

**NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM DẠNG MŨI PHUN KHÔNG LIÊN TỤC
ÁP DỤNG CHO TRÀN XẢ LŨ ĐẶT GIỮA LÒNG SÔNG
EXPERIMENTAL RESEARCH OF DISCONTINUITY FLIP BUCKET TO APPLY
FOR SPILLWAY LOCATING IN MAIN STREAM**

ThS. Trần Vũ
Viện Năng lượng

Tóm tắt

Summary

Spillway of water resources and hydropower project has high specific discharge capacity with meandering flow, road and local people living in downstream. Therefore, it is necessary to conduct hydraulic physical model test for selecting type of structure of flip bucket in order to reduce scouring and protecting the downstream.

The paper is to present summary experimental research of discontinuity flip bucket (stargged) that applying for spillway locating in main stream of Bung 4 river hydropower project.

Tràn xả lũ thủy điện công trình thủy lợi, thủy điện thường có tỷ lưu lớn, hạ lưu tràn là sông cong, có đường giao thông và dân sinh sống ở bờ sông. Do đó việc nghiên cứu thí nghiệm mô hình thủy lực lựa chọn kết cấu mũi phun tràn để giảm xói lở và gia cố hạ lưu là cần thiết.

Bài viết nêu tóm tắt kết quả nghiên cứu thực nghiệm dạng mũi phun khụng liền tục (so le) áp dụng cho tràn xả lũ đặt giữa lòng sông – thủy điện Sông Bung 4.

I. MỞ ĐẦU

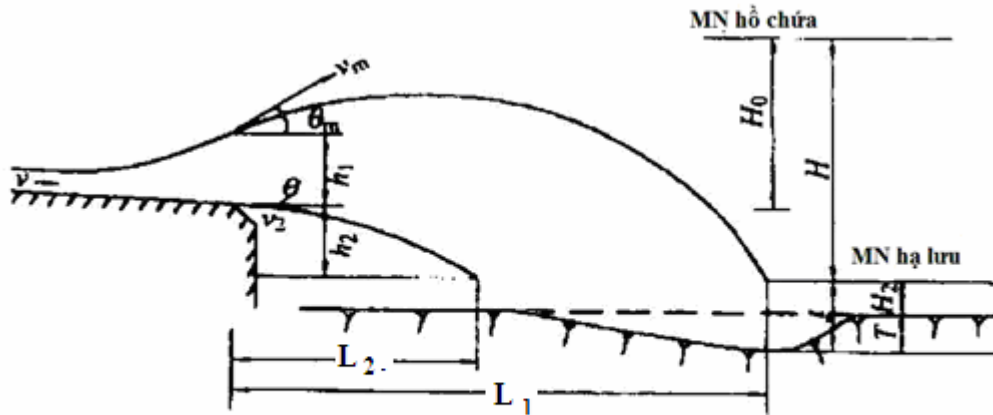
Tiêu năng sau công trình tháo lũ thường dùng tiêu năng dòng phun xa:

Tiêu năng dòng phun xa là lợi dụng mũi phun ở chân đập hoặc cuối dốc nước để dòng chảy với vận tốc lớn phóng xa ra khỏi chân công trình. Hình thức tiêu năng này được dùng khá phổ biến, nhất là các công trình có tràn xả lũ đặt ở giữa lòng sông như các nhà máy thủy điện: Sê San 3, Sê San 4, Bản Vẽ, Bản Chát, sông Tranh 2, Bản Mòng...nhưng hầu hết là mũi phun liên tục.

Một số tràn của hồ chứa nước: Yên lập, Núi Cốc, Kẽ Gõ...có mô phân dòng (xẻ rãnh trên mô phun); hay công trình thủy điện Hòa Bình, sông Hinh có mũi phun ở cuối dốc nước.

Hình thức tiêu năng dạng khe hẹp tiêu năng theo kiểu dòng phun là một hình thức tiêu năng mới đối với lòng sông ở eo núi hẹp, đặc điểm của nó là thu hẹp bề rộng thoát nước ở chỗ cửa ra mũi hắt, tạo ra dòng chảy khuyếch tán theo hướng dọc khá lớn, mở rộng khoảng cách đường viền dòng phun trên và dưới, tăng thêm mặt tiếp xúc giữa nước với không khí, làm cho nó trộn khí nhiều, tỷ lệ tiêu năng trong không trung tăng lên rõ rệt, hơn nữa diện tích dòng phun đổ vào mặt nước hạ lưu so với chiều rộng mũi phun tăng lên tương đối nhiều, nên xói lở lòng sông hạ lưu giảm rõ rệt.

Sơ họa dòng phun xa của mũi phun khe hẹp thể hiện ở hình 1.



Hình 1: Sơ họa dòng phun xa của mũi phun khe hẹp

Chiều dài dòng phun xa nhất L_1 có thể tính theo công thức:

$$L_1 = \frac{v_m^2}{g} \cos \theta_m \sqrt{\sin^2 \theta_m + \sin^2 \theta_m + \frac{2g(h_1 + h_2)}{v_m^2}} \quad (1)$$

Chiều dài dòng phun ngắn nhất L_2 có thể tính theo công thức:

$$L_2 = \frac{v_m^2}{g} \cos \theta (\sin \theta + \sqrt{\sin^2 \theta + 2gh_2 / v_2^2}) \quad (2)$$

Trong đó:

- v_m : Lưu tốc dòng phun mép ngoài lưới nước ở đỉnh mũi phun khe hẹp (m/s).

$$v_m = \varphi \sqrt{2gH_m} ; \varphi = 0.80 \sim 0.90 \quad (3)$$

- H_m : Cột nước ở phía trên mặt nước (m).

$$(H_m = Z_{TL} \text{ cao trình đỉnh mũi phun} - h_1)$$

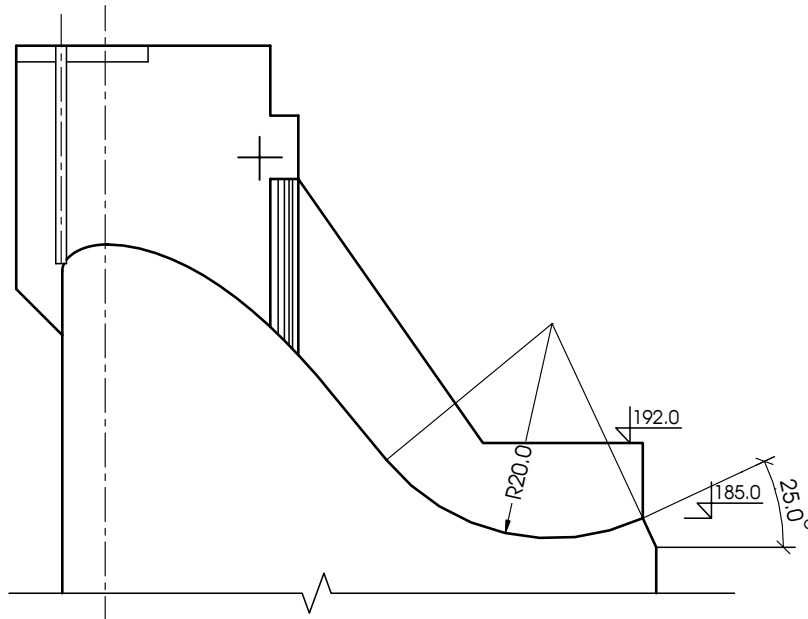
- θ_m : Góc phun ra chỗ lưu tốc mặt đỉnh mũi hắt sơ bộ tính $40^\circ \sim 45^\circ$; cũng có góc ra của chiều dài phun xa lớn nhất, tức là:

$$\theta_m = \tan^{-1} \left[\frac{1}{\sqrt{1 + 2g(h_1 + h_{2[]})/v_m}} \right] \quad (4)$$

- h_1 : Độ sâu nước theo phương thẳng đứng tính từ đỉnh(m)
- h_2 : Chênh cao từ đỉnh mũi hắt đến mặt nước hạ lưu (m)
- θ : Góc của mũi hắt ($^\circ$)

Mũi phun không liên tục chưa có công thức xác định các thông số thủy lực mà thường thông qua thí nghiệm. Dưới đây qua tài liệu tham khảo [4] giới thiệu về xác định mũi phun không liên tục cho tràn Sông Bung 4.

Kết cấu mũi phun theo thiết kế ban đầu (hình 2) là mũi phun liên tục với góc hắt $\theta = 25^\circ$; bán kính cong ngược $R=20.0m$



Hình 2: Cắt dọc tràn (Phương án thiết kế ban đầu)

II. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

1. Kết quả thí nghiệm phương án thiết kế ban đầu

Thí nghiệm tràn xả lũ thủy điện Sông Bung 4 gồm nhiều nội dung, chúng tôi chỉ nêu những vấn đề chính tới diễn biến thủy lực của tràn xả lũ.

Mô hình tiến hành thí nghiệm với 4 cấp lưu lượng xả từ $Q=5704 \div 10798 m^3/s$ (5704; 6420; 8602; 10798 m^3/s). Kết quả xác định các thông số thủy lực chính nêu ở dưới đây.

a) Về vận tốc dòng chảy

Ứng với 4 cấp lưu lượng xả $5704 \div 10798 \text{m}^3/\text{s}$, vận tốc dòng chảy ở một số vị trí chủ yếu như sau:

+ Vận tốc ở chân mũi phun:	$V=17.40 \div 22.34 \text{m/s}$
+ Vận tốc ở đỉnh mũi phun:	$V=17.40 \div 23.60 \text{m/s}$
+ Vận tốc ở đáy hố xói:	$V=7.32 \div 12.96 \text{m/s}$
+ Vận tốc ở sau hố xói:	$V=9.54 \div 12.26 \text{m/s}$
+ Vận tốc ở chân đường giao thông:	$V=6.59 \div 13.32 \text{m/s}$
+ Vận tốc dòng vật bờ phải:	$V=-3.69 \div -4.41 \text{m/s}$
+ Vận tốc dòng vật bờ trái:	$V=-5.83 \div -9.97 \text{m/s}$

Khi xả lưu lượng lũ $Q=10798 \text{m}^3/\text{s}$ thì vận tốc lớn nhất ở vùng mũi phun khoảng $V=23.60 \text{m/s}$. Trong qua trình xả lũ như trên thì vận tốc ở đáy hố xói còn đạt tới $V=13.0 \text{m/s}$. Như vậy với đáy hố xói là lớp đá phong hóa sẽ bị xói sâu thêm. Tại vị trí chân đường giao thông bờ trái vận tốc dòng quần $V \approx -10.0 \text{m/s}$ sẽ gây xói lở đường giao thông.

b) Về sóng ở hạ lưu

Khi xả lưu lượng lũ $Q=5074 \div 10798 \text{m}^3/\text{s}$ dòng phun phóng xuống hố xói, năng lượng tiêu hao chưa được nhiều nên vẫn còn vận tốc dòng chảy lớn; sóng cao nhất là bờ trái, sóng leo lên mái đường giao thông đến $10.0 \div 12.0 \text{m}$. Với sóng lớn như vậy sẽ gây xói lở 2 mái kênh, nhất là bờ trái.

Chiều cao sóng bờ phải (P) và bờ trái (T) ở hạ lưu công trình thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Chiều cao sóng ở hạ lưu (m)

Mặt cắt đo sóng	$Q=10798 \text{m}^3/\text{s}$		$Q=8602 \text{m}^3/\text{s}$		$Q=6420 \text{m}^3/\text{s}$		$Q=5704 \text{m}^3/\text{s}$	
	P	T	P	T	P	T	P	T
Đầu hố xói	4.5	5.5	4.0	4.8	4.0	4.8	3.2	3.5
Giữa hố xói	5.2	6.5	4.8	5.5	4.5	5.2	3.2	3.8
Cuối hố xói	7.0	10.0	5.5	8.0	4.8	7.0	4.5	6.0
Đầu kênh xả	6.5	10.0	5.5	8.0	4.8	7.0	4.5	6.0
Giữa kênh xả	5.6	8.0	4.5	6.4	4.0	4.8	3.2	4.0
Đầu sông tự nhiên	5.5	7.0	4.5	5.6	4.0	4.5	2.4	2.4

c) Về chiều dài phun xa

Với 4 cấp lưu lượng xả lũ, chiều dài dòng phun xa ghi ở bảng 2.

Bảng 2. Chiều dài dòng phun xa

TT	$Q_{xả}$ (m^3/s)	Z_{TL} (m)	Z_{HL} (m)	L_{max} (m)	L_{min} (m)
1	10798	227.94	146.48	110.00	93.00
2	8602	225.63	143.59	105.00	91.00
3	6420	223.10	140.35	100.00	90.00
4	5704	222.28	139.19	97.00	85.00

d) Về hiệu quả tiêu năng

Từ kết quả đo đạc ở mô hình cho thấy, ứng với các cấp lưu lượng xả $Q=5704\div 10798m^3/s$, năng lượng tiêu hao qua mũi phun khoảng 44.30÷52.50%.

2. Kết quả thí nghiệm các phương án chọn kết cấu mũi phun

Theo kết quả thí nghiệm phương án thiết kế ban đầu cho thấy, kết cấu mũi phun chưa đạt được hiệu quả tốt, vận tốc và sóng ở hạ lưu còn lớn gây ra xói lở hạ lưu tràn xả lũ nhất là đường giao thông bờ trái. Do đó, trên mô hình đã nghiên cứu ứng dụng loại mũi phun không liên tục (hay so le) gồm có một hàng mố và mũi phun liên tục.

Trên mô hình đã thí nghiệm 3 dạng mố phun:

- Loại mố thứ nhất có góc $\theta=16.5^\circ$, bán kính cong ngược $R=17.0m$, bố trí cách mép mũi phun là 2.40m. Bố trí 4 mố nguyên và 2 mố nửa.

- Loại mố thứ hai có góc $\theta=16.5^\circ$, bán kính cong ngược $R=22.0m$, bố trí cách mép mũi phun là 2.40m. Bố trí 4 mố nguyên và 2 mố nửa.

- Loại mố thứ ba có góc $\theta=16.5^\circ$, bán kính cong ngược $R=17.0m$, bố trí cách mép mũi phun là 2.40m. Bố trí 5 mố nguyên.

Để chọn mố phun hợp lý đã đo đạc được một số thông số thủy lực chính nêu ở bảng 3, ứng với 1 cấp lưu lượng $Q=6420m^3/s$.

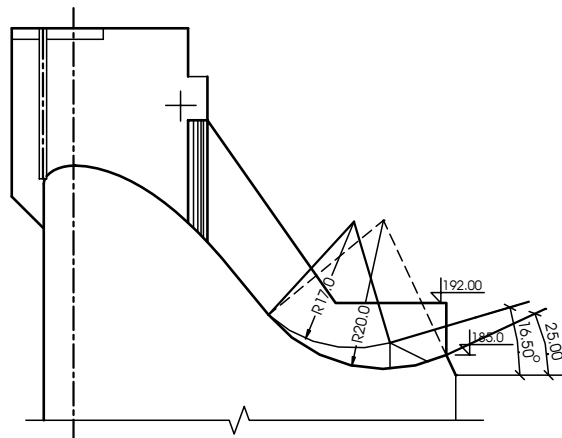
Bảng 3. So sánh các thông số thủy lực chủ yếu

Thông số thủy lực	Loại mố phun 1	Loại mố phun 2	Loại mố phun 3
\bar{V} mố phun (m/s)	22.60	24.44	22.40
\bar{V} rãnh phun (m/s)	22.23	22.80	22.20
\bar{V} đáy hố xói (m/s)	5.98	6.99	5.90
Tiêu hao năng lượng(%)	68.0	67	68.60
Chiều cao sóng h_s (m)	3.90	5.10	3.00
Dòng phun xa			
L_{\max} (m)	92	92	93
L_{\min} (m)	70	76	72

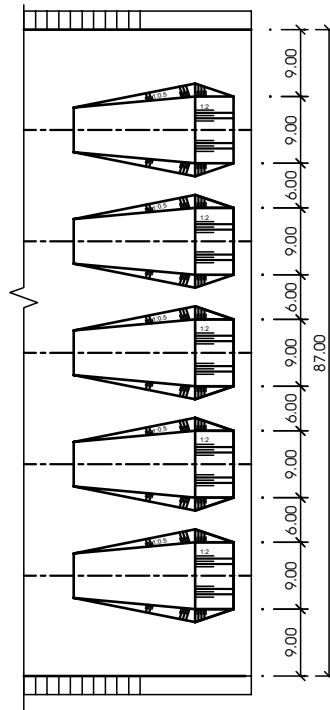
Qua so sánh các thông số thủy lực chính: Vận tốc, chiều cao sóng, chiều dài phun xa, tỷ lệ tiêu hao năng lượng dòng chảy, thấy rằng dạng mố phun 3 cho các thông số thủy lực tốt hơn. Do đó chọn phương án mố phun 3 làm phương án chọn kết cấu mũi phun cho tràn xả lũ Sông Bung 4.

3. Kết quả thí nghiệm phương án chọn (xem hình 3)

- Kết cấu tiêu năng tràn xả lũ gồm có 1 hàng mố và 1 mũi phun liên tục
- Hàng mố gồm 5 mố phun, bố trí cách nhau 6.0m, cách mép ngoài mũi phun 2.40m, góc hất của mố $\theta=16.5^\circ$.
- Mũi phun liên tục có bán kính $R=20.0\text{m}$, góc hất $\alpha=25^\circ$.



Hình 3a: Cắt dọc tràn xả lũ



Hình 3b: Mặt bằng kết cấu mũi phun.

Hình 3: Sơ họa kết cấu mũi phun (phương án chọn)

Ghi chú: Cao độ, kích thước ghi là m

a) Về vận tốc dòng chảy

Ứng với 4 cấp lưu lượng xả $Q=5704\div 10798\text{m}^3/\text{s}$, vận tốc dòng chảy ở một số vị trí chủ yếu như sau:

- + Vận tốc ở chân mố tiêu năng: $V=21.70\div 23.50\text{m/s}$.
- + Vận tốc ở chân mũi phun: $V=20.30\div 23.20\text{m/s}$.
- + Vận tốc ở đáy hố xói: $V=5.20\div 8.80\text{m/s}$.
- + Vận tốc ở sau hố xói: $V=4.90\div 6.30\text{m/s}$.
- + Vận tốc ở chân đường giao thông: $V=4.60\div 7.30\text{m/s}$.
- + Vận tốc dòng vật bờ phải: $V=-2.40\div -4.00\text{m/s}$.
- + Vận tốc dòng vật bờ trái: $V=-4.70\div -5.80\text{m/s}$.

Khi xả lưu lượng lũ $Q=10798\text{m}^3/\text{s}$ thì vận tốc lớn nhất ở vùng mũi phun khoảng 23.0m/s . Trong quá trình xả lũ như trên thì vận tốc ở đáy hố xói sấp xỉ 9.00m/s . Như vậy đáy hố xói là đá phong hóa có thể bị xói sâu thêm. Tại vị trí chân đường giao thông bờ trái với vận tốc dòng quần khoảng -5.80m/s (giảm so với phương án ban đầu hơn 4.0m/s) vẫn phải gia cố, tuy có giảm khối lượng gia cố so với phương án ban đầu.

b) Về sóng ở hạ lưu

Khi xả lưu lượng lũ $Q=5074\div 10798\text{m}^3/\text{s}$ dòng phun phóng xuống hố xói, năng lượng tiêu hao được khá tốt, tuy nhiên vẫn còn gây ra sóng ở hạ lưu. Chiều cao sóng lớn nhất bờ trái khoảng 5.0m (giảm so với phương án ban đầu khoảng 5m).

Chiều cao sóng bờ phải (P) và bờ trái (T) ở hạ lưu công trình thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Chiều cao sóng ở hạ lưu (m)

Mặt cắt đo sóng	$Q=10798\text{m}^3/\text{s}$		$Q=8602\text{m}^3/\text{s}$		$Q=6420\text{m}^3/\text{s}$		$Q=5704\text{m}^3/\text{s}$	
	P	T	P	T	P	T	P	T
Đầu hố xói	3.2	4.0	3.0	3.6	2.6	3.0	2.4	2.8
Giữa hố xói	3.5	4.0	3.0	3.6	2.6	3.0	2.4	2.8
Cuối hố xói	3.8	4.8	3.5	4.5	2.6	3.0	2.4	3.2
Đầu kênh xả	4.2	5.0	4.0	4.5	2.6	3.0	2.4	3.2
Giữa kênh xả	4.0	4.5	3.8	4.0	2.4	2.8	2.2	2.2
Đầu sông tự nhiên	3.2	3.8	3.0	3.2	2.1	2.8	2.0	2.0

c) Về chiều dài dòng phun xa

Với 4 cấp lưu lượng xả lũ, chiều dài dòng phun xa ghi ở bảng 5.

Bảng 5. Chiều dài dòng phun xa

TT	$Q_{\text{xả}}$ (m^3/s)	Z_{TL} (m)	Z_{HL} (m)	Dòng phun ở rãnh		Dòng phun ở mố	
				L_{max} (m)	L_{min} (m)	L_{max} (m)	L_{min} (m)
1	10798	227.94	146.48	96	76	90	52
2	8602	225.63	143.59	96	73	88	50
3	6420	223.10	140.35	93	72	85	48
4	5704	222.28	139.19	92	70	83	47

d) Về hiệu quả tiêu năng

Từ kết quả đo đạc ở mô hình cho thấy, ứng với các cấp lưu lượng xả $Q=5704\div 10798\text{m}^3/\text{s}$, năng lượng tiêu hao qua mố tiêu năng và mũi phun khoảng 52.35÷70.90%.

III. KẾT LUẬN

Công trình thủy điện sông Bung 4 là công trình thủy điện lớn (cấp 1). Tràn xả lũ làm việc với lưu lượng xả lũ lớn ($q=120\text{m}^3/\text{s.m}$), chênh lệch cột nước thượng hạ lưu cũng lớn ($\Delta Z=82.0\text{m}$). Do đó việc nghiên cứu chọn kết cấu tiêu năng hợp lý để giảm xói lở hạ lưu là cần thiết. Qua thực nghiệm mô hình đã chọn kết cấu mũi phun so le gồm: 1 hàng mố và mũi phun liên tục. Kết quả xác định các thông số thủy lực cho thấy, so với phương án thiết kế ban đầu: Vận tốc ở chân đường giao thông giảm từ 13.32m/s xuống 7.30m/s (giảm khoảng 6.0m/s), chiều cao sóng từ 10.0m xuống 5.0m (giảm 5.0m). Do đó, giảm xói lở và gia cố hạ lưu vào mùa lũ hàng năm, tiết kiệm hàng chục tỷ đồng. Kết cấu tiêu năng dạng mũi phun so le đã được Công ty thẩm định quốc tế Mott MacDonald của Anh đánh giá cao, đã được ứng dụng vào thiết kế và thi công công trình thủy điện Sông Bung 4. Kết quả nghiên cứu có thể áp dụng cho tràn xả lũ đặt giữa lòng sông tương tự như tràn thủy điện sông Bung 4. Tuy nhiên cần nghiên cứu tiếp về dạng mố hình khí động học, bố trí các mố phun hợp lý để giảm áp suất âm ở mố, xác định quan hệ vận tốc dòng chảy với góc hất mũi phun, quan hệ trị số Frut với bán kính cong của mũi phun, xác định hệ số lưu tốc φ của mũi phun, phạm vi áp dụng mũi phun không liên tục (so le)...

Tài liệu tham khảo

- [1] Hydraulic Design of Spillways, USArmy Corps of Engineers, 1990.
- [2] Trần Quốc Thương (2005), Thí nghiệm mô hình thủy lực công trình, NXB Xây Dựng – Hà Nội.
- [3] Trần Quốc Thương, Vũ Thanh Te (2007), Đập tràn thực dụng, NXB Xây dựng – Hà Nội.
- [4] Trần Quốc Thương (2009), Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực công trình thủy điện Sông Bung 4.