

# MỘT VÀI Ý KIẾN VỀ CÔNG TRÌNH DẪN DÒNG THI CÔNG DẠNG BẬC NƯỚC

VŨ THANH TÊ

Trường Đại học Thủy lợi

**Tóm tắt:** Trong xây dựng các công trình thủy lợi, thủy điện lớn thời gian dẫn dòng thi công kéo dài vài ba năm; do đó khi xả lưu lượng dẫn dòng thi công vào mùa lũ qua cống hay tụy nèn ... sẽ rất tốn kém. Vì vậy, một số nước đã nghiên cứu và áp dụng vào xây dựng công trình biện pháp dẫn dòng thi công là xả lũ thi công qua đập xây dở dạng bậc nước. Bài viết nêu một số ý kiến về vấn đề bậc nước tạm rọ đá.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ:

Trước đây trên các đoạn sông đi qua chỗ địa hình thay đổi đột ngột từ cao xuống thấp phải làm công trình chuyển tiếp. Nhiệm vụ của công trình là tiêu hao năng lượng của dòng chảy; tránh xói lở hạ lưu. Trong trường hợp này thường làm công trình chuyển tiếp dạng bậc nước. Với những công trình vĩnh cửu như đập Bái Thượng, đã dùng vật liệu bằng bê tông dạng bậc nước, độ cao của các bậc nước có thể chọn chênh cao  $\Delta h$  của các bậc từ  $0.40m \div 1.0m$ .

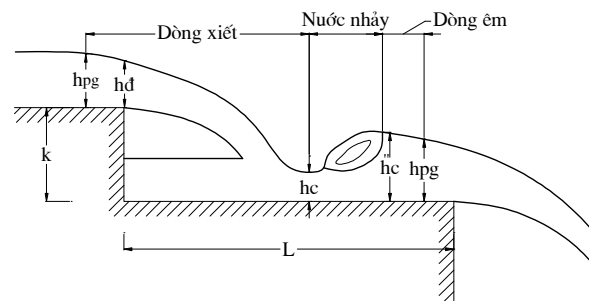
Gần đây đối với những công trình xả lũ thi công dẫn dòng qua đập đá đổ đắp dở, vì loại công trình này là loại công trình dẫn dòng tạm thời nên một số nơi cũng đã áp dụng rọ thép bỏ đá theo dạng bậc nước tạo thành hình thức chuyển tiếp dòng chảy để thực hiện nhiệm vụ của công trình là tiêu hao năng lượng của dòng chảy, giảm thiểu năng lực xói lở, như: đập đá đổ Tân Hoa, Thiên Sinh Kiều, Liên Hoa ở Trung Quốc, đập Sa Na ở Úc...

Như vậy, với dạng mái đập có hình thức bậc nước nhằm chuyển tiếp dòng chảy từ thượng lưu xuống hạ lưu, năng lượng của dòng chảy được tiêu hao trên các bậc nước để năng lượng dòng chảy đến bậc cuối cùng được giảm thiểu không gây xói lở hạ lưu. Mức độ và hiệu quả tiêu năng trên từng bậc nước phụ thuộc vào hình thức kết cấu và độ dốc của đáy bên. Do đó cần chọn kết cấu như thế nào cho hợp lý.

## II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

### 1. Chế độ thủy lực trên bậc nước

Chế độ thủy lực từ đỉnh đập đá đổ đắp dở chảy qua các bậc xuống chân đập có thể được coi là sự hình thành của nhiều bậc nước liên tiếp có dòng chảy rơi tự do như hình 1.



Hình 1. Chế độ thủy lực trên bậc nước

Trường hợp bậc nước bằng các rọ thép bỏ đá có phân bậc nhô đủ rộng thì dòng chảy từ mỗi bậc phun xuống bậc kế tiếp tạo thành dạng mũi phun có góc hất  $\alpha = 0^\circ$ , sau dòng phun có nước nhảy. Khi đó mái hạ lưu đập đá đổ có thể coi là một hệ thống các bậc nước hoàn chỉnh liên tiếp nhau. Nếu bậc không đủ rộng để có thể gói trọn cả dòng rơi và nước nhảy thì dòng chảy sẽ đổ từ bậc nọ xuống bậc kia thành các cung cong liên tiếp, nếu bậc ngắn thì dòng chảy vượt qua cả mũi bậc và đổ xuống bậc kế tiếp. Từ tính chất thủy lực này khi thiết kế bậc có chiều cao đã định [ $\Delta h = a(m)$ ] thì chiều dài mỗi rọ thép phải có kích thước nhất định, chiều dài đó là:

$$L_{r_0} = L_1 + L_2 + L_3 \quad (1)$$

$L_{r_0}$  - Chiều dài cần thiết của rọ thép (m)

$L_1$  - Chiều dài gối vào bên trong thân đập (m)  
 $L_2$  - Chiều dài tạo ra bậc nước, hứng được dòng rơi từ bậc phía trên đổ xuống (m)

$L_3$  - Chiều dài để dòng chảy sinh nước nhảy trên bậc nước

Qua nghiên cứu thí nghiệm mô hình để bậc nước có kết cấu ổn định thì chiều dài  $L_1 \geq L_2$ ; thường là lớn hơn  $L_2$  để đảm bảo trọng tâm của rọ nằm thiên về phía thân đập (đây là trường hợp bậc không hình thành nước nhảy trên bậc).

Muốn xác định được chiều dài  $L_1$  và  $L_2$  cần phải tính được khoảng cách phóng xa của dòng chảy từ đỉnh đập đá đổ xuống bậc thứ nhất. Ta gọi  $X$  là khoảng cách phóng xa thì  $X$  được xác định theo công thức:

$$X = \sqrt{2(Z_g - f_g)(Z_g - f_3)} \quad (2)$$

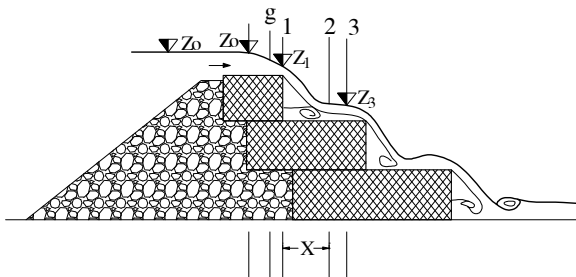
Trong đó

$f_g$  - Cao độ đỉnh bậc thứ nhất

$Z_g$  - Cao độ trung bình mực nước ở cuối bậc thứ nhất  $Z_g = \left( \frac{Z_0 + Z_1}{2} \right)$

$f_3$  - Cao độ đỉnh bậc hai

Các ký hiệu trong công thức (2) thể hiện trên hình 2.



Hình 2. Các thông số bậc nước

Khi có thí nghiệm ta sử dụng trị số đo đường mặt nước để xác định giá trị  $Z_0, Z_1$  để suy ra  $Z_g$ . Khi chưa có số liệu thí nghiệm thì tính  $Z_0$  và  $Z_1$  như mực nước trên đập tràn đỉnh rộng chảy tự do. Độ sâu dòng chảy ở mặt cát 1-1 tại mũi hất (mép cuối bậc) là  $h_1$  qua thực nghiệm cho thấy luôn nhỏ hơn độ sâu phân giới  $h_{pg}$ , có thể xác định theo công thức thực nghiệm của Mooer và Rand.

$$h_1 = 0.715h_{pg} \quad (3)$$

Năng lượng của dòng chảy được tiêu hao qua dòng phun rơi một phần khuếch tán trong không

khí, một phần tiêu hao do dòng phun va đập với mặt rọ đá và một phần tiêu hao do nước nhảy ở trên bậc (trường hợp bậc rọ đá đủ dài).

Trường hợp chiều cao chênh lệch giữa đỉnh đập đá đổ với đáy lòng sông hạ lưu lớn, nếu mỗi bậc phải làm đủ chiều dài  $L = (L_1 + L_2 + L_3)$  thì khối lượng làm rọ thép bỏ đá sẽ tăng lên nhiều. Vì vậy sẽ làm rọ đá có chiều dài  $L = (L_1 + L_2)$  để giảm bớt chiều dài xây dựng tạm thời khi xả lũ thi công; song để giảm bớt chiều dài xây dựng tạm thời khi xả lũ thi công, để đảm bảo an toàn cho công trình cần phải chấp nhận việc tăng cường công tác gia cố bằng tăng đường kính thép hàn lưới của rọ, và tăng thép neo. Điều này sẽ được đề cập rõ hơn trong phần tính kết cấu của rọ thép bỏ đá.

## 2. Tính kết cấu cho rọ đá

Ở trên đã trình bày phương pháp tính thủy lực cho mái đập đá đổ được thiết kế theo dạng bậc thang. Để đáp ứng được tình hình thủy lực và chịu được vận tốc dòng chảy khi xả lũ thi công thì không thể dùng rọ thép thông thường mà thiết kế loại rọ thép bỏ đá phi tiêu chuẩn.

Dưới đây giới thiệu cách tính toán rọ thép bỏ đá.

### a. Nguyên tắc bố trí rọ đá và các chi tiết

Với quan điểm độ bền và ổn định, rọ đá trong công trình phải thỏa mãn các yêu cầu.

+ Phân bố lưới thép trong công trình là đồng đều.

+ Công trình không bị biến dạng do lực cắt gây ra.

Muốn đạt được yêu cầu thứ hai thì nên bố trí nhiều thép thẳng đứng và song song với hướng tác dụng của lực cắt.

### b. Rọ thép bỏ đá

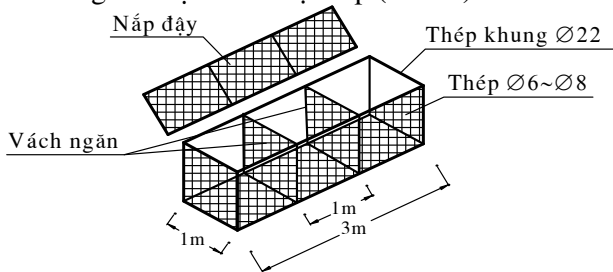
+ Hình dạng tương tự như rọ đá, nhưng kết cấu chắc chắn hơn, các tấm lưới không dùng lưới thép đan bện mà dùng sắt có đường kính từ 4mm trở lên hàn liên kết thành các tấm lưới theo kích thước thiết kế, ô lưới dạng hình vuông:  $a \times a = 10\text{cm} \times 10\text{cm}$  hoặc  $a \times a = 15\text{cm} \times 15\text{cm}$ .

Thép làm khung của rọ là loại sắt tròn có đường kính lớn, dùng thép  $\phi 20 \div \phi 26\text{mm}$ ; trong mỗi rọ các vách ngăn cũng làm khung để tăng độ bền ổn định cho tấm rọ đá.

Để chống sự phá hoại của dòng chảy trên tấm nắp rọ còn dùng thép  $\phi 22 \div \phi 26$  hàn nối với các thanh thép khung của rọ; khoảng cách chia ô để hàn là  $1.0m \times 1.0$  hoặc  $1.5m \times 1.5m$ . Loại rọ đá này được dùng khi bảo vệ mái các đập đá đổ xây dở cho tràn nước để xả lũ thi công. Nhằm giữ ổn định chống lồi cho rọ đá khi dòng chảy có lực tác động lớn nên dưới đáy rọ còn dùng thép neo, đường kính của thép neo là  $\phi 22 \div \phi 26$ .

Mật độ thép neo bố trí dày hay thưa tùy thuộc vào lực tác dụng của dòng chảy. Một số công trình bố trí thép neo theo dạng hoa mai, với cự ly  $1m \times 1m$  hoặc  $2m \times 2m$  hoặc  $3m \times 3m$ ; cố định thép neo dùng các cục bê tông:  $0.5m \times 0.5m \times 0.5m$  để chôn vào thân mái đập; chiều dài thép neo tối thiểu là 3m, lớn có thể đến 7÷8m thông qua tính toán lực kéo ở đáy của rọ.

Xin giới thiệu sơ đồ rọ thép (hình 3).



Hình 3. Mô tả sơ bộ rọ thép

### c. Tính kết cấu rọ thép

Rọ phải đảm bảo không bị dòng chảy cuốn trôi, tức là ổn định dưới tác dụng của dòng chảy. Chiều dày rọ được xác định như sau:

- Ứng suất cắt của dòng chảy trên mặt rọ là  $\tau_d = \gamma_w h_i$  ở mái bờ hai bên thì  $\tau_m = 0.75 \tau_d$  ta có:

$$\tau_m = 0.75 \gamma_w h_i = 0.75 \gamma_w n^2 \frac{V^2}{R^{1/3}} \quad (4)$$

Trong công thức (4):

$\gamma_w$  - Dung trọng của nước

h- Chiều sâu trung bình dòng chảy

i- Độ dốc đường mặt nước

n- Hệ số nhám của rọ

V - Vận tốc trung bình của dòng chảy

R- Bán kính thủy lực

Khi chưa có số liệu thí nghiệm mô hình thì vận tốc V được tính theo công thức Manning:

$$V = 1/nR^{2/3} i^{1/2}, \quad \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times i^{1/2} \quad (5)$$

Trường hợp dòng chảy trượt trên các bậc thang thì tạm lấy  $i=i$ , i bằng độ dốc của mái đập hạ lưu ( $\Delta Z/L$ ,  $\Delta Z$  là chênh lệch độ cao tính từ đỉnh đập đá đổ đến đáy sông hạ lưu, L là chiều dài các bậc từ đỉnh đập đá đổ đến chân bậc cuối cùng). Còn bán kính thủy lực R khi bề rộng đập tràn đá đổ tương đối lớn thì lấy  $R \approx h$ .

+ Lực cắt giới hạn tại mặt dưới của rọ tính theo công thức:

$$\tau_{cd} = C(\gamma_d - \gamma_w) t \quad (6)$$

Trong đó:

t- Chiều dày rọ (m)

$\gamma_d$  - Trọng lượng đơn vị của đá ( $T/m^3$ )

C - Hệ số thực nghiệm được lấy như sau

$C=0.10$  đối với rọ bỏ đá,  $C=0.047$  với đá rời

+ Lực cắt giới hạn của rọ đá ở hai mái bờ

$$\tau_{cm} = \tau_{cd} \sqrt{\left(1 - \frac{\sin^2 \alpha}{\sin^2 \varphi}\right)} \quad (7)$$

$\alpha$  - Góc nghiêng của mái dốc bờ so với mặt phẳng nằm ngang (độ)

$\varphi$  - Góc nghỉ tự nhiên của đá, đối với rọ đá thường lấy  $\varphi = 41^\circ$

Điều kiện ổn định của thảm rọ đá trên mái hai bờ là:

$$\tau_m \leq \tau_{cm} \quad (8)$$

Cân bằng giá trị của  $\tau_m$  và  $\tau_{cm}$  sẽ tìm được chiều dày t của rọ đá.

Dựa theo cách tính như trên thì chiều dày rọ đá thường không lớn, nên theo kinh nghiệm thực tế người ta chọn chiều dày rọ đá theo vận tốc tối hạn của dòng chảy ( $V_m$ ). Khi mà vận tốc lớn hơn 5m/s cần dùng rọ đá có chiều dày 0.50m trở lên.

### 3. Một số ví dụ của Trung Quốc dùng rọ thép bỏ đá

#### a. Công trình thủy điện Thiên Sinh Kiều

+ Sơ lược về công trình

Công trình này là bậc thang thủy điện cấp I trên sông Hồng; chiều cao đập bản mặt là 178m, chiều dài đỉnh đập 1168m, khối lượng đắp đập là 18.750.000m<sup>3</sup>, tổng dung tích hồ là 10.26tỷ m<sup>3</sup>, công suất lắp máy là 1200MW (4\*300MW).

+ Phương án dẫn dòng

Năm đầu xả lưu lượng thi công qua 2 tuy nèn dẫn dòng (13.5 × 13.5m) và tích nước trong hồ (do đê quai thượng và hạ lưu ngăn nước); Q=1670m<sup>3</sup>/s.

Mùa lũ năm thứ 2 và 3 xả lưu lượng thi công qua 2 tuy nèn dẫn dòng và đoạn đập đắp dờ (B=300m).

Để lựa chọn kết cấu dẫn dòng hợp lý đã tiến hành thí nghiệm mô hình tỷ lệ 1/100. Qua thí nghiệm xả 9 cấp lưu lượng Q=2500, 3000, 3500, 4400, 5500, 6500, 7760, 9670, 10800m<sup>3</sup>/s mới chọn kết cấu rọ thép bỏ đá gia cố đoạn đập xây dờ hợp lý.

+ Kết quả xả lũ thực tế

Mùa lũ năm 1995 mặt đập tràn nước 11 lần, theo thống kê thời gian xả lũ là 1848giờ, lưu lượng đến lớn nhất của sông là 4750m<sup>3</sup>/s, lưu tốc bình quân là 13.72m/s.

Mùa lũ năm 1996 mặt đập tràn nước xả lũ 4 lần, theo thống kê thời gian tháo lũ là 348giờ; lưu lượng đến lớn nhất của sông là 3790m<sup>3</sup>/s, lưu tốc bình quân là 10.32m/s.

+ Kết luận: Qua các mùa lũ lớn, đoạn đập đắp dờ vẫn an toàn.

Thực tế cho thấy để an toàn, đã thí nghiệm với nhiều cấp lưu lượng và cấp lớn nhất xả qua đập đắp dờ gần gấp 2 lần lưu lượng tính toán và thực tế xảy ra.

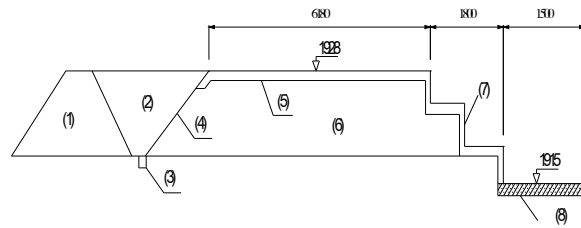
### b. Công trình thủy điện Tân Hoa

+ Sơ lược về công trình

Hồ chứa nước Tân Hoa được xây dựng ở thượng lưu sông Quan Thôn thuộc nhánh sông Ngư Hà trên địa phận thôn Phát Đông xã Tân Văn huyện Hội Đông tỉnh Tứ Xuyên là một công trình thủy lợi loại vừa có nhiệm vụ sử dụng tổng hợp, lấy nước tưới là chính kết hợp cấp nước cho thành thị, phát điện kiêm chống lũ, nuôi cá và du lịch. Đập chính ngăn sông là đập đá đổ đầm nén tường tâm bằng đất sét, chiều cao lớn nhất của đập là 66m, mặt đập rộng 8m, chiều dài theo tuyến tim đỉnh đập là 238.75m.

+ Phương pháp dẫn dòng

Mùa khô xả lũ qua tuy nèn dẫn dòng, mùa lũ xả qua tuy nèn và đoạn đập đắp dờ. Đoạn đập đắp dờ xả lũ thường chia là 3 bậc như hình 4.



Hình 4. Mặt cắt ngang đập chính tràn nước xả lũ

Ghi chú:

- |                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| (1) Đê quai         | (5) Đá lát khan     |
| (2) Khối đá nén     | (6) Đá đắp đập      |
| (3) Rãnh đổ bê tông | (7) Rọ thép bỏ đá   |
| (4) Màng composit   | (8) Lớp bê tông đệm |

Kết quả tính đường kính đá quy đổi bảo vệ mặt và lưu tốc tràn qua mặt đập ở cao trình 1928m ở bảng 1.

Bảng 1. Quan hệ V~d của mặt đập đắp dờ Tân Hoa

V (m/s)	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
d (m)	0.02	0.09	0.20	0.35	0.55	0.80
G (kg)	0.8	16.5	82	250	617	1307

Công trình đã xả lũ thi công năm 2002 an toàn và hoàn thành xây dựng năm 2005.

### c. Công trình thủy điện Liên Hoa - tỉnh Cát Lâm

+ Phương án dẫn dòng

Lưu lượng lũ là 8070m<sup>3</sup>/s. Biện pháp tháo lũ là xả qua hai tuy nèn dẫn dòng kết hợp với đoạn đập đắp dờ. Theo tiến độ thi công thực của công trình thủy điện Liên Hoa, trên nguyên tắc cố gắng tiết kiệm kinh phí bảo vệ đường tràn dẫn lũ đã tiến hành nghiên cứu so chọn các phương án đáy đoạn đập đắp dờ là: 150, 200, 250, 300m. Ngoài tính toán về thủy lực ra còn tiến hành thí nghiệm mô hình thủy lực tổng thể công trình và mô hình mặt cắt khi dẫn qua đoạn đập đắp dờ.

Qua tổng hợp phân tích so sánh xác định phương án xả lũ qua đoạn đập đắp dờ là: chiều rộng đáy dài 250m, cao trình đáy là ∇173.0m, hai bên bờ có mái là 1:1.5. Thời đoạn lũ lớn sử dụng hai tuy nèn xả lũ kết hợp với đoạn đập đắp dờ đã được bảo vệ để tháo lũ. Xác định các thông số thủy lực nêu ở bảng 2.

Bảng 2: Các thông số thủy lực xả lũ

Lưu lượng (m <sup>3</sup> /s)	Chiều rộng chừa (m)	Thông số thủy lực theo tính toán		Thông số thủy lực theo thí nghiệm			
		Lưu tốc mặt đập (m)	Lưu tốc ở máng đập hạ lưu (m/s)	Độ sâu dòng chảy ở máng đập hạ lưu (m)	Lưu tốc mặt đập (m/s)	Lưu tốc ở máng đập hạ lưu (m/s)	Độ sâu ở máng đập hạ lưu (m)
8070	250	3.3÷7.65	18.52	1.074	2.15÷7.85	10.27÷15.03	1.45÷2.33

Bảo vệ máng đập hạ lưu dùng lưới cốt thép gia cố bảo vệ, thép khung dùng  $\phi 25\text{mm}$ , kích thước của mắt lưới là  $15\text{cm} \times 15\text{cm}$ , thép neo trên mặt bằng  $\phi 32\text{mm}$  dài 10m khoảng cách ngang và khoảng cách dọc đều dùng 90cm, thép neo liên kết với lưới cốt thép bằng hàn.

### III. KẾT LUẬN:

Phương pháp dẫn dòng xả lũ thi công qua

đoạn đập đắp đỡ mang lại hiệu quả kinh tế lớn, nên Trung Quốc dùng khá phổ biến. Tuy nhiên, để áp dụng phương pháp này Trung Quốc đã thí nghiệm nhiều phương án khác nhau với nhiều cấp lưu lượng, trong đó có một số cấp lớn hơn tính toán để đảm bảo an toàn khi xả lũ thi công. Chúng tôi xin giới thiệu để bạn đọc tham khảo. Một số nội dung chi tiết về xả lũ thi công qua đập đắp đỡ chúng tôi sẽ nêu vào dịp khác.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Khánh Tường; Rọ đá trong các công trình Thủy lợi - Giao thông - Xây dựng. NXB Xây dựng. Năm 2001.
2. Trần Quốc Thương, Vũ Thanh Te; Đập tràn thực dụng. NXB Xây dựng. Năm 2007.
3. Viện Khoa học Thủy lợi; Báo cáo tổng kết đề tài cấp Nhà nước mã số 6-201J. Năm 2007

### Summary

#### SOME RECOMMENDATIONS ON STEP-BASED WEIR HYDRAULIC STRUCTURES FOR CONSTRUCTIVE FLOW DISCHARGE

*Construction work of hydraulic structures for various water resources and hydropower projects are requiring long time of constructive flow discharge i.e. some to three years. In flooding period, constructive flow discharge through sluice or tunnel structures will demand a large invested budget. Thus, in dealing with problem, in some countries, constructive flow discharge by incomplete step-based weir has been researched and applied into construction phase. This paper intends to present some recommendation on subject of incomplete step-based weir with laid-down steel-galvanized rock gabion.*

---

Người phản biện: PGS.TS. Lê Xuân Roanh