

# KẾT CẤU PHỤ BỂ TIÊU NĂNG, TRÀN XẢ LŨ ĐẶT GIỮA LÒNG SÔNG, CỘT NƯỚC CAO, LƯU LƯỢNG LỚN

Đỗ Ngọc Ánh

Viện Thủy điện và Năng lượng tái tạo, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Hình thức tiêu năng đáy thường áp dụng cho các công trình có mực nước hạ lưu lớn, địa chất kém nhưng giá thành xây dựng cao... Kết cấu tiêu năng đáy truyền thống là bể tiêu năng, bể tường kết hợp đã được áp dụng nhiều trong thực tế. Bài viết nêu kết quả nghiên cứu chọn kết cấu phụ bể tiêu năng tràn xả lũ đặt giữa lòng sông, cột nước cao và lưu lượng lớn đã áp dụng cho tràn xả lũ Nước Trong, tỉnh Quảng Ngãi.

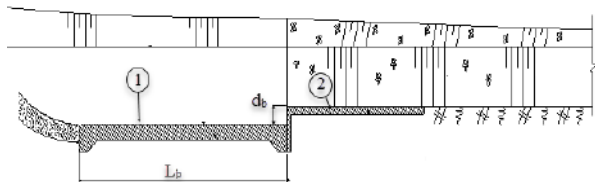
**Từ khóa:** Bể tiêu năng, cột nước cao, lưu lượng lớn.

**Summary:** Stilling basin type energy dissipator is usually designed for spillways with high downstream water levels, poor geology and high construction costs. The typical form is a stilling basin or a combination of stilling basin and walls. This article presents the research results on auxiliary structures for a stilling basin located in the middle of the river bed, with high head and large flow. The case study is the spillway of Nuoc Trong reservoir in Quang Ngai province.

**Key words:** Stilling basin, high head, high flow

## 1. MỞ ĐẦU

Bể tiêu năng truyền thống thường xác định đủ chiều dài bể ( $L_b$ ) và chiều sâu bể ( $d_b$ ) đảm bảo nước nhảy ngập trong bể (Hình 1), nên kinh phí rất lớn.



Hình 1: Sơ họa cắt dọc bể tiêu năng truyền thống

Ghi chú: (1)- Bể tiêu năng

(2)- Sân sau

$L_b$ : Chiều dài bể

$d_b$ : Chiều sâu bể

Dùng kết cấu bể tiêu năng truyền thống với các công trình cột nước cao, lưu lượng lớn với vận tốc vùng đầu bể khoảng 35-38 m/s, địa hình địa

chất phức tạp thường phải kéo dài, đào sâu bê và gia cố sân sau với kích thước và khối lượng công việc lớn,... dẫn đến kinh phí đầu tư rất lớn lại không đảm bảo an toàn. Do đó một số nghiên cứu [4,5,6,7] đã áp dụng kết cấu phụ (mô, tường tiêu năng,...) cho bể tiêu năng trong trường hợp này. Phân tiếp theo dưới đây trình bày kết quả nghiên cứu áp dụng kết cấu phụ cho đập tràn Nước Trong, tỉnh Quảng Ngãi.

## 2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nghiên cứu thực nghiệm tràn xả lũ Nước Trong, tỉnh Quảng Ngãi

Tràn xả lũ Nước Trong có tỷ lưu lượng lớn (khoảng 110m<sup>3</sup>/s), hạ lưu tràn là một đoạn sông cong có cầu giao thông và dân sinh sống ở bên bờ trái. Do đó việc nghiên cứu xác định các thông số thủy lực chủ yếu để chọn biện pháp gia cố hạ lưu tràn và đảm bảo an toàn cho công trình là cần thiết.

Ngày nhận bài: 28/12/2021

Ngày thông qua phản biện: 17/01/2022

Ngày duyệt đăng: 09/02/2022

## a) Giới thiệu công trình

Bảng 1: Các thông số kỹ thuật của dự án

N <sup>o</sup>	Thông số	Đơn vị	Trị số
<b>I</b>	<b>Hồ chứa</b>		
1	Cấp hồ chứa		II
2	Diện tích lưu vực	Km <sup>2</sup>	460
3	Mức nước dâng bình thường (MNDBT)	m	129.50
4	Mức nước gia cường (P=0.5%)	m	130.00
5	Mức nước kiểm tra (P= 0.1%)	m	131.40
6	Mức nước chết (MNC)	m	96.00
7	Dung tích toàn bộ Vh	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	289.50
8	Dung tích chết Vc	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	30.80
9	Dung tích hữu ích Vhi	10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	258.70
10	Diện tích hồ ứng với MNDBT	Km <sup>2</sup>	11.66
<b>II</b>	<b>Đập ngăn sông</b>		
<b>A</b>	<b>Đập bê tông không tràn nước</b>		
1	Kết cấu đập ngăn sông		Đập BTTL đầm lãn toàn mặt cắt
2	Cao trình đỉnh đập	m	132.50
3	Cao trình lề đường đi bộ	m	133.0
4	Chiều rộng đỉnh đập	m	9.0
<b>B</b>	<b>Đập bê tông tràn nước</b>		
	<b>Tràn xả mặt</b>		
1	Hình thức mặt cắt đập tràn		Tràn thực dụng
2	Số cửa xả mặt	cửa	5
3	Kích thước cửa (BxH)	m	12.5x14.0
4	Cao trình ngưỡng tràn	m	115.50
5	Chiều rộng tràn nước	m	62.5
6	Chiều rộng tràn kể cả trụ pin	m	80.50
7	Chiều cao đập lớn nhất tính đến đỉnh đập	m	69.00
8	Lưu lượng xả		
	- Qxả max(0.5%)	m <sup>3</sup> /s	6 728
	- Qxả max (0.1%)	m <sup>3</sup> /s	7 722

• **Kết cấu bề tiêu năng theo phương án thiết kế ban đầu (PATK)**

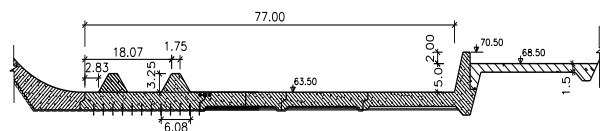
Phương án thiết kế ban đầu được mô tả như hình 2 dưới đây:

- Chiều dài bể L = 77.00m; bể rộng b = 76.50m;  
 $\nabla_{\text{đáy}} = 63.50\text{m}$

- Trong bể bố trí 2 hàng mố:

+ Hàng mố thứ nhất cách đầu bể 2.83m; gồm (12 + 1/2)mố; chiều cao mố 3.25m;

+ Hàng mố thứ hai cách đầu bể 18.70m; gồm (12 + 1/2)mố; chiều cao mố 3.25m;



Hình 2: Cắt dọc bể tiêu năng (PATK)

**b) Mô hình hóa**

Để nghiên cứu tình hình thủy lực khi xả lũ qua

trần, đã xây dựng mô hình lòng cứng, chính thái với tỷ lệ 1/80. Theo tiêu chuẩn tương tự về trọng lực (Froude). Phạm vi mô hình 17x32m<sup>2</sup>.

Các vật liệu được chọn phải đảm bảo được tương tự về nhám trên các bề mặt kết cấu công trình tiếp xúc với nước. Trong xây dựng mô hình đã chia ra 2 loại nhám chính để chọn vật liệu:

- Đối với mặt bê tông rất nhẵn, chất lượng thi công cao như mặt đập tràn, cửa van, trụ pin... thì ở mô hình dùng kính hữu cơ và tôn phun sơn nhẵn có  $n_m \approx 0.007 \div 0.009$ .

- Đối với kênh đào trong đá, lòng sông trong tự nhiên ... vật liệu trong mô hình  $n_m \approx 0.014 \div 0.017$  dùng vữa trát xi măng cát mịn được đánh bóng hay để bình thường tùy từng vị trí.

Mô hình sau khi xây dựng đáp ứng theo tiêu chuẩn 14TCN [3].

### c) Kết quả thí nghiệm phương án thiết kế

Thí nghiệm tràn xả lũ Nước Trong gồm nhiều nội dung, dưới đây chỉ nêu những vấn đề chính liên quan tới diễn biến thủy lực của tràn xả lũ.

Mô hình tiến hành xả với 5 cấp lưu lượng thiết kế  $Q = 4970 \div 7722 \text{ m}^3/\text{s}$ .

+ Về khả năng tháo, mặt cắt tràn Nước Trong thiết kế theo dạng WES nên khả năng tháo tốt, qua thí nghiệm cho thấy mực nước hồ ứng với các cấp lưu lượng thí nghiệm thấp hơn tính toán khoảng 0.05 ÷ 0.30m; như vậy khả năng tháo của tràn là đảm bảo.

+ Về vận tốc

Ứng với cấp lưu lượng kiểm tra vận tốc dòng chảy: vùng chân đập và má khoảng 35 ÷ 38m/s, mái kè bờ phải sông và má cầu giao thông khoảng 11m/s, vùng sát bờ có dân cư sinh sống khoảng 3m/s.

+ Về tình hình thủy lực

Bể tiêu năng chưa làm việc theo đúng yêu cầu mục đích thiết kế, nên ở sau bể tồn tại dao động sóng lớn xô vào mái kè bờ phải; độ cao  $h_s = 3.5 \div 5.0 \text{ m}$  dễ gây nguy hiểm cho kè, ở vùng dân cư sống cũng cao tới 3m.

Như vậy có thể thấy với đặc điểm là công trình tràn xả lũ Nước Trong có tỷ lưu lớn, hạ lưu tràn lại có đoạn sông cong và có cầu giao thông, nên tình hình thủy lực sau tràn diễn biến phức tạp. Do đó, đã phải thí nghiệm để tìm kết cấu sửa đổi để khắc phục các tồn tại của phương án thiết kế là:

+ Nghiên cứu tối ưu công trình tiêu năng, tạo nước nhảy ngập trong bể nhằm hạn chế lưu tốc cuối chân đập tràn đảm bảo tiêu năng diễn ra hoàn toàn trong bể.

+ Nghiên cứu việc phân bố dòng chảy về hạ lưu hợp lý nhằm hạn chế xói lở bờ phải hạ lưu đập. Đặc biệt là khu vực cầu giao thông và vùng dân cư ở hạ lưu, khắc phục dòng quần bờ trái để hạn chế bồi lắng hạ lưu nhà máy thủy điện.

### d) Kết quả thí nghiệm phương án chọn (PAC)

Kết cấu tiêu năng của phương án chọn có các thông số chính sau

+ Chiều dài bể  $L = 77.00 \text{ m}$ ; bề rộng  $bđ = 76.50 \text{ m}$ ;  $bc = 81.78 \text{ m}$ ;  $\nabla_{đáy} = 63.50 \text{ m}$

+ Nâng tường tiêu năng cuối bể lên 1.50m ( $\nabla 72.0 \text{ m}$ );

+ Bố trí 2 hàng máo cao 4.0m ( $\nabla 67.50 \text{ m}$ ):

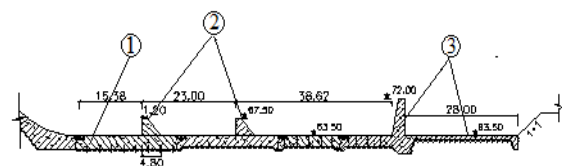
- Hàng máo thứ nhất cách đầu bể 15.38m; gồm 7 máo; chiều cao máo 4.0m;

- Hàng máo thứ hai cách hàng máo thứ nhất 23.00m; gồm 6 máo nguyên và 2 máo nửa; chiều cao máo 4.0m; đặt so le với hàng máo thứ nhất;

+ Tường phân dòng mở góc 18.3° (chiều dày  $D = 8.0 \div 4.0 \text{ m}$ ;  $L = 37.3 \text{ m}$ );

+ Kéo dài tường bên phải bể tiêu năng thêm 21.40m;

+ Sau bể đào hố xói dự phòng có cao trình  $\nabla 63.50 \text{ m}$ .



Hình 3: Cắt dọc bể tiêu năng phương án chọn (PAC)

Ghi chú: (1) -Bể tiêu năng (2)-Máo tiêu năng

(3)-Hố xói dự phòng

### • Kết quả thực nghiệm PAC

Qua thí nghiệm phương án chọn với kết cấu nêu trên so với phương án thiết kế cho kết quả như sau:

- + Nước nhảy gần ở đầu bể tiêu năng, tầng độ sâu liên hiệp của nước nhảy, nhất là độ sâu dòng chảy ở chân đập tràn và đầu bể tiêu năng.
- + Giảm vận tốc dòng chảy ở vùng chân đập và mô  $35.0 \div 38.0$  m/s xuống còn khoảng  $29.0 \div 32.0$  m/s.
- + Năng lượng dòng chảy được tiêu hao từ 60% ÷ 68% là loại tiêu năng đạt hiệu quả tốt.
- + Giảm chiều cao sóng tác dụng vào mái kè bờ phải ứng với lưu lượng xả lũ từ  $6120$  m<sup>3</sup>/s ÷  $7720$  m<sup>3</sup>/s từ  $3.0$  m ÷  $3.5$  m xuống còn  $2.0$  m ÷  $3.0$  m.
- + Dòng chảy chuyển động đến mặt cắt cầu giao thông đã trải rộng trong phạm vi 6 nhịp cầu.
- + Giảm vận tốc dòng tác dụng vào mái kè và mô cầu bờ phải khi xả lũ lớn từ  $9.0$  m/s ÷  $11.0$  m/s xuống khoảng  $6.0$  m/s ÷  $9.0$  m/s.

### • Một số vấn đề lưu ý về tình hình hình thủy lực hạ lưu tràn xả lũ

Tuy đã đạt được một số kết quả về giảm vận tốc dòng chảy, cải thiện tình hình nổi tiếp, tiêu năng ... ở hạ lưu tràn; nhưng cần phải lưu ý khi thiết kế, thi công và vận hành như sau:

- + Cả hai trường hợp xả lũ trên đỉnh và phía sau hai hàng mô tiêu năng có tồn tại áp suất âm với giá trị từ  $(-0.50 \div -0.80)$  mét cột nước, hàng mô thứ 2 còn nhỏ hơn nên với giá trị áp suất âm này còn nhỏ hơn áp suất âm cho phép từ  $(-3.0 \div -6.0)$  mét cột nước. Nên chưa nguy hiểm xâm thực bê tông. Song vì giá trị lưu tốc tác động vào hai hàng mô đều lớn (khoảng từ  $16.0$  m/s ÷  $29.0$  m/s) nên cần phải sử dụng vật liệu thích hợp để chống xói mài mòn, chú ý thi công đảm bảo chất lượng và độ nhám.
- + Ở mặt tường phân dòng phía bể tiêu năng có suất hiện áp suất âm với giá trị  $-0.38$  mét cột

nước, giá trị này nhỏ không gây nguy hiểm cho việc xâm thực bê tông mặt thành bên của tường phân dòng phía bể tiêu năng, song lưu tốc dòng chảy khi xả lũ lớn xiết qua mặt tường phân dòng đạt trên  $25.0$  m/s nên cần chọn vật liệu thích hợp để chịu được cường độ chống xói (kể cả mặt tường bể tiêu năng bờ phải).

+ Trong mọi trường hợp xả lũ, lưu tốc tại vùng chân đập, và mô là tương đối lớn khoảng  $(26.5$  m/s ÷  $32.0$  m/s), nên vật liệu phải đảm bảo chống được xói của dòng chảy, chú ý chất lượng thi công đảm bảo độ nhám và độ nhẵn bề mặt.

+ Chú ý chọn vật liệu phù hợp cho tường phân dòng, mặt tường bể tiêu năng bờ phải để chống bị xâm thực.

+ Mặc dù năng lượng dòng chảy đã được tiêu hao trong bể và hố xói dự phòng khoảng 60%, nhưng lưu tốc dòng chảy ở mái kè bờ phải từ mặt cắt 12 đến mặt cắt 14 (mô cầu giao thông bờ phải) khoảng từ  $6.0 \div 9.0$  m/s khi xả lũ lớn, cộng với tác động của biên độ sóng từ  $2.0$  m ÷  $3.0$  m, do đó cần phải chú ý việc gia cố mái kè bờ phải để chống được tác dụng kéo ra của dòng chảy làm sạt lở phá hoại mái kè.

+ Dòng chảy ở vị trí các trụ cầu giữa lòng sông nhất là các trụ ở nhịp cầu thứ 1 đến thứ 4, lưu tốc dòng chảy khoảng  $6.5 \div 9.0$  m/s, nên có khả năng xói lòng sông cục bộ xung quanh trụ cầu; xét cần thiết thì phải gia cố.

+ Khi xả lũ lớn, ở mái sông bờ trái ở khu dân cư lưu tốc dòng chảy khoảng  $3.0 \div 5.0$  m/s, cộng với biên độ dao động sóng khoảng  $1.0 \div 3.0$  m nên có khả năng xói sạt mái bãi khu vực này, cần lưu ý tình hình địa chất để có biện pháp gia cố.

+ Sau mặt cắt mô cầu bờ phải có khu nước quần, lưu tốc dòng quần còn đạt trên  $4.0$  m/s nên cần xem xét để bảo vệ.

+ Tuy không tồn tại áp suất âm khi tháo lũ qua cống xả sâu, nhưng để tránh rung động khi đóng mở cửa van có thể đặt các ống thông khí.

+ Khi thi công các kết cấu phải đảm bảo vật liệu tốt, cũng như độ nhám và độ nhẵn bề mặt để tránh gây xâm thực kết cấu (trong mô hình đã đảm bảo tương tự độ nhám, độ nhẵn). Vì một số kết cấu qua thí nghiệm tuy áp suất âm nhỏ, nhưng nếu không đảm bảo về vật liệu, độ nhám và độ nhẵn bề mặt... sẽ gây ra xâm thực.

+ Do dòng chảy va đập vào các mô làm giảm vận tốc, chiều cao sóng ... ở hạ lưu nên tiêu hao năng lượng dòng chảy cũng tăng lên, do đó giảm xói lở hạ lưu, giảm khối lượng gia cố hạ lưu, đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật. Mặt khác dòng chảy chuyển lên mặt nên vận tốc đáy giảm.

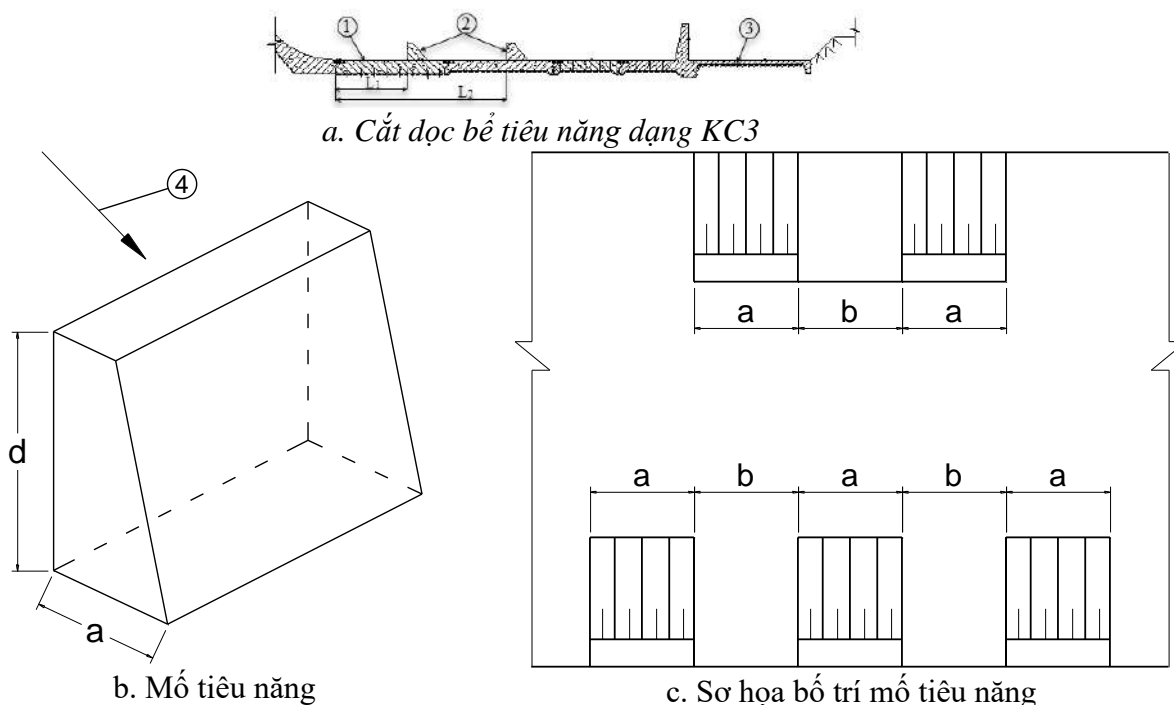
+ Kết cấu PAC đã áp dụng thiết kế và thi công cho tràn xả lũ Nước Trong, tràn đã vận hành đến nay khoảng 7 năm vẫn an toàn (Ảnh 1)



Ảnh 1: Tràn Nước Trong đang xả lũ

### 2.2. Đề xuất kết cấu bể tiêu năng dạng KC3

Qua thí nghiệm, thiết kế và xây dựng một số tràn xả lũ [4,5,6,7] đặt giữa lòng sông, cột nước cao, lưu lượng lớn, địa chất hạ lưu phức tạp,... có thể đề xuất dạng kết cấu bể tiêu năng KC3 (hình 4)



Hình 4: Kết cấu mô tiêu năng bể dạng KC3

Ghi chú:

- (1)- Bể tiêu năng
- (2)- Mô tiêu năng
- (3)- Hồ xói dự phòng
- (4)- Hướng dòng chảy

- a – bề rộng mô
- b – khoảng cách 2 mô ( khe rãnh )
- d – chiều cao mô
- L<sub>1</sub> – khoảng cách từ đầu bể tới hàng mô thứ nhất.
- L<sub>2</sub> – khoảng cách từ đầu bể tới hàng mô thứ hai.

Để xác định các thông số của bể tiêu năng tiến hành theo các bước sau:

Xác định độ sâu co hẹp ( $h_c$ ) và chiều dài ( $L_b$ ) của bể tiêu năng chưa có kết cấu phụ (đáy phẳng) ứng với lưu lượng thiết kế  $Q_{tk}$ .

Từ  $h_c$  và  $L_b$  xác định các thông số khác của bể, có thể tham khảo tính toán xác định các thông số của bể tiêu năng nêu ở bảng 2.

**Bảng 2: Các thông số bể KC3**

TT	Thông số bể	Giá trị tính
1	Chiều cao mố: d	(1,1-1,2) $h_c$
2	Bề rộng mố: a	(1,3-1,4) $h_c$
3	Khoảng cách hai mố: b	(1,6-1,8) $h_c$
4	Hàng mố đầu cách đầu bể $L_1$	(0,2-0,23) $L_b$
5	Hàng mố thứ 2 cách đầu bể $L_2$	(0,45-0,50) $L_b$

Bề rộng đỉnh mố khoảng 0,60-0,80m, mái sau của mố khoảng  $m=1,0-1,3$

Bố trí hàng mố thứ nhất ở vùng đầu bể (có vận tốc lớn nhất) sẽ giảm đáng kể vận tốc dòng chảy từ dốc nước đổ xuống. Hàng mố thứ hai bố trí các mố so le với hàng mố thứ nhất, nên hai bên giáp thành bể bố trí hai mố nửa (trường hợp bể loe về cuối bể) cũng bố trí như thế. Mô

có tiết diện hình thang vuông, bố trí mặt phẳng các mố quay về hướng dòng chảy từ dốc nước đổ xuống, do mặt cắt phẳng có diện tích lớn sẽ tiêu hao năng lượng dòng chảy đập vào mặt mố được nhiều hơn.(hình 3)

Dòng chảy từ đập cao đổ xuống với vận tốc lớn va đập vào các mố hàng thứ nhất, sau đó va đập tiếp vào hàng mố thứ hai làm giảm vận tốc, chiều cao sóng... ở hạ lưu. Nên giảm xói lở hạ lưu, giảm khối lượng gia cố hạ lưu, đem lại hiệu quả kinh tế kỹ thuật.

Hồ xói dự phòng có độ sâu dòng chảy hạ lưu lớn, làm giảm vận tốc ở hạ lưu, không gây xói lở cho thân bể tiêu năng đảm bảo an toàn cho tràn xả lũ và công trình chính.

### 3. KẾT LUẬN

Tràn xả lũ Nước Trong có mặt cắt dạng WES nên khả năng tháo tốt. Do đặc điểm là tràn có tỷ lưu lớn  $q \approx 110 \text{m}^3/\text{s.m}$ , sau tràn là đoạn sông cong, có cầu giao thông và dân cư sinh sống nên việc giảm thiểu các yếu tố bất lợi sau khi xây dựng công trình là cần thiết. Tuy nhiên, do các đặc điểm nêu trên không thể giải quyết triệt để bằng lý thuyết, qua thí nghiệm mô hình đã tìm được phương án chọn nêu ở trên. Tràn xả lũ Nước Trong, tỉnh Quảng Ngãi đã vận hành an toàn. Bài viết cũng đề xuất phương pháp xác định các thông số bể tiêu năng cho tràn xả lũ tương tự như tràn Nước Trong.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Hydraulic Design of Spillways, USArmy Corps of Engineers, 1990.
- [2] Quy phạm thiết kế đập tràn Trung Quốc (2002), Bản tiếng Trung
- [3] 14TCN (2006), Tiêu chuẩn thí nghiệm mô hình thủy lực công trình đầu mối thủy lợi.
- [4] Viện KHTLVN [2009], Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ Hạ Sê San 2-Campuchia
- [5] Viện KHTLVN [2008], Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ Nước Trong-Quảng Ngãi
- [6] Viện KHTLVN [2018], Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ Sông Tranh 4-Quảng Nam
- [7] Viện KHTLVN [2010], Báo cáo đề tài Hiệu quả thí nghiệm mô hình thủy lực.