

## HIỆU QUẢ TIÊU NĂNG CỦA MŨI PHUN HAI TẦNG

Trần Quốc Thường

Viện Tài nguyên nước và Môi trường Đông Nam Á

Đỗ Ngọc Ánh

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Trần Vũ

Viện Năng lượng

**Tóm tắt:** Để tiêu hao năng lượng dòng chảy khi xả lũ qua các công trình tháo nước cần có công trình tiêu năng giảm năng lượng dòng chảy nhằm đảm bảo an toàn cho công trình chính và giảm xói lở hạ lưu công trình. Kết cấu tiêu năng dòng phun là giải pháp tiêu năng đem lại hiệu quả kinh tế- kỹ thuật. Bài viết nêu kết cấu tiêu năng có mũi phun hai tầng thay cho mũi phun loại truyền thống là mũi phun liên tục.

**Từ khóa:** Năng lượng dòng chảy, tiêu năng, mũi phun hai tầng.

**Summary:** To dissipate flow energy when discharging floods through outlets, it is necessary to arrange energy dissipation structures to ensure the safety of the main works and reduce downstream erosion. Flip bucket structure is an economically and technically effective solution for energy dissipation. The article states the use of energy dissipation structure with two-stage buckets instead of the traditional buckets, the continuous buckets.

**Keywords:** Flow energy, energy dissipation, two-stage bucket

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Khi xả lũ qua các công trình tháo từ hồ chứa về hạ du với năng lượng dòng chảy lớn có khả năng làm mất an toàn công trình chính do đó cần có công trình tiêu năng giảm năng lượng dòng chảy. Các kết cấu tiêu năng chủ yếu được bố trí trên dốc nước. Thực tế có các dạng tiêu năng chủ yếu sau:

- Tiêu năng đáy: Đặc điểm tiêu năng bằng dòng đáy là lợi dụng sức cản nội bộ của nước nhảy. Có thể áp dụng kiểu bể hay tường+bể kết hợp. Biện pháp tiêu năng đáy thường được áp dụng cho các công trình vừa và nhỏ, mực nước hạ lưu tương đối lớn, địa chất nền công trình là đá yếu (Trị An, A Lưới, Tả Trạch, Nước Trong, Cam Ranh...). Loại hình này đảm bảo tiêu tán hầu hết năng lượng dư nhưng đòi hỏi khối lượng xây lắp khá lớn, giá thành cao.

- Tiêu năng mặt: Dòng chảy hình thức tiêu năng này ở trạng thái chảy mặt, chỉ sau khi mở rộng hoàn toàn mới đạt đến đáy. Nhìn chung, với chế độ chảy mặt, ở hạ lưu tạo thành sóng giảm dần làm xói lở ở vùng này. Thường động năng thừa phân tán trên một chiều dài lớn hơn so với chế độ chảy đáy. Chế độ chảy mặt có thể áp dụng trong trường hợp nền đá, khi không cần gia cố hạ lưu hay giảm chiều dài gia cố, mực nước hạ lưu cao và thay đổi ít.

- Tiêu năng dòng phun là giải pháp tiêu năng vừa an toàn và kinh tế khi địa chất nền ở hạ lưu tốt. Dựa vào mũi phóng để phóng tia nước với vận tốc lớn. Tia nước (luồng nước) khuếch tán vào không trung theo quỹ tích hình parabol và rơi xuống mặt nước đệm hạ lưu để tiêu năng. Trong quá trình phóng tia nước vào không khí thông qua xáo trộn không khí vào nước phóng để tiêu hao một phần năng lượng, sau đó tia nước rơi vào mặt nước đệm ở hạ lưu mũi phóng.

Tiêu năng dòng phun là kết cấu tiêu năng được áp dụng chủ yếu trong thiết kế và thi công các

Ngày nhận bài: 10/7/2024

Ngày thông qua phản biện: 24/7/2024

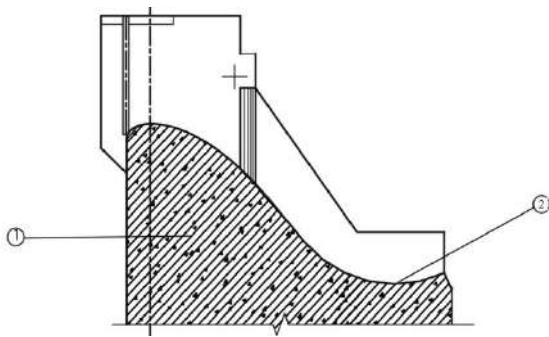
Ngày duyệt đăng: 30/7/2024

tràn xả lũ. Ở Trung Quốc tiêu năng dòng phun chiếm hơn 80% các hình thức tiêu năng [4], ở Việt Nam cũng chiếm hơn 70% [1, 8, 11].

Tiêu năng dòng phun thường bố trí mũi phun ở cuối công trình tràn xả lũ có các hình thức: Ở cuối dốc nước (tràn có dốc nước) và cuối tràn (tràn đặt giữa lòng sông).

Bài viết chủ yếu so sánh hiệu quả của mũi phun hai tầng với mũi phun liên tục là dạng mũi phun phổ biến, truyền thống.

### 1.1. Mũi phun liên tục



Hình 1: Cắt dọc đập tràn giữa lòng sông

Ghi chú: 1- Thân đập, 2- Mũi phun



Ảnh 1: Tràn xả lũ Núi Cốc

Mũi phun liên tục là mũi phun dạng hình trụ đặc chạy dài suốt dốc nước hay cuối thân tràn với góc hất khoảng  $15^{\circ} \div 35^{\circ}$  như hình 1.

Mũi phun liên tục được dùng phổ biến trong thiết kế và xây dựng các công trình thủy lợi và thủy điện, tuy nhiên qua quá trình vận hành cho thấy có một số nhược điểm sau:

Dòng chảy qua mũi phun liên tục khuếch tán trong không khí kém, tập trung đổ xuống hạ lưu, năng lượng tiêu hao trong không gian tương đối nhỏ, do đó năng lượng tiêu hao trong lớp nước hạ lưu cũng nhỏ, nên vận tốc và sóng hạ lưu còn lớn dẫn đến xói lở hạ lưu mạnh.

Do đó một số nghiên cứu đề xuất dạng mũi phun liên tục có xẻ rãnh hình chữ nhật.

### 1.2. Mũi phun xẻ rãnh hình chữ nhật

Kết cấu mũi phun liên tục có xẻ rãnh hình chữ nhật, các mô phun hình chữ nhật đặt cách nhau một đoạn theo thiết kế tạo khe rãnh (Ảnh 1, 2).



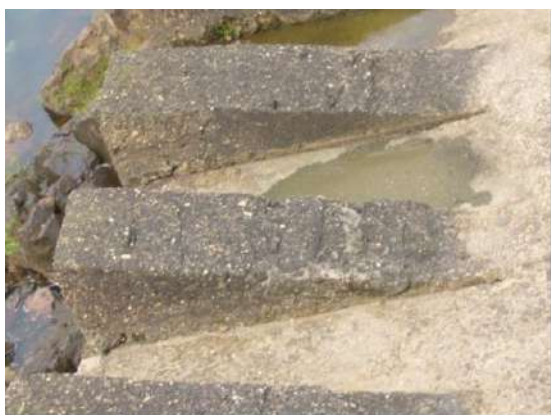
Ảnh 2: Tràn xả lũ Kẽ Gỗ

Do dòng chảy qua mô phun chữ nhật và khe rãnh đổ xuống hạ lưu có xáo trộn trong không khí, dòng đổ xuống hạ lưu với góc đổ lớn hơn so với mũi phun liên tục nên vận tốc, sóng ở hạ lưu giảm so với mũi phun liên tục, hiệu quả tiêu năng tăng khoảng 2%. Do đó dạng mũi phun này được ứng dụng nhiều công trình thủy lợi,

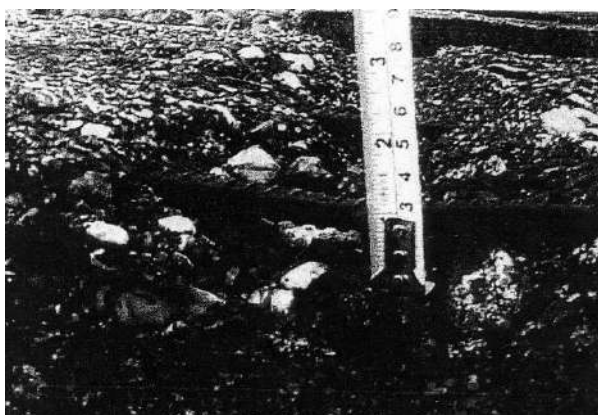
thủy điện như Núi Cốc, Kẽ Gỗ, Dầu Tiếng, Trảng Vinh ...

Tuy nhiên qua một thời gian vận hành cho thấy: do hình dạng mô hình chữ nhật, dòng chảy tách dòng nên sinh áp suất âm, gây xâm thực, làm bong rỗ và tróc bê tông, trơ cả cốt thép. Ảnh hưởng tới kết cấu tràn và gây nguy

hiêm cho công trình (Ảnh 3,4).



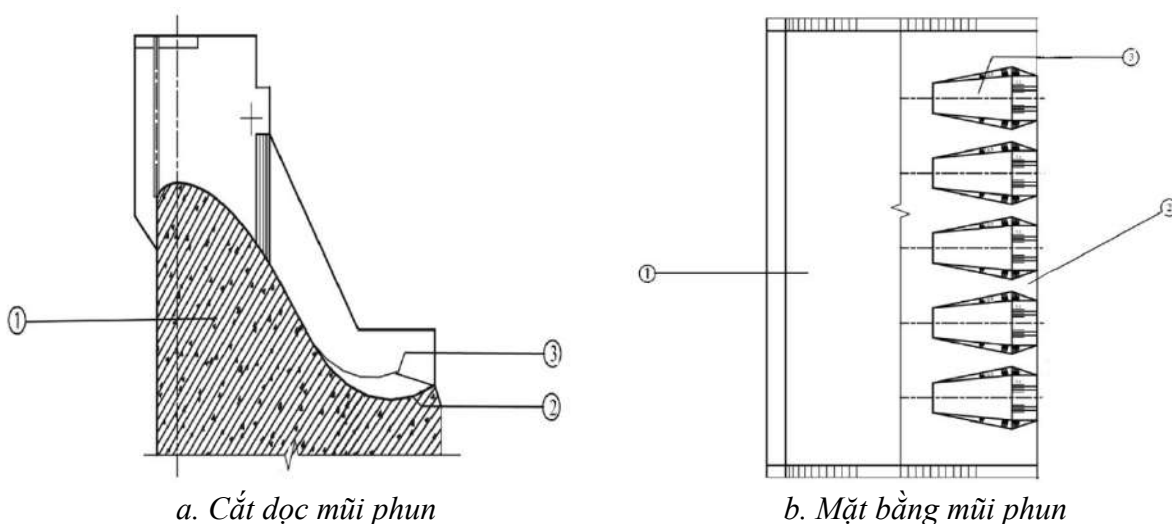
Ảnh 3: Mũi phun tràn Núi Cốc bị xâm thực, hư hỏng



Ảnh 4: Mũi phun tràn Kê Gõ bị xâm thực, hư hỏng trơ cả cốt thép

### 1.3. Mũi phun hai tầng

Mũi phun hai tầng gồm có: mũi phun liên tục (khe rãnh) và mố phun hình thang trùm lên mũi liên tục (Hình 2).



Hình 2: Bố trí mũi phun 2 tầng

Ghi chú: (1) thân tràn; (2)- mũi phun liên tục; (3) mố phun hình thang.

Bố trí mũi phun hai tầng như sau: Mố phun hình thang trên mũi phun liên tục, mép ngoài mố hình thang trùng với mép ngoài mũi phun liên tục. Góc hất của mũi phun liên tục ký hiệu là  $\alpha^\circ$ , góc hất của mố phun hình thang ký hiệu là  $\theta^\circ$ .

## 2. NGHIÊN CỨU VỀ MŨI PHUN HAI TẦNG

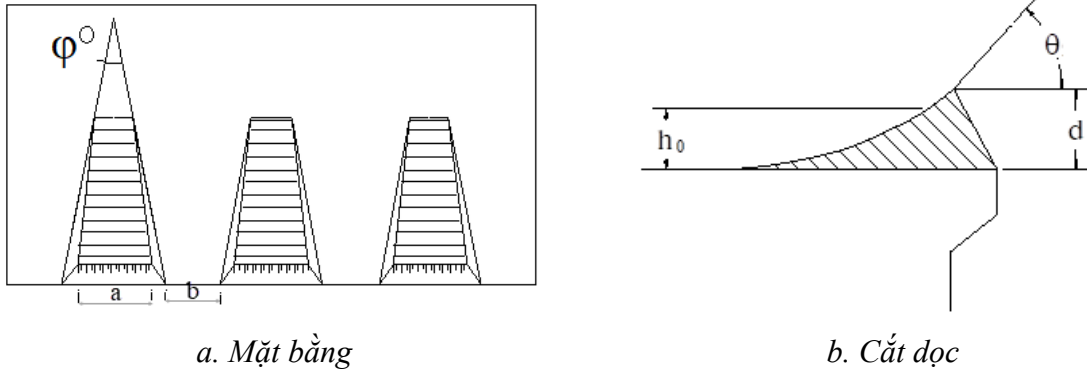
### 2.1. Tóm tắt một số kết quả nghiên cứu trên

#### thế giới

#### 2.1.1. Nghiên cứu của Viện Nghiên cứu thủy lợi, thủy điện Bắc Kinh, Trung Quốc [4]

Viện nghiên cứu thủy lợi, thủy điện Bắc Kinh đã tiến hành nghiên cứu thí nghiệm trong máng kính cho tràn chảy tự do (không có cửa van) với góc  $\alpha=0^\circ$ ,  $\theta=25^\circ$ . Sơ đồ bố

trí và các thông số của mũi phun hai tầng ở hình 3.



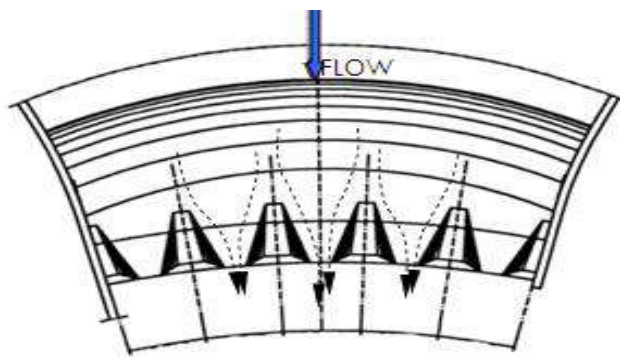
Hình 3: Chi tiết mũi phun 2 tầng

**2.1.2. Nghiên cứu của Viện thủy lợi IRAN [5]**

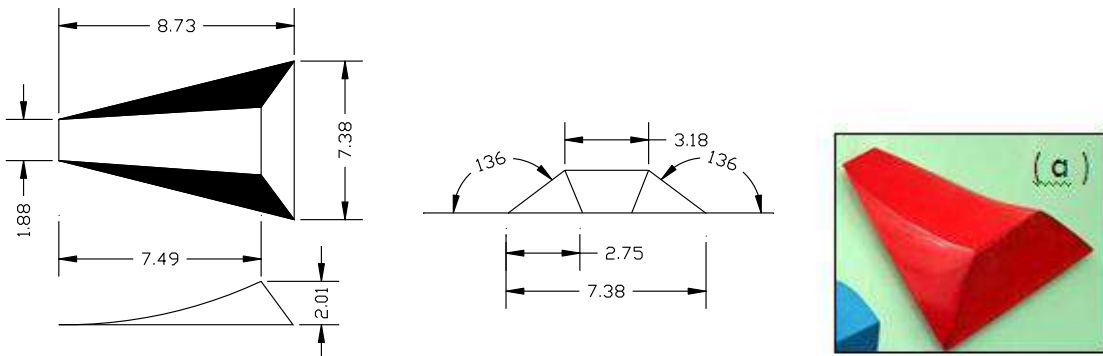
Nghiên cứu tương đối toàn diện về mũi phun hai tầng đã được H.Chengyi thực hiện dựa vào các thí nghiệm mô hình đối với các mũi phun không liên tục có mố phun dạng hình chữ nhật, hình thang mở rộng, hay co hẹp tác giả đã nhận thấy với mố phun hình thang loại co hẹp khu vực xói, chiều sâu xói giảm và áp suất âm trên mặt mố phun nhỏ. Tác giả cũng đưa ra một vài gợi ý mới trong thiết kế mũi

phun hai tầng về việc bố trí và kích thước mố phun loại hình thang cho đập vòm trọng lực chảy tự do ( không có cửa van ).

Trên cơ sở khuyến cáo của H.Chengyi, G.T.Farhad đã nghiên cứu trên mô hình tổng thể lưu lượng đơn vị  $q_{max} \leq 73.1 \text{ m}^3/\text{s.m}$  với mũi phun hai tầng cho tràn hình cung không có cửa van (hình 4). Mố phun có góc hạt  $\theta=30^\circ$ , góc khe rãnh  $\alpha=0^\circ$ .



a. Mặt bằng mố phun



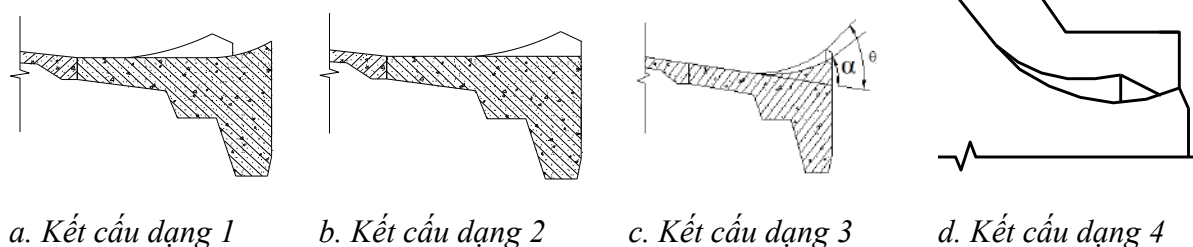
b. Các chi tiết mố phun (kích thước ghi là m)

Hình 4: Mũi phun hai tầng đập vòm chảy tự do

Qua nghiên cứu các tác giả đã có đánh giá về hiệu quả kinh tế - kỹ thuật của mũi phun hai tầng so với mũi phun liên tục như sau: Do va đập, xáo trộn trong không khí bởi hai luồng dòng phun từ khe rãnh và đỉnh má hình thang nên năng lượng dòng chảy tiêu hao được nhiều hơn ở không trung, do đó vận tốc, sóng ở hạ lưu giảm, kết hợp với diện tích dòng đổ xuống hạ lưu lớn nên giảm xói lở ở hạ lưu, giảm gia cố hạ lưu, đảm bảo an toàn cho công trình.

## 2.2. Nghiên cứu ở Việt Nam

### 2.2.1. Sơ đồ nghiên cứu



Hình 5: Kết cấu mũi phun hai tầng

Các thông số mũi phun hai tầng thể hiện ở các hình vẽ 3, 5 như sau:

- a: Chiều rộng của đỉnh má phun hình thang.
- b: Chiều rộng của khe rãnh (mũi phun liên tục)
- d: Chiều cao của má phun hình thang

$h_0$ : Chiều sâu dòng chảy chân mũi phun ứng với  $Q_{tk}$

$\varphi$ : Góc khuếch tán ngang của má phun hình thang

$\alpha$ : Góc hắt của khe rãnh (mũi phun liên tục)

$\theta$ : Góc hắt của má phun hình thang

### 2.2.2. Một số nhận xét về mũi phun hai tầng

Từ kết quả nghiên cứu các tác giả đã có một số nhận xét về mũi phun hai tầng như sau:

- Với cả hai loại tràn

+ Má trước và má bên của má hình thang lấy  $m_1 = 0,5$ , má sau  $m_2 = 1,0$

Do má là hình thang (vát) nên dòng chảy bám sát má không có hiện tượng tách dòng nên

Các tác giả [8,11] đã nghiên cứu trên mô hình tổng thể cho tràn đặt giữa lòng sông, tràn có dốc nước và có cửa van. Sơ đồ nghiên cứu rộng hơn so với các công trình trên: góc phun khe rãnh  $\alpha = 10^\circ - 30^\circ$ , góc má phun hình thang  $\theta = 12^\circ - 35^\circ$ , lưu lượng đơn vị  $q \leq 135 \text{ m}^3/\text{s.m}$ , chênh lệch cột nước thượng hạ lưu  $\Delta Z \leq 95 \text{ m}$ , độ dốc dốc nước  $\leq 30\%$ . Sơ họa các dạng mũi phun hai tầng nghiên cứu thể hiện ở hình vẽ 5.

Sơ đồ nghiên cứu với tràn đặt giữa lòng sông và tràn có dốc nước thể hiện ở hình 5.

không sinh áp suất âm do đó không gây ra xâm thực phá hỏng kết cấu mũi phun và tràn xả lũ.

+ Góc của mũi phun liên tục (khe rãnh) không nên lớn hơn  $30^\circ$  và góc của má phun hình thang không nên lớn hơn  $35^\circ$ .

+ Có thể bố trí má phun hình thang theo các vị trí phù hợp theo yêu cầu thực tế như lúi vào trong mũi phun liên tục để tạo dòng phun phù hợp với địa hình thực tế, không gây xói lở bờ hạ lưu tràn...

- Với tràn có dốc nước

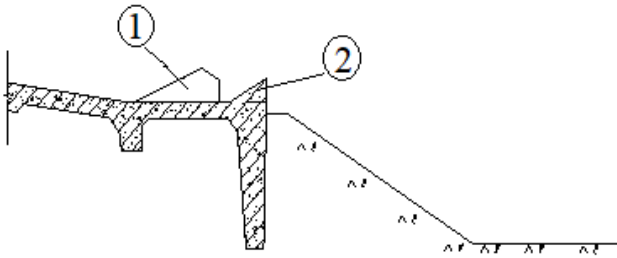
Độ dốc của dốc nước không nên lớn hơn 30% ( $i \leq 30\%$ ) không nên sử dụng sơ đồ 2 ( $\alpha = 0^\circ$ ) dòng chảy xiết qua khe rãnh gây bất lợi về chế độ thủy lực.

### 2.2.3. Kết quả áp dụng vào thực tế

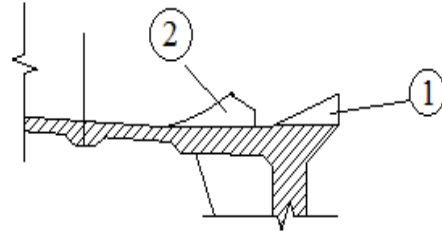
Kết quả áp dụng tràn xả lũ có mũi phun hai tầng đã nêu chi tiết tại [2,3,6,7,8,9, 10,11], dưới đây chúng tôi chỉ tóm tắt lại kết quả ứng dụng cho một số tràn đặt giữa lòng sông và có dốc nước.

Các hình thức bố trí mũi phun hai tầng tại một

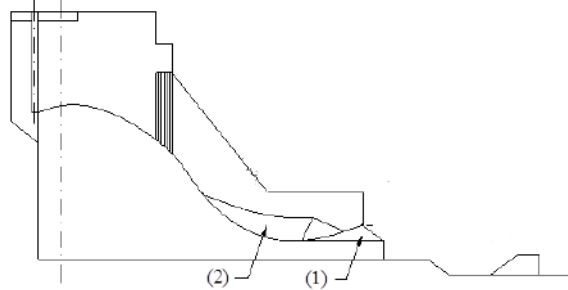
số công trình ở Việt Nam được thể hiện tại các hình 6, 7, 8 dưới đây:



Hình 6: *Cắt dọc mũi phun 2 tầng tràn Sông Hinh*



Hình 7: *Cắt dọc mũi phun 2 tầng tràn Krông Pack Thượng*



Hình 8: *Cắt dọc mũi phun hai tầng tràn sông Bung 4*

Ghi chú các hình từ 6 đến 8: (1) – Mũi phun liên tục, (2) – Mố phun hình thang

Thông số mũi phun hai tầng đã áp dụng cho các công trình trên như sau:

Tràn xả lũ sông Hinh: Mũi phun liên tục có góc hắt  $\alpha = 30^0$ , mố phun hình thang có góc hắt  $\theta = 25^0$  và bố trí lùi vào so với chân mũi phun liên tục 3 m để tránh dòng phun đổ vào bờ trái hạ lưu tràn.

Tràn xả lũ Krông Pack Thượng: Mũi phun liên tục có góc hắt  $\alpha=22^0$ , mố phun hình thang có góc hắt  $\theta = 30^0$  và bố trí lùi vào so với chân mũi phun liên tục là 4,50 m.

Tràn xả lũ sông Bung 4: Mũi phun liên tục có góc hắt  $\alpha=25^0$ , mố hình thang có góc hắt  $\theta = 16^05$  và bố trí lùi vào so với đỉnh mũi phun liên tục 2,40 m để tránh dòng phun đổ vào đường giao thông bờ trái.

Hình ảnh 5,6,7,8 dưới đây mô tả kết cấu mũi phun hai tầng áp dụng vào thực tế ở các công trình thực tế ở nước ta. Các công trình này đều đã được vận hành an toàn nhiều năm liền, khẳng định sự phù hợp và hiệu quả của giải pháp tiêu năng bằng mũi phun 2 tầng.



Ảnh 5: Tràn Sông Hình sau xây dựng



Ảnh 7: Tràn sông Bung 4 đang xây dựng

Để nêu bật tính ưu việt của mũi phun hai tầng có thể qua một ví dụ minh họa sau đây:

Mũi phun tràn xả lũ Núi Cốc và Kè Gỗ có kết cấu răng phun dạng chữ nhật nên dòng chảy có hiện tượng tách dòng không bám sát mô phun, từ đó gây ra khí thực và làm bong tróc bê tông thậm trí trơ cả cốt thép (ảnh 4,5). Tràn xả lũ sông Hình có kết cấu mô hình thang nên không có hiện tượng tách dòng không gây ra khí thực nên bê tông vẫn đảm bảo kết cấu không bị hư hỏng. Đặc biệt do vận tốc, sóng và dòng phun nhỏ nên đất đá phong hóa ở bờ trái tràn sông Hình không bị xói lở.

Như vậy, có thể thấy cùng với thời gian vận hành hơn 20 năm, tràn sông Hình dù có lưu lượng xả đơn vị ( $m^3/s.m$ ) cao hơn khoảng 3 lần so với tràn Núi Cốc và khoảng 2 lần so với tràn Kè Gỗ, độ dốc nước xấp xỉ như nhau, nhưng vẫn đảm bảo kết cấu không bị xâm thực bong tróc bê tông, còn tràn Kè Gỗ và Núi Cốc bị xâm thực bong tróc hư hỏng bê tông trơ cả cốt thép, xem các ảnh (3,4,8).

### 3. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu và kết quả ứng dụng vào thực tế có thể kết luận về một số ưu điểm của tiêu năng bằng mũi phun hai tầng so với mũi phun liên tục như sau:

Vận tốc đáy hố xói giảm 20 %÷30 %, chiều sâu xói giảm khoảng 18 %÷22 %, vận tốc đầu kênh xả giảm khoảng 18 %÷25 %, sóng kể cả

Ảnh 6: Tràn sông Hình xả lũ



Ảnh 8: Tràn sông Bung 4 xả lũ

sóng leo ở hố xói giảm khoảng 20 %÷30 %, sóng kể cả sóng leo ở kênh xả giảm khoảng 22 %÷32 %, góc đổ lớn hơn khoảng 8 %÷12 %, hiệu quả tiêu năng tăng khoảng 8 %÷10 %.

Mũi phun hai tầng có ưu điểm là dòng chảy được phân thành hai dòng ở trên đỉnh mô phun và ở khe mô phun nên dòng chảy được khuếch tán nhiều hơn so với tràn xả lũ có mũi phun liên tục và tràn xả lũ có răng phun hình chữ nhật. Khi xả lũ đồng thời sự va chạm, xáo trộn giữa các tia dòng nên năng lượng dòng chảy được tiêu hao một phần trong không khí nên vận tốc dòng chảy, sóng ở hạ lưu giảm, do đó giảm xói bờ hạ lưu tràn. Dòng chảy bám sát mô phun không sinh tách dòng nên không gây ra xâm thực làm hư hỏng kết cấu mũi phun. Nhờ những ưu điểm này mà mũi phun hai tầng được áp dụng trong xây dựng mới và sửa chữa nâng cấp nhiều công trình thủy lợi, thủy điện ở Việt Nam như Sông Hình, Sông Bung 4, Nho Quế 1, Đăk Mít 1, Alin B1 [6,11], Long Tạo, Nậm Cùm, Sông Than, Đồng Mít, Ngòi Giành và ở Lào như Nậm Mô 2, Nậm San 3 [2,3,7,8,9]. Với những ưu việt nêu trên nên tràn xả lũ có mũi phun hai tầng đã được cấp bằng độc quyền sáng chế số 11304 ngày 8 tháng 4 năm 2013 [10].

**LỜI CẢM ƠN:** Bài báo có tham khảo một số kết quả nghiên cứu của Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam, Phòng Thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển, Viện

Năng lượng, Tập đoàn Điện lực Việt Nam. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đỗ Ngọc Ánh (2018), “Nghiên cứu đặc trưng thủy lực ở đập tràn có tường ngực biên cong”, Luận án tiến sỹ kỹ thuật.
- [2] Đỗ Ngọc Ánh, Tô Vĩnh Cường, Nghiên cứu thực nghiệm chọn kết cấu mũi phun hợp lý cho đập tràn Sông Bung 4, Quảng Nam. Tạp chí KN&CN thủy lợi số 83 tháng 4 – 2024.
- [3] Phòng Thí nghiệm trọng điểm quốc gia về động lực học sông biển (2008-2023), Thí nghiệm mô hình thủy lực đập tràn xả lũ có mũi phun hai tầng.
- [4] Quy phạm thiết kế đập tràn nước Cộng hòa nhân dân Trung Hoa số DL/T566-2002, bản dịch.
- [5] Viện Thủy Lợi Iran (2009), Tràn xả lũ có mố phun hình thang.
- [6] Tập đoàn điện lực Việt Nam (1990-2023), Thiết kế và thi công các đập tràn xả lũ có mũi phun hai tầng.
- [7] Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam (2008), Thí nghiệm mô hình thủy lực đập tràn thủy điện Sông Bung 4.
- [8] Viện Khoa học Thủy Lợi Việt Nam (2011), Đề tài KHCN: Chọn mũi phun hợp lý cho tràn xả lũ có dốc nước.
- [9] Giang Thư, Tô Vĩnh Cường (2023), Vai trò, hiệu quả của thí nghiệm mô hình thủy lực trong thiết kế và xây dựng công trình thủy lợi, thủy điện. Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi, số 79 (tháng 08-2023).
- [10] Trần Quốc Thương và nnk (2013), Bằng độc quyền sáng chế: Tràn xả lũ có mũi phun hai tầng.
- [11] Trần Vũ (2013), Đề tài Bộ Công Thương: Nghiên cứu chọn kết cấu mũi phun hợp lý cho đập tràn đặt giữa lòng sông.