40m², the scour hole was up to 1.2m deep, and the bank's roof was eroded at Phu Ngoc bridge reinforcement area (downstream of the work).

This paper presents a summary of the research results on the physical model of the flow-sequential hydraulic regime due to the downstream water level change and proposes solutions to ensure the safety of energy dissipation to prevent erosion for the Bay Yen roller dam on the Kone-Ha Thanh River, Binh Dinh.

Keywords: Bay Yen roller dam, energy dissipation solution, lower water level.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với các công trình thủy lợi như tràn xả lũ, cống, đập dâng ... khi mực nước hạ lưu thay đổi gây ra ảnh hưởng rất lớn đến an toàn vận hành công trình, làm thay đổi chế độ thủy lực dòng chảy, thay đổi bài toán nối tiếp tiêu năng hạ lưu công

trình, tác động lớn đến an toàn tiêu năng phòng xói hạ lưu, gây hư hỏng thiết bị tiêu năng, xói lở hạ lưu, mái đập, gây ra nứt gãy... dẫn đến phá hủy kết cấu gia cố gây mất ổn định công trình.

Trên lưu vực sông Kôn - Hà Thanh có khoảng

Ngày nhận bài: 08/11/2021

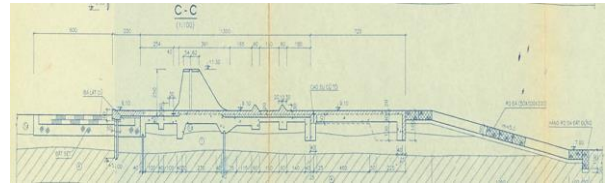
Ngày thông qua phản biện: 30/11/2021

Ngày duyệt đăng: 02/12/2021

gần 100 đập dâng để lấy nước tưới và phục vụ dân sinh cùng với hàng trăm hồ chứa thủy lợi, thủy điện lớn nhỏ vận hành nên khi mực nước sông thay đổi ảnh hưởng đến an toàn tiêu năng phòng xói công trình, nguy hiểm hơn có thể gây phá hủy công trình nếu vấn đề này xảy ra nguy cơ hiểm họa sẽ khó lường, ở vùng hạ du các đập dâng chịu ảnh hưởng lớn nhất khi mực sông thay đổi và hạ thấp. Vì vậy nghiên cứu giải pháp tiêu năng hiệu quả cho các đập dâng vùng hạ du trong điều kiện mực nước sông thay đổi và hạ thấp là cần thiết.

Đập dâng Bảy Yển nằm ở hạ du sông Kôn - Hà Thanh có nhiệm vụ dâng nước và điều phối dòng chảy cơ bản trên sông để phân phối về các nhánh sông chính để tưới để tưới cho 10.020 ha đất canh tác, tiêu thoát lũ trên dòng chính không ảnh hưởng ngập thượng lưu. Công trình gồm đập dâng tổng chiều dài 220m, cao trình đỉnh đập 11,30m, chiều cao đập 2,40m; 14 cửa điều tiết cao trình ngưỡng 10,10m, bề rộng mỗi cửa điều tiết 2,0m; 10 cửa xả cát cao trình ngưỡng 9,10m bề rộng mỗi cửa xả cát 2,0m. Cao trình sân tiêu năng 9,10m, trên sân tiêu năng gồm 2 hàng mố bố trí so le. Nối tiếp sân tiêu năng bằng đá xây, rọ đá, chiều dài gia cố sân sau rọ đá 14,0m. Cắt dọc tuyến đập dâng xem hình 1 (thiết kế sửa chữa 2001).

Hiện trạng phần kết cấu tiêu năng phòng xói của công trình, tóm tắt như sau: Sân sau hạ lưu phần đá nối tiếp giáp với chân khay bị xói trôi tróc đá, kích thước hố xói $L=6,0m$, $B=6,0m$, chiều sâu xói bình quân $H_x=1,0m$ điểm xói sâu nhất $H_{x_max}=1,2m$ so với đỉnh chân khay hạ lưu. Mái hạ lưu (bên tả) tại vị trí hố xói, phần mái đá bị xói sập 2/3 tính từ chân khay, chiều dài mái đã sập $L=13,5m$, chiều cao bị sập $H_{sập}=8,0m$ điểm sâu nhất bị xói sập khoảng 1,2m. Đập dâng được xây dựng năm 1958 và nâng cấp sửa chữa năm 2001: gia cố bổ sung các kết cấu công trình, thân đập, trụ pin, cửa xả cát, cửa điều tiết, sân trước và sân sau.



Hình 1: Cắt dọc tuyến đập dâng Bảy Yển

Vị trí tuyến đập dâng sau cửa chi lưu của nhánh Tân An và Gò Chàm, dòng chảy ở khu vực này biến đổi phức tạp giữa mùa khô và mùa lũ, giữa lũ lớn và lũ nhỏ, do ảnh hưởng của mực nước nên quá trình vận hành dòng chảy bị thay đổi, gây ra tình trạng xói lở chân đập, sân tiêu năng có hiện tượng bong tróc, sân sau hạ lưu phần đá rồi tiếp giáp với chân khay bị xói trôi tróc đá, hạ lưu xói lở mái bờ vùng gia cố. Lũ về khi mực nước sau công trình thay đổi sẽ ảnh hưởng an toàn của công trình. Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu giải pháp tiêu năng phòng xói hiệu quả cho công trình trên mô hình vật lý.

2. CƠ SỞ DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Đánh giá ảnh hưởng do sự thay đổi mực nước đến vận hành đập dâng Bảy Yển về chế độ thủy lực dòng chảy, nối tiếp tiêu năng hạ lưu sử dụng phương pháp nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý.

2.1. Mô hình hóa và xây dựng mô hình

- Tiêu chuẩn tương tự: Mô hình thiết kế theo tiêu chuẩn Froude.

- Loại mô hình và tỷ lệ mô hình: mô hình mặt cắt chính thái, lòng cứng, tỷ lệ: $\lambda_L=10$. Mô hình được xây dựng trong máng kính có $b=0,50m$, kích thước mô hình $L \times B \times H = 20 \times 0,5 \times 1,0m$.

- Mô hình thỏa mãn các điều kiện theo TCVN 8214:2009 và điều kiện làm việc trong khu tự động mô hình với $(Re_{min})_{mh} = 47300 \geq Re_{gh}=5600$.

2.2. Các phương án nghiên cứu

2.2.1. Phương án nghiên cứu hiện trạng

Với kết cấu công trình hiện trạng (PAHT): mô phỏng công trình với kết cấu tiêu năng, gia cố bảo vệ công trình theo hồ sơ thiết kế, nghiên cứu với 3 trường hợp:

(1) Thực trạng công trình: các tổ hợp có thể xảy ra trong vận hành;

(2) Mức nước hạ thấp theo hiện trạng: Các tổ hợp bất lợi cho tiêu năng phòng xói do hạ thấp mức nước hạ lưu.

(3) Mức nước dự đoán trong tương lai: Các tổ hợp với mức nước tiếp tục hạ thấp (*dự kiến theo xu thế*);

2.2.2. Phương án nghiên cứu các giải pháp đề xuất

2.2.2.1. Mục tiêu

Với công trình Bảy Yển theo thiết kế giải quyết bài toán tiêu năng với lũ trung, lũ nhỏ với $Q < 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ với mức nước $Z_{hl} < 11,0\text{m}$, khi lũ lớn $Q > 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ dòng chảy tràn bờ. Khi mức nước bị hạ thấp, dòng chảy qua đập bị thay đổi so với bài toán thiết kế, chế độ nổi tiếp, trạng thái thủy lực sau công trình thay đổi với hình thái nổi tiếp bất lợi, dòng chảy khá xiết có lưu tốc rất lớn ảnh hưởng đến tiêu năng sau đập. Do đó, nghiên cứu giải pháp tiêu năng được đặt ra đối với công trình khi mức nước hạ lưu thay đổi đảm bảo mục tiêu:

+ Tạo nước nhảy ngập, ổn định trên sân tiêu năng (STN);

+ Giảm dòng chảy xiết;

+ Giảm chiều dài đoạn dòng chảy xiết sau nước nhảy;

+ Giảm lưu tốc dòng chảy dọc tuyến công trình và sóng ở hạ lưu;

2.2.2.2. Các giải pháp nghiên cứu thí nghiệm:

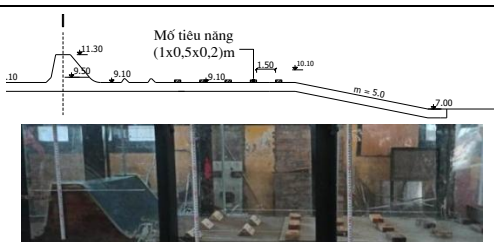
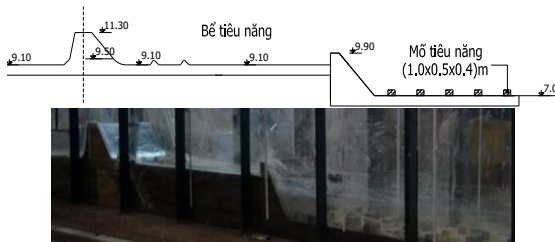
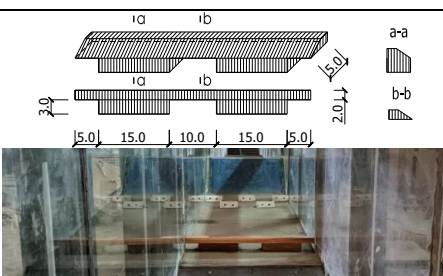
Sau kết quả nghiên cứu PAHT các trường hợp vận hành công trình, đánh giá tác động của vấn đề thay đổi mức nước với tiêu năng hạ lưu công trình, đã nghiên cứu cho 08 giải pháp công trình, đánh giá về chế độ thủy lực, nổi tiếp, tiêu năng hạ lưu. Do điều kiện thời gian và dung lượng không cho phép, trong phạm vi bài báo này trình bày 03 giải pháp công trình:

+ PA1: Bố trí các mô nhám trên sân tiêu năng;

+ PA2: Bể tiêu năng sau đập;

+ PA3: Dầm khoét lỗ đáy ở cuối STN.

Bảng 1: Mô tả các giải pháp công trình

Mô tả kết cấu giải pháp	Bản vẽ kết cấu và hình ảnh mô hình
PA1: Bố trí các mô nhám trên STN: - Sân tiêu năng (STN) hiện trạng, thêm 05 hàng mô nhám cao 0,20m; các mô bố trí so le. (kích thước mô $L \times b \times h = 1,0 \times 0,5 \times 0,2 \text{ m}$).	
PA2: Bể tiêu năng sau đập: - Sân tiêu năng theo hiện trạng, cuối STN bố trí tường cao 0,8m (cao trình đỉnh tường +9,90m) tạo thành BTN; - Nổi tiếp sau BTN: đáy kênh hạ lưu ở cao trình +7,0m bố trí mô nhám, mô cao 0,4m bố trí so le chiều dài gia cố 10,0m	
PA3: Dầm khoét lỗ đáy ở cuối STN: - Sân tiêu năng hiện trạng, cuối STN bố trí ngưỡng (dầm) khoét lỗ đáy, dầm cao 0,5m lỗ đáy cao 0,3m.	

2.3. Các tổ hợp lưu lượng, mực nước thí nghiệm

Căn cứ tài liệu thiết kế kỹ thuật công trình đập dâng Bảy Yền, kết quả tính toán lũ, tính toán thiết kế xác định quan hệ lưu lượng và mực

nước tại thượng hạ lưu đập Bảy Yền, tham khảo kết quả tính toán của công trình Định Bình, Văn Phong để lựa chọn các tổ hợp lưu lượng, mực nước để nghiên cứu trên mô hình đập dâng Bảy Yền.

Bảng 2: Các tổ hợp lưu lượng, mực nước nghiên cứu trên mô hình

TT	Trường hợp	Q (m ³ /s)	Z _{TL} (m)	Z _{HL} (m)	Ghi chú
1	Lũ lớn	1600,70	14,58	12,24	Z _{HL} : theo quan hệ Q~Z _{HL}
2	Lũ trung (lũ sớm)	1030,00	12,66	10,80	
3	Lũ nhỏ (mùa kiệt max)	737,55	12,85	10,52	
4	Lũ nhỏ (mùa kiệt max)	530,88	12,57	10,00	
5	Lũ nhỏ (lũ tiểu mãn)	330,85	12,20	9,00	

3. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM VÀ THẢO LUẬN

3.1. Về phương án hiện trạng của công trình

3.1.1. Tình hình thủy lực ứng với các tổ hợp lưu lượng qua đập

- Lũ lớn $Q > 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ mực nước cao, nối tiếp sau đập là nước nhảy ngập tại chân đập;
- Lũ lớn, lưu lượng qua đập $Q = 1000 \div 1500 \text{ m}^3/\text{s}$ nối tiếp sau đập là nước nhảy phóng xa trên sân tiêu năng và đoạn mái dốc.
- Lũ trung, lưu lượng $Q = 600 \text{ m}^3/\text{s} \div 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ hiệu quả các mô tiêu năng khá tốt, tuy nhiên sau các hàng mô trên sân tiêu năng có nhảy thứ cấp với chế độ nhảy sóng hoặc nhảy mặt, trạng thái dòng

mặt và sóng kéo dài về hạ lưu, khi mực nước hạ thấp trên sân tiêu năng dòng xiết, nước nhảy phóng xa vị trí dịch chuyển trên cả chiều dài đoạn mái dốc.

- Lũ nhỏ, lưu lượng $Q < 600 \text{ m}^3/\text{s}$ dòng chảy qua đập va vào các hàng mô trên sân tiêu năng dòng nước vòng cao như dòng phun rơi xuống STN, dòng xiết trên kéo dài trên sân tiêu năng và mái dốc; nối tiếp với dòng chảy ở hạ lưu có nước nhảy phóng xa và xiết mạnh trên mái dốc, khi mực nước hạ thấp vị trí nước nhảy bị đẩy xa ở kênh hạ lưu.

Mô tả về tình hình thủy lực, nối tiếp dòng chảy qua đập hình ảnh dòng chảy như trong bảng 3.

Bảng 3: Tình hình thủy lực dòng chảy - PAHT

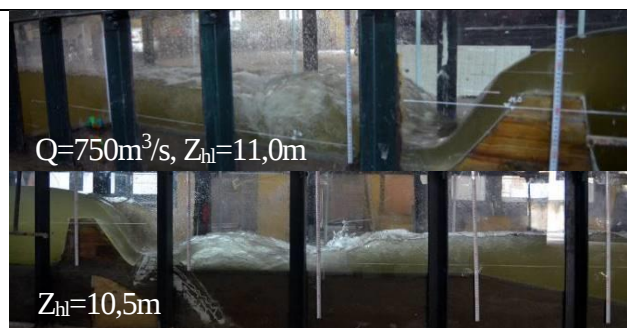
Lũ lớn và lũ trung: - Mực nước hạ lưu cao: nước nhảy ngập chân đập, hạ lưu xiết, dòng mặt sóng kéo dài; $Q = 1600 \text{ m}^3/\text{s}$; $Z_{hl} = 12,8 \text{ m}$; - Mực nước thay đổi (hạ thấp) $Z_{hl} = 11,7 \text{ m}$: dòng xiết trên STN và nhảy phóng xa ở đầu mái dốc, hạ lưu sóng lớn, dòng xiết. - $Q = 1000 \text{ m}^3/\text{s}$: trên STN dòng xiết, nước nhảy phóng xa trên sân tiêu năng hoặc đầu mái dốc.	
---	--

Lũ trung, lũ nhỏ kiệt max: Nước nhảy trạng thái ranh giới, nhảy mặt trên sân tiêu năng, nước nhảy sóng, nhảy thứ cấp dòng chảy mặt, sóng lớn kéo dài;

- Khi mực nước hạ thấp: Sau hàng mố nước nhảy thứ cấp trên STN, nước nhảy với các trạng thái ranh giới, nhảy mặt nhảy sóng.

Lũ nhỏ $Q < 600 \text{ m}^3/\text{s}$: Dòng nước va vào hàng mố vòng cao, sân tiêu năng, mái dốc dòng xiết. Nước nhảy đầu kênh xả hạ lưu ($Q=530 \text{ m}^3/\text{s}$, $Z_{hl}=9,8\text{m}$).

- Mực nước hạ lưu thấp, dòng chảy trượt ra đầu kênh hạ lưu và hình thành nước nhảy ở trên kênh hạ lưu ($Z_{hl}=8,8\text{m}$);



3.1.2. Chế độ nối tiếp dòng chảy khi mực nước hạ lưu thay đổi:

- Sau đập dâng đều có dòng chảy xiết trên sân tiêu năng và đoạn mái dốc, nối tiếp với hạ lưu có nước nhảy xiết mạnh, vị trí nước nhảy không ổn định dịch chuyển trên đoạn dài khoảng hơn 30m từ chân đập (khi mực nước hạ lưu rất lớn nhảy ngập ở chân đập) trên sân tiêu năng, mái dốc nghiêng và kênh hạ lưu tùy thuộc vào lưu lượng và mực nước hạ lưu; ở kênh hạ lưu dòng xiết và sóng lớn kéo dài khoảng 100m sau đập.

- Mực nước hạ lưu thay đổi thì sau đập chế độ nối tiếp, vị trí nước nhảy, trạng thái nước nhảy, chế độ chảy qua công trình và ở các khu vực công trình diễn biến khác nhau, phân chia thành 03 vùng mực nước hạ lưu như sau:

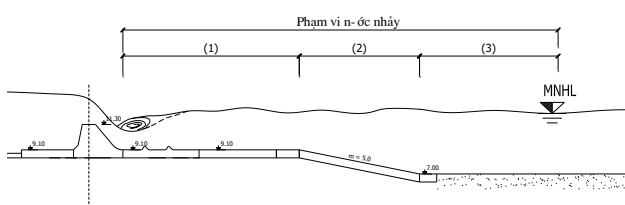
+ $Z_{hl} > 12,0\text{m}$ khi đó nối tiếp nhảy ngập ngay ở chân đập;

+ $Z_{hl} = 10,5 \div 12,0\text{m}$ nước nhảy phóng xa, vị trí nước nhảy không ổn định dịch chuyển trên cả chiều dài sân tiêu năng và mái dốc, với các trạng thái nước nhảy khác nhau, nhảy phóng xa, ranh giới nước nhảy ngập, nhảy mặt, nhảy sóng hoặc có nước nhảy thứ cấp dòng chảy mặt, nước nhảy xiết mạnh, sóng lớn kéo dài về hạ lưu;

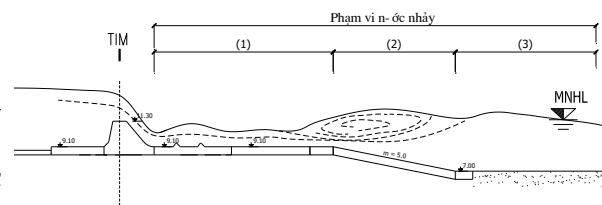
+ $Z_{hl} = 8,8 \div 10,5\text{m}$ nước nhảy xiết mạnh, vị trí nước nhảy dịch chuyển trên đoạn mái dốc;

+ $Z_{hl} < 8,8\text{m}$ dòng nước xiết đẩy xa ra và nước nhảy trên kênh hạ lưu.

Mô tả trạng thái nối tiếp dòng chảy khi mực nước hạ lưu thay đổi xem hình 3.



1. N-ớc nhảy tại chân đập trên đoạn 1 là nhảy sóng, chảy mặt.



1. Phạm vi n-ớc nhảy dịch chuyển kéo dài trên đoạn 1,2,3
2. Dòng chảy luôn xiết trên đoạn 1,2.

Lũ lớn và mực nước hạ lưu cao

Lũ trung, lũ nhỏ và khi mực nước hạ thấp

Hình 2: Trạng thái nối tiếp dòng chảy qua đập - PAHT

3.1.3. Đánh giá về ảnh hưởng hạ thấp mực nước đến tiêu năng hạ lưu

Khi mực nước hạ lưu đập thay đổi thì chế độ thủy lực dòng chảy, trạng thái nước nhảy, nối tiếp hạ lưu, chế độ chảy qua công trình thay đổi.

- Mực nước hạ lưu hạ thấp vị trí nước nhảy dịch chuyển, không ổn định, chế độ thủy lực sau đập thay đổi hoàn toàn so với tính toán thiết kế ban đầu của các công trình có tiêu năng đáy (giải pháp kết cấu để dạng nối tiếp sau đập là nước nhảy ngập). Mực nước hạ thấp ở hạ lưu dòng chảy bị đẩy ra xa hình thành chế độ nối tiếp bằng nước nhảy xa là trạng thái thủy lực với dạng nối tiếp bất lợi nhất, dòng chảy xiết có lưu tốc rất lớn nên phải tăng cường gia cố hạ lưu.

Với cùng lưu lượng khi mực nước hạ thấp lưu tốc dòng chảy tại các vị trí công trình tăng, trên kênh hạ lưu sóng lớn và kéo dài về hạ lưu. Đánh giá khả năng phòng xói hạ lưu như sau:

- Với hiện trạng công trình khi lũ nhỏ, lũ trung $Q < 1000 \text{ m}^3/\text{s}$ với cùng lưu lượng qua đập khi mực nước hạ lưu hạ thấp, đánh giá về khả năng xói lở như sau:

- Sân tiêu năng bằng BTCT với $V_{\max} = 7,61 \text{ m/s}$ sẽ không bị xói;

- Với mái dốc gia cố bằng rọ đá khi mực nước hạ thấp $V_{\max} > 5,0 \text{ m/s}$ sẽ gây ra bung và xói sạt.

- Đầu kênh hạ lưu đoạn được gia cố bằng rọ đá $V_{\max} = 2,6 \div 3,5 \text{ m/s}$ không bị xói tuy nhiên do mạch động có thể là dịch chuyển các viên đá trong các rọ đá và gây xói lở.

- Kênh hạ lưu là lòng sông tự nhiên sẽ bị xói khi mực nước hạ thấp với $\Delta Z > 0,5 \text{ m}$.

Chi tiết về lưu tốc tại một số vị trí công trình và sóng hạ lưu tương ứng lưu lượng qua đập và mực nước hạ lưu thay đổi xem bảng 4.

Bảng 4: Lưu tốc trung bình và sóng hạ lưu khi mực nước hạ lưu thay đổi

Q (m^3/s)	Z _{hl} (m)	Giá trị lưu tốc trung bình lớn nhất V _{tb} (m/s)				Sóng hạ lưu h _s (m)
		Sân tiêu năng	Mái dốc	Đầu kênh hạ lưu	Kênh hạ lưu (sau đập 70m)	
330	9,0	5,90	5,40	1,54	0,99	0,20
	8,5	6,08	5,62	3,52	1,46	0,25
530	10,0	6,45	3,46	1,58	1,12	0,20
	9,0	7,50	6,59	2,64	1,40	0,35
750	10,5	4,27	3,00	1,27	1,20	0,10
	10,0	4,76	3,27	2,10	1,59	0,20
1030	10,8	6,15	5,37	2,13	1,47	0,10
	10,0	6,58	7,28	2,71	1,86	0,15
1600	12,25	7,03	6,58	3,61	2,00	0,20
	11,7	7,61	7,93	4,14	2,26	0,35
	Khi công trình vận hành với chế độ nối tiếp nước nhảy mặt, trạng thái dòng chảy mặt, sóng kéo dài về hạ lưu với chiều cao sóng lớn nhất h _{s-max} =0,6m.					0,60

3.2. Kết quả nghiên cứu các giải pháp trên mô hình

3.2.1. Phương án 1

- Lũ lớn mực nước cao chế độ thủy lực nối tiếp giống với PAHT nhưng dòng chảy lưu tốc

nhỏ, kênh hạ lưu dòng êm hơn và sóng giảm so với PAHT.

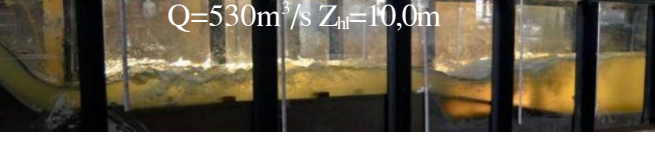
- Khi mực nước hạ lưu thay đổi, hạ thấp hiệu quả các mô tiêu năng tốt, dòng chảy va đập các mô tiêu năng giảm dòng xiết trên STN và mái dốc

nhất là khi mực nước hạ lưu $Z_{hl} < 10,80\text{m}$; Nối tiếp với dòng chảy ở hạ lưu hình thành nước nhảy trên đoạn mái dốc, tuy nhiên tác dụng các mô giảm dòng xiết nên trạng thái nước nhảy ngập nhẹ, hạ lưu dòng êm, sóng nhỏ và

lưu tốc dòng chảy giảm so với hiện trạng.

Tình hình thủy lực, nối tiếp và các thông số dòng chảy được mô tả trong bảng 5.

Bảng 5: Tình hình thủy lực, nối tiếp - PA1. Mô nhám trên sân tiêu năng

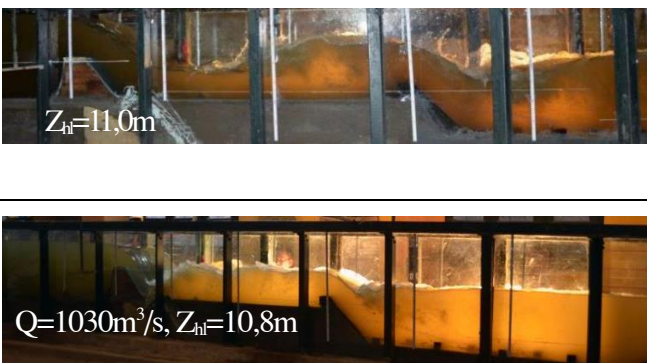
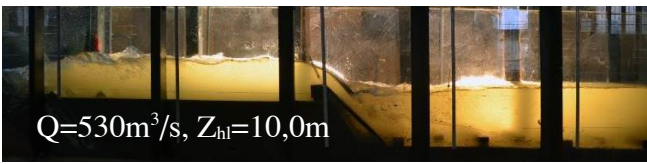
- Lũ lớn mực nước hạ lưu cao: chế độ thủy lực tương tự với PAHT nhưng độ xiết và sóng hạ lưu giảm. $Q=1600\text{m}^3/\text{s}$ trạng thái ranh giới nước nhảy ($Z_{hl}=12,25\text{m}$); $Z_{hl}=11,7\text{m}$ Nước nhảy phóng xa trên sân tiêu năng, chảy mặt; Hạ lưu dòng chảy mặt và sóng, dòng đáy êm.	
Lũ trung: $Q=1000\text{m}^3/\text{s}$, với tất cả các mực nước thiết kế, hiện trạng, mực nước hạ lưu thấp thì dòng chảy trên STN va đập vào các mô tiêu năng, độ xiết giảm so với PAHT, nối tiếp với hạ lưu có nước nhảy ngập nhẹ trên đoạn mái dốc hạ lưu dòng êm, sóng giảm.	 
Lũ nhỏ: hiệu quả các mô khá tốt dòng va đập vào các mô trên sân tiêu năng nên ở STN. Khi mực nước hạ lưu hạ thấp: dòng xiết trên đoạn mái dốc, độ xiết giảm, nước nhảy ngập nhẹ trên đoạn mái dốc. Mùa kiệt $Q=330\text{m}^3/\text{s}$, $Z_{hl}=8,8\text{m}$, dòng va đập vào các mô tiêu năng, dòng êm hơn ở STN và mái dốc, hạ lưu nước nhảy cuối mái dốc.	 

3.2.2. Phương án 2

Bố trí ngưỡng cuối STN tạo BTN, chế độ thủy lực nối tiếp dòng chảy qua đập đều hình thành nước nhảy trong bể tiêu năng, chiều dài nước nhảy đều

nằm trọn trong chiều dài bể, chế độ dòng chảy ổn định. Nối tiếp với hạ lưu có nước nhảy ngập nhẹ ở đầu kênh, hạ lưu dòng chảy êm, sóng nhỏ hơn so với PAHT. Tình hình thủy lực, nối tiếp và các thông số dòng chảy được mô tả trong bảng 6.

Bảng 6: Tình hình thủy lực, nối tiếp dòng chảy qua đập - PA2. Bể tiêu năng sau đập

$Q=1600\text{m}^3/\text{s}$- Lũ lớn mực nước hạ lưu cao ($Z_{hl}=11,7\text{m}$): Sau đập có nước nhảy trong BTN, $L_{nn}=10,0\div 11,5\text{m}$; nối tiếp hạ lưu dòng mặt và sóng; Khi mực nước hạ lưu hạ thấp $1,0\div 1,5\text{m}$ so với tính toán thiết kế thì trong bể tiêu năng là nước nhảy phóng xa, đầu kênh hạ lưu nước nhảy ngập, ổn định ($Z_{hl}=11,0\text{m}$)	
- Lũ trung: Nước nhảy ngập, chiều dài nước nhảy nằm trọn trong BTN $L_{nn}=5\div 7,0\text{m}$; Nối tiếp hạ lưu nước nhảy ngập đầu kênh, sóng hạ lưu $h_{s-\max}=0,2\div 0,30\text{m}$;	 $Q=1030\text{m}^3/\text{s}, Z_{hl}=10,8\text{m}$  $Q=750\text{m}^3/\text{s}, Z_{hl}=10,4\text{m}$
Lũ nhỏ: với các tổ hợp lưu lượng, mực nước hạ lưu, sau đập đều có nước nhảy ngập nằm trọn trong BTN, hạ lưu nước nhảy ngập nhẹ đầu kênh hạ lưu.	 $Q=530\text{m}^3/\text{s}, Z_{hl}=10,0\text{m}$  $Q=330\text{m}^3/\text{s}, Z_{hl}=8,8\text{m}$

3.2.3. Phương án 3

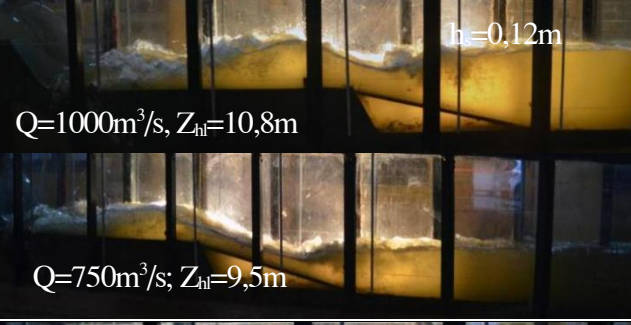
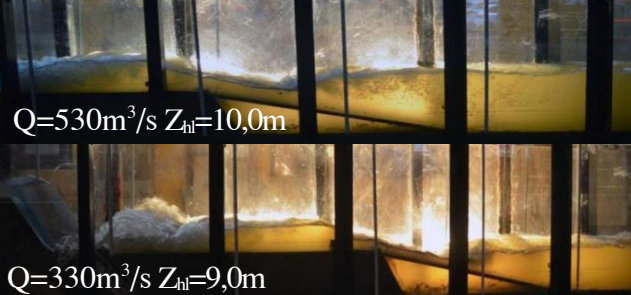
Tác dụng ngưỡng ở cuối STN tạo thành BTN nên dòng chảy qua đập đều có nước nhảy trong BTN, vị trí nước nhảy ở chân đập khi mực nước hạ lưu lớn $Z_{hl}>10,5\text{m}$, khi mực nước nhỏ hơn vị trí nước nhảy sau hàng mố, tất cả các trường hợp nước nhảy đều nằm trọn trong chiều dài BTN. Sau BTN do khurót khoét lỗ đáy tạo lớp nước đệm nên trên đoạn mái dốc độ xiết dòng chảy giảm, có nước nhảy ngập nhẹ trên đoạn mái dốc, hạ lưu dòng êm, sóng nhỏ và lưu tốc giảm hơn so với hiện trạng.

- Lũ trung và lũ nhỏ $Q<1500\text{m}^3/\text{s}$ khi mực nước hạ thấp nối tiếp hạ lưu là nước nhảy ngập trong BTN, vị trí nước nhảy sau hàng mố, chiều dài nước nhảy nằm trọn trong chiều dài BTN.

- Lũ lớn $Q>1500\text{m}^3/\text{s}$ nước nhảy phóng xa, vị trí nước nhảy trên đoạn mái dốc, chế độ nối tiếp hạ lưu dòng chảy mặt sóng lớn.

Tình hình thủy lực, nối tiếp và các thông số dòng chảy được mô tả trong bảng 7.

Bảng 7: Tình hình thủy lực, nối tiếp - PA3. Dầm khoét lỗ đáy ở cuối STN

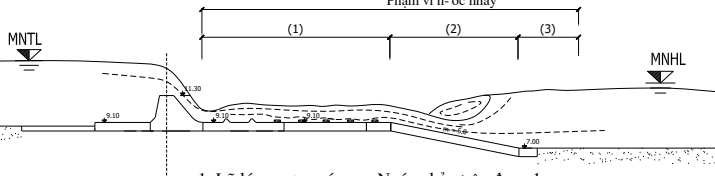
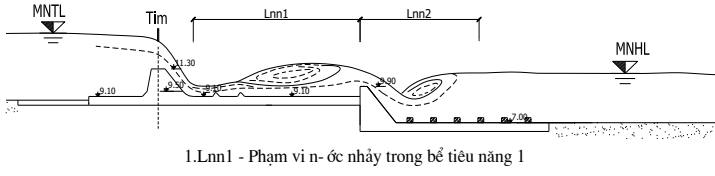
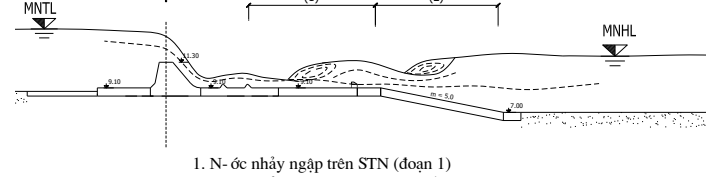
- Lũ lớn mực nước hạ lưu cao: $Q=1600\text{m}^3/\text{s}$, $Z_{hl}=11,7\text{m}$ Nước nhảy phóng xa vị trí nước nhảy trên đoạn mái dốc; hạ lưu dòng mặt, sóng $h_{s-\max}=0,35\text{m}$;	
Lũ trung: Nước nhảy trong BTN sau hàng mố, chiều dài nước nhảy nằm trọn trong BTN, $L_{nn}=5\div 6,0\text{m}$. $+Q=1000\text{m}^3/\text{s}$: Nối tiếp sau BTN nước nhảy trên mái dốc, hạ lưu dòng êm sóng nhỏ $h_{s-\max}=0,1\div 0,12\text{m}$; - $Q=750\text{m}^3/\text{s}$; $Z_{hl}=9,50\text{m}$ ($\Delta Z=1,0\text{m}$): nước nhảy cuối mái dốc.	
Lũ nhỏ: Nước nhảy trong BTN, chiều dài nước nhảy nằm trọn trong chiều dài BTN, vị trí đầu nước nhảy sau hàng mố $L_{nn}=3\div 5,0\text{m}$. Nối tiếp hạ lưu dòng xiết trên mái dốc, nước nhảy cuối mái, hạ lưu sóng $h_{s-\max}=0,1\div 0,15\text{m}$;	

3.2.4. Đánh giá hiệu quả các giải pháp

Đánh giá so sánh về chế độ thủy lực, nối tiếp, lưu

tốc dòng chảy và tiêu năng hạ lưu công trình cho 3 giải pháp tiêu năng trong các bảng 8, 9 và 10.

Bảng 8: Tình hình thủy lực nối tiếp dòng chảy qua công trình các giải pháp

PA1: Sân tiêu năng dòng êm, nước nhảy ngập nhẹ mái dốc.	 1. Lũ lớn, mực n-ớc cao: N-ớc nhảy trên đoạn 1. 2. Mực n-ớc hạ thấp, lũ trung và nhỏ: N-ớc nhảy trên đoạn 2,3.
PA2: Nước nhảy trong BTN và nhảy ngập nhẹ ở đầu kênh.	 1. Lnn1 - Phạm vi n-ớc nhảy trong bể tiêu năng 1 2. Lnn2 - Phạm vi n-ớc nhảy đầu kênh HL.
PA3: nước nhảy trong BTN và nhảy ngập hoặc trạng thái ranh giới trên mái dốc.	 1. N-ớc nhảy ngập trên STN (đoạn 1) 2. N-ớc nhảy ngập nhẹ trên mái dốc (đoạn 2).

Bảng 9: So sánh lưu tốc dòng chảy các giải pháp công trình khi mực nước hạ lưu thay đổi

Vị trí	Vận tốc	Q=527 m ³ /s						Q=763 m ³ /s						Q=1028 m ³ /s					
		Z _{hl} =10,00m			Z _{hl} =9,00m			Z _{hl} =10,50m			Z _{hl} =9,50m			Z _{hl} =10,8m			Z _{hl} =10,0m		
		PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3	PA1	PA2	PA3
Sân tiêu năng	V _{max}	5,8	3,8	6,0	4,2	2,0	6,5	6,3	4,5	6,7	6,4	4,8	6,1	5,2	4,7	6,7	5,8	5,1	6,1
	V _{medday}	4,5	2,6	4,8	4,2	1,9	4,3	4,2	4,3	4,6	5,0	4,8	5,0	4,2	4,0	5,1	5,6	4,8	5,3
Mái dốc	V _{max}	4,0	2,9	4,3	5,9	3,5	6,4	3,2	4,3	4,9	6,2	4,6	6,3	5,0	3,8	4,7	5,2	4,8	7,0
	V _{medday}	3,5	2,9	4,3	5,5	3,5	6,2	3,2	4,3	3,9	6,0	4,5	6,1	4,5	2,4	4,2	4,9	3,4	6,8
Đầu kênh HL	V _{max}	1,4	1,2	1,2	2,0	1,8	2,4	1,1	1,5	1,2	2,4	2,1	2,2	1,7	1,7	1,5	2,9	2,1	2,7
	V _{medday}	0,4	0,6	0,6	1,8	1,3	2,4	0,9	0,9	0,8	2,1	1,0	2,2	1,5	1,1	1,1	2,9	2,1	2,7
Kênh HL (sau đập 70m)	V _{max}	0,9	0,9	1,1	1,3	1,3	1,6	1,0	1,2	1,0	1,5	1,6	1,3	1,3	1,4	1,3	1,8	1,7	1,7
	V _{medday}	0,9	0,7	0,9	1,2	1,3	1,4	1,0	0,9	0,9	1,2	1,4	1,2	1,2	1,1	1,2	1,5	1,3	1,4

3.2.5. Nhận xét

Qua kết quả so sánh ưu điểm các giải pháp với

kết cấu công trình Bảy Yển, lựa chọn giải pháp giải pháp PA1: Bố trí các mố trên STN hiện trạng để áp dụng cho công trình Bảy Yển.

Bảng 10: Ma trận trọng số đánh giá hiệu quả các giải pháp

TT	Yếu tố đánh giá	PA1	PA2	PA3
1	Tính khả thi của giải pháp (theo thứ tự mức độ phức tạp tăng dần)	1	1	1
2	Có lợi về chế độ thủy lực dòng chảy, nối tiếp và hiệu quả tiêu năng phòng xói (theo thứ tự bất lợi tăng dần).			
2.1	Khả năng thích ứng các trường hợp sự thay đổi mực nước hạ lưu	2	1	3
2.2	Hình thành khu nước nhảy thứ cấp	1	3	2
2.3	Phân bố đều dòng chảy trên toàn bề rộng lòng dẫn ở đoạn nối tiếp với hạ lưu	1	3	2
2.4	Lưu tốc đáy trung bình ở hạ lưu	1	3	2
2.5	Lưu tốc mạch động trên đoạn nối tiếp	1	3	2
2.6	Sóng ở hạ lưu	1	3	2
3	Biện pháp thi công (mức độ phức tạp tăng dần)	1	3	2
4	Kinh phí xây dựng (giá từ thấp đến cao)	1	3	2
	→ Lựa chọn giải pháp (Tổng điểm nhỏ nhất)	PA1		

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả nghiên cứu, phân tích tổng hợp các số liệu diễn biến lưu lượng, mực nước trên hệ thống trong hơn 40 năm qua cho thấy sự phức tạp và biến đổi liên tục của mực nước hạ lưu các công trình ở hạ du, đặc biệt là sau các đập dâng.

Vấn đề hạ thấp mực nước hạ lưu các đập dâng trên sông Côn - Hà Thanh ngày càng trở nên trầm trọng uy hiếp an toàn tiêu năng phòng xói, gây về xói lở hạ lưu công trình.

Khi thay đổi lưu lượng, mực nước hạ lưu đập, chế độ nối tiếp tiêu năng sau đập dâng đều có

dòng xiết trên sân tiêu năng và đoạn mái dốc nối với hạ lưu, nối tiếp với hạ lưu có nước nhảy với vị trí nước nhảy không ổn định dịch chuyển dọc chiều dài tuyến công trình trên sân tiêu năng từ sau hàng mố tiêu năng, mái dốc nghiêng và ngay cả trên kênh hạ lưu, chế độ chảy, nước nhảy thay đổi với các trạng thái là nhảy ngập ngay ở chân đập, nhảy phóng xa trên sân tiêu năng, nhảy mặt, nhảy sóng, trạng thái ranh giới nước nhảy ngập, hạ lưu sóng lớn kéo dài ở kênh hạ lưu;

Từ kết quả nghiên cứu 08 giải pháp khác nhau, nhóm nghiên cứu đã chọn và đề xuất giải pháp tương ứng PA1 có kết cấu đơn giản, dễ thi công sửa chữa, chi phí thấp, hiệu quả kỹ thuật cao: đảm bảo dòng chảy nối tiếp qua đập có chế độ thủy lực được cải thiện đáng kể, góp phần giải quyết bài toán tiêu năng phòng xói cho hạ lưu đập dâng Bảy Yển dưới tác động của vấn đề hạ thấp mực nước hạ lưu công trình.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Nguyễn Cảnh Cầm, và nnk. Hà Nội 2008. Thủy lực tập 1, 2, NXB Nông Nghiệp;
- [2] Quyết định phê duyệt thiết kế kỹ thuật thi công và dự toán công trình đập dâng Bảy Yển, huyện An Nhơn, tỉnh Bình Định. Ủy ban nhân dân tỉnh Bình Định, 2001.
- [3] Hồ sơ thiết kế bản vẽ thi công hạng mục đập dâng Bảy Yển, huyện An Nhơn, tỉnh Bình Định. Xí nghiệp tư vấn thiết kế thủy lợi 3 (Hec), 2001.
- [4] Tài liệu mực nước, lưu lượng tại trạm thủy văn Bình Tường (1975-2010), trạm Bình Nghi (2011-2020).
- [5] Hồ sơ QTVH điều tiết hồ chứa nước Định Bình - tỉnh Bình Định do Tổng Công ty Tư vấn Xây dựng Thủy lợi Việt Nam - CTCP lập 6/2010.