

## XÁC ĐỊNH LƯU LƯỢNG THÂM QUA ĐẬP ĐÁ ĐỔ ĐANG THI CÔNG KHIXẢ LŨ THI CÔNG BẰNG THỰC NGHIỆM

Th.S Giang Thư

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

**Tóm tắt:** Nhiều năm trở lại đây, các công trình thủy lợi thủy điện lớn, đập dâng đã và đang được xây dựng là loại đập đá đổ bê tông bản mặt. Trong thời kỳ thi công thường căn cứ vào yêu cầu kinh tế, kỹ thuật để lựa chọn sơ đồ, giải pháp dẫn dòng thi công hợp lý. Vì vậy việc thiết kế sơ đồ dẫn dòng thi công đối với các công trình này thường được lựa chọn là xả lũ thi công qua đập đá đổ đang thi công (đắp dờ). Phương pháp này rất hiệu quả và tiện lợi đặc biệt là khi xây dựng ở những nơi có địa hình chật hẹp, giảm đáng kể kinh phí và thời gian xây dựng công trình dẫn dòng và công trình chính. Tuy vậy, hiện nay chưa có nhiều tài liệu tham khảo, tính toán chính xác, thường áp dụng theo kinh nghiệm các công trình đã xây dựng. Bài viết này xin nêu kết quả nghiên cứu xác định lưu lượng thấm qua thân đập so với tổng lưu lượng xả qua đập bằng thực nghiệm khi dẫn dòng xả lũ thi công qua đập đá đổ bê tông bản mặt đang thi công (đắp dờ).

**Từ khóa:** Đập đá đổ, lưu lượng thấm, xả lũ thi công.

**Summary:** Up to present, rock fill weirs with concrete slab surface have been being constructed in large scale water resources and hydropower projects. In construction period, sustainable scheme and constructive flux flow approaches are based on technical-economic requirements. For this kind of structures design of constructive flux flow scheme is always based on flux flow through incompletion rockfill weir (in construction). The mentioned scheme has shown that it is effective and useful way, especially while construction work has to be done in narrow site, saving incredible cost and time of construction of flux flow and main structures. The problem is that limitation of references, difficult in detail design exactly but having to apply the similitude kind of constructive structures. This paper presents experimental approaches to determine infiltration through weir body comparing to total flow discharge over weir in time of in construction flux flow through rock fill with concrete slab surface (in construction).

**Keywords:** rock fill weir, infiltration flowrate, constructive flux flow.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Với bất kỳ một công trình thủy lợi, thủy điện nào khi xây dựng nếu không hoàn thành trong một mùa khô thì đều phải tính toán đến đến phương án dẫn dòng xả lũ thi công. Phương án dẫn dòng xả lũ thi công là công tác hết sức

quan trọng, vì xác định được biện pháp dẫn dòng thi công hợp lý là đảm bảo cho công tác thi công công trình đúng tiến độ, an toàn và giảm giá thành xây dựng.

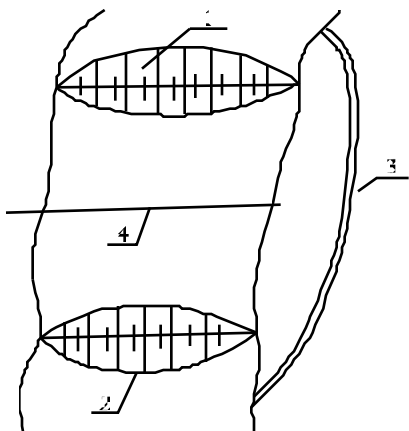
Phương án dẫn dòng thi công tùy thuộc vào khối lượng, thời gian xây dựng, lưu lượng dẫn dòng, điều kiện địa hình... mà có các sơ đồ xả lũ thi công khác nhau; có thể là dẫn dòng thi công một đợt (hình 1) hay dẫn dòng thi công nhiều đợt (hình 2).[1]

Người phân biện: PGS.TS Trần Quốc Thưởng

Ngày nhận bài: 14/8/2015

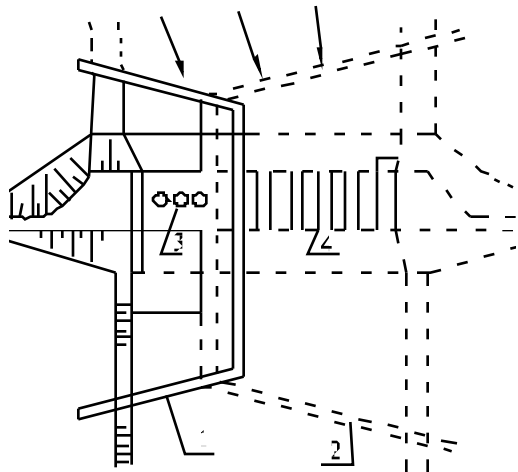
Ngày thông qua phân biện: 15/8/2015

Ngày duyệt đăng: 02/12/2015



Hình 1. Sơ đồ dẫn dòng thi công một đợt

- (1) Đê quây thượng lưu; (2) Đê quây hạ lưu;  
(3) Kênh dẫn dòng; (4) Công trình chính;

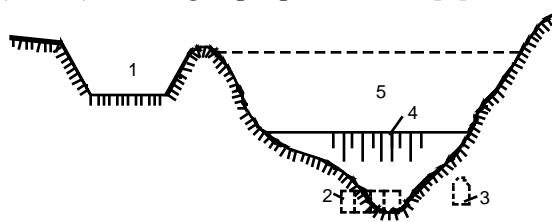


Hình 2. Sơ đồ dẫn dòng thi công nhiều đợt

- (1) Đê quây đợt một; (2) Đê quây đợt hai;  
Nhà máy thủy điện; (4) Đập tràn nước;

Khi khối lượng thi công công trình lớn, thời gian thi công kéo dài, lưu lượng dẫn dòng thi công lớn, chênh lệch lưu lượng giữa hai mùa lũ và kiệt nhiều, quá trình thay đổi lưu lượng và cao trình mực nước trong mùa lũ dao động mạnh. Nếu theo phương pháp truyền thống sẽ phải xây dựng nhiều các công trình tạm như cống tụy nèn... Do đó, làm tăng kinh phí và thời gian dẫn dòng thi công. Một trong các sơ đồ dẫn dòng thi công thường được áp dụng, mang lại hiệu quả lớn về kinh tế và kỹ thuật đó là cho nước tràn qua đoạn đập đang thi công có kết cấu vật liệu là bê tông hay đá đỏ kết hợp với cống hay tuynen để xả lũ thi công (hình 3) là một giải pháp rất khả thi.[2]

công có kết cấu vật liệu là bê tông hay đá đỏ kết hợp với cống hay tuynen để xả lũ thi công (hình 3) là một giải pháp rất khả thi.[2]



Hình 3. Sơ đồ dẫn dòng thi công trong công trình đầu mối thủy lợi, thủy điện

- (1) Công trình tháo nước trên bờ (kênh, dốc nước); (2) Công trình tháo nước lòng sông (lỗ xả đáy); (3) Đường hầm dẫn dòng thi công; (4) Đập đang thi công; (5) Đập đã hoàn thành.

Như vậy, từ thực tiễn cho thấy, phương pháp xả lũ thi công cho tràn qua đập đang thi công (xây dở) sẽ giảm được thời gian và chi phí xây dựng công trình. Phương pháp này đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới và ở trong nước. Tuy nhiên, việc tính toán dẫn dòng thi công qua đoạn đập đang thi công chưa có nhiều tài liệu để tham khảo, đặc biệt là tính toán xả lũ thi công qua đoạn đập (làm bằng vật liệu đá đỏ) đang thi công nhất là các thông số dòng thấm trong thân đập.

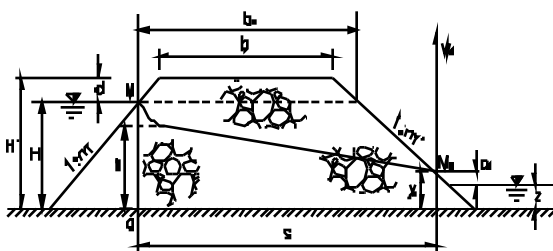
## 2. CÁC HÌNH THỨC XẢ LŨ THI CÔNG QUA ĐẬP ĐANG THI CÔNG

### 2.1. Đập (đê quai) đá đỏ thấm nước

Trong quá trình xây dựng, khi dẫn dòng thi công thường phải đắp đê quai chặn dòng lấp sông, thân đê quai thông thường sử dụng đất đá thái để đắp. Quá trình đắp đê quai theo phương thức này không tiến hành đầm nén. Trong giai đoạn đắp đê quai, mỗi thời đoạn lán sông thu hẹp dòng chảy, đường kính vật liệu đắp lại được thay đổi, kích thước và trọng lượng các viên đá phải tăng lên để giảm bớt khối lượng bị xói trôi. Đến khi chặn dòng thi công đường kính vật liệu là lớn nhất, thời đoạn này dùng các tảng đá quá cỡ hay các khối bê tông, do đó tỷ lệ độ rỗng của khối vật liệu đắp đê

quai tương đối lớn (hệ số rỗng này có thể đạt tới 40% đến 49%).([3], trang 84-190, bảng 4-11; [4], trang 102).

Trường hợp này không có dòng chảy tràn qua đỉnh đập mà chỉ có dòng thấm qua thân đập (hình 4), phương thức này lưu lượng thấm được tính theo hệ phương trình (1).[4]



Hình 4. Trường hợp thấm qua đập (đê quai) đá đổ

$$\frac{q}{k} = 2\sqrt{\frac{H-h}{m}}(\sqrt{H} - \sqrt{H-h})$$

$$\frac{q}{k} = \frac{h+(a_o+h_o)}{2}\sqrt{\frac{h-(a_o+h_o)}{S}} \quad (1)$$

$$\frac{q}{k} = \frac{a_o}{\sqrt{m'}} + 2\frac{a_o}{\sqrt{m'}}(\sqrt{a_o+h_o} - \sqrt{a_o})$$

$$S = b_H + m'[H - (a_o + h_o)]$$

Trong đó:

q: Lưu lượng thấm đơn vị (m<sup>3</sup>/s.m)

n: Hệ số khe rỗng của đá đổ

các ký hiệu khác như hình 4

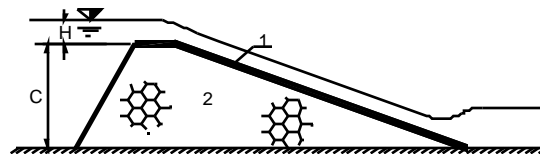
k: hệ số thấm rôi của đá đổ, theo X.V.Izbas.[3]

$$k = n(20 - \frac{14}{D})\sqrt{D} \quad (2)$$

D: Đường kính viên đá qui đổi dạng hình cầu (m)

## 2.2. Đập (đê quai) đá đổ tràn nước

Thân đập (đê quai) được đắp bằng đá đổ đầm nén, mặt mái đê quai và đỉnh đê quai được gia cố, bảo vệ bằng bê tông (hình 5). Trong trường hợp này chỉ có lưu lượng tràn qua mà không có lưu lượng thấm qua thân đập (đê quai).



Hình 5. Chảy tràn qua đập (đê quai) đá đổ (1) bê tông bảo vệ mặt; (2) Đá đổ trong thân đập (đê quai).

Phương thức xả lũ dẫn dòng thi công dạng này, dòng chảy hoàn toàn tràn qua đỉnh đập và lưu lượng được xác định như qua đập tràn đỉnh rộng (3):

$$Q = \epsilon \sigma_n m B \sqrt{2g} H_o^{3/2} \quad (3)$$

## 2.3. Đập đá đổ tràn nước, thấm nước

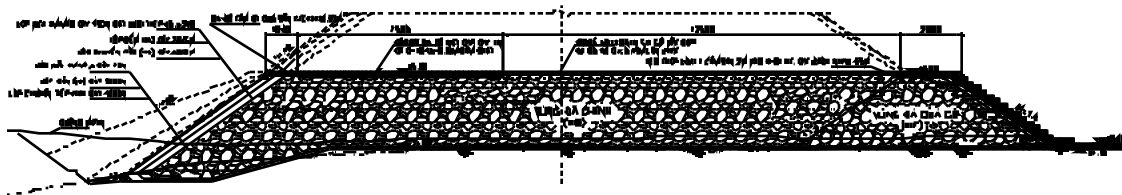
Đối với các đập đá đổ, lợi dụng thân đập đá đổ đang thi công chừa lại một đoạn để dẫn dòng xả lũ thi công như công trình đập đá đổ Cửa Đạt (Thanh Hóa) hay đập đá đổ Thiên Sinh Kiều (Trung Quốc) ... thuộc dạng đập đá đổ thấm nước và tràn nước khi dẫn dòng xả lũ thi công. Trước khi xả lũ dẫn dòng thi công, thường kết cấu thân đập được gia cố tại một số các vị trí để bảo vệ công trình:

+ Mặt mái thượng lưu thân đập đá đổ đắp dờ thường dùng tấm bê tông hoặc bê tông bản mặt để chống thấm, đồng thời để tránh xói trôi vật liệu đá đổ ở đầu đập thường dùng tấm bê tông bảo vệ một đoạn dài nhất định (xem hình 6);

+ Đoạn cuối mặt đập đá đổ gia cố bằng rọ đá, mái hạ lưu đập đá đổ đắp dờ được gia cố bằng khung thép bó đá hay thảm rọ đá để giữ ổn định cho thân và mái đập đặc biệt là mái hạ lưu đập đá đổ đắp dờ không bị sạt trượt.

Như vậy, với dạng sơ đồ đập đá đổ đắp dờ đang thi công cho tràn nước để vượt lũ thì lưu lượng tháo qua gồm 2 phần là:

- Phần lưu lượng tràn trên đỉnh đập đắp dờ  $Q_{tràn}$ ;
- Phần lưu lượng thấm xuống mặt đập đá đổ đắp dờ đang thi công chảy qua khối đá đổ trong thân đập rồi thoát ra ở mái hạ lưu đập  $Q_{thấm}$ .



Hình 6: Đập đá đổ đắp dờ

Do đó, tổng lưu lượng xả lũ qua đập đá đổ đắp dờ là:

$$Q_{xả\ lũ} = Q_{tràn} + Q_{thấm} \quad (4)$$

Với  $Q_{tràn}$  được xác định theo công thức (3) như đập tràn đỉnh rộng  $Q_{thấm}$  lưu lượng thấm qua thân đập đá đổ đắp dờ.

Để xác định  $Q_{thấm}$ , trong bài báo này chủ yếu đi vào nghiên cứu dòng thấm rồi chảy qua thân đập với độ rỗng  $n=23\%$  thông qua nghiên cứu bằng thực nghiệm trên mô hình vật lý.

### 3. THIẾT KẾ MÔ HÌNH

#### 3.1. Sơ đồ nghiên cứu

Để nghiên cứu về dòng thấm trong thân đập đá đổ đắp dờ, đối với bài báo này chỉ xét cho trường hợp đập đá đổ tràn nước và thấm nước với mái thượng lưu là bê tông bản mặt và chủ yếu dựa trên sơ đồ dẫn dòng thi công của công trình Cửa Đạt.[5] Với sơ đồ này dòng chảy qua đập gồm 2 phần:

- Dòng chảy tràn qua thân đập xuống hạ lưu,
- Dòng chảy tràn qua đập đá đổ một phần dòng chảy thấm vào thân đập rồi thoát ra hạ lưu

Vì vậy, sơ đồ nghiên cứu ở đây được chọn là sơ đồ đập đá đổ đắp dờ xả lũ thi công (như hình 6) ở trên có các thông số:

- + Chiều rộng mặt đập  $B=210\text{m}$ ;
- + Chiều dài tràn nước  $L = 240\text{m}$ ;
- + Chiều cao đập  $C=16\text{m}$ ; cao trình đỉnh đập  $+45,0\text{m}$ ;
- + Đập đá đổ chủ yếu là đá IIIB, đường kính đá  $d=0,5\div 0,8\text{m}$ ;
- + Đá đổ đầm nén có độ rỗng  $n\approx 23\%$ ;

- + Mái thượng lưu là bê tông bản mặt;
- + Mái hạ lưu được gia cố bằng rọ đá dạng bậc nước;
- + Đê quai thượng lưu có cao trình đỉnh là  $43,5\text{m}$ ;
- + Đê quai hạ lưu có cao trình đỉnh là  $32,0\text{m}$ .

#### 3.2. Tiêu chuẩn tương tự [6]

Dòng chảy qua công trình là dòng chảy hở, lực tác dụng vào dòng chảy chủ yếu là trọng lực, tiêu chuẩn tương tự mô hình được chọn là tiêu chuẩn Froude ( $Fr$ ) trong thiết kế mô hình.

- Trị số  $Fr=idem$ , dòng chảy trong mô hình phải cùng trạng thái với dòng chảy ngoài thực tế, dòng chảy êm ( $Fr < 1$ ) và dòng chảy xiết ( $Fr > 1$ ).

$$Fr = [V^2 / (gL)]_m = [V^2 / (gL)]_n$$

Trong đó:  $V$  là lưu tốc dòng chảy (m/s);  $L$  là độ sâu dòng chảy (m);  $g$  là gia tốc trọng trường ( $\text{m/s}^2$ ).

- Bên cạnh trọng lực chủ yếu tác dụng lên dòng chảy, dòng chảy ngoài thực tế thông thường là dòng chảy rối cho nên trong mô hình cũng phải duy trì là dòng chảy rối. Để thỏa mãn điều kiện này thì trị số Reynold trong mô hình  $(Re)_m > (Re)_{gh}$ .

$$(Re)_m = (V_m R_m / \nu_m) \lambda_n^{3/2}$$

$$(Re)_{gh} = 14 R_m / (\Delta_m \lambda_n^{1/2})$$

Trong đó:  $R_m$  là bán kính thủy lực của mô hình;  $\nu_m$  là hệ số nhớt động học của chất lỏng trong mô hình;  $\Delta_m$  là chiều cao mố nhám tuyệt đối bề mặt mô hình;  $\lambda_n$  hệ số nhám của công trình thực tế.

- Ngoài các tiêu chuẩn đó, còn phải đảm bảo đúng các điều kiện tương tự của hiện tượng thủy lực, để đạt được yêu cầu này thì tỷ lệ mô hình phải nhỏ hơn một trị số tối thiểu sau đây:

$$\lambda_L \leq \lambda_{L.min} = (q_t / (Re_{bp} v_m))^{2/3}$$

Trong đó:  $q_t$  là lưu lượng đơn vị ngoài thực tế;  $Re_{bp}$  là trị số Reno ld khu bình phương sức cản,  $Re_{bp}=10^4$ .

Từ đó, nếu gọi chỉ số "m" để chỉ các đại lượng trong mô hình; chỉ số "t" chỉ các đại lượng ngoài thực tế và " $\lambda_L$ " tỷ lệ hình học bậc nhất giữa thực tế và mô hình, ta có quan hệ giữa các đại lượng ngoài thực tế và trong mô hình.

Chiều dài:  $L_t = \lambda_L L_m$

Vận tốc:  $V_t = \lambda_L^{1/2} V_m$

Lưu lượng:  $Q_t = \lambda_L^{2.5} Q_m$

Thời gian:  $t_t = \lambda_L^{1/2} t_m$

Độ nhám:  $n_t = \lambda_L^{1/6} n_m$

Thể tích:  $W_t = \lambda_L^3 W_m$

Áp lực:  $P_t = \lambda_L P_m$

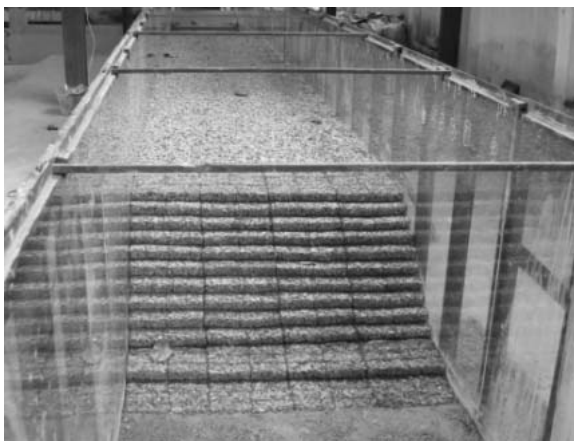
### 3.3. Mô hình hóa

Dựa trên cơ sở các chỉ tiêu kỹ thuật của các khối vật liệu, tiến hành mô hình hóa vật liệu để đắp, xây dựng mô hình nghiên cứu:

+ Để nghiên cứu chế độ thủy lực khi xả lũ thi công qua đoạn đập đá đổ đắp dờ, đã xây dựng mô hình mặt cắt với tỷ lệ 1/40 trong máng kính rộng 1m, dài 35m (xem hình 7 và ảnh 1) cùng với các phần phụ trợ như: máng cấp nước, máng dẫn nước, thiết bị lặn sóng thượng hạ lưu, cửa cuối điều chỉnh mực nước .v.v.



Hình 7: Mô hình máng kính thí nghiệm



Ảnh 1: Mô hình máng kính đập đá đổ

+ Thân đập đá đổ đắp dờ: Đập đá đổ đang thi công (đắp dờ) cho lũ tràn qua. Theo kết cấu vật liệu đắp thân đập đá đổ, các vật liệu trong mô hình được sàng phân loại, trộn theo tỷ lệ cấp phối, đổ từng lớp rồi đầm nện đạt

độ rỗng trong 23%. Phần mái thượng lưu đập bản mặt chống thấm được làm bằng vữa xi măng cát vàng. Phần mái hạ lưu đắp đắp dờ được bảo vệ bằng các khung thép bê đá, bố trí theo dạng bậc để tiêu hao năng lượng của dòng chảy.

Qua trình bày trên cho thấy, khi đắp mô hình dẫn dòng xả lũ thi công qua đoạn đập đá đổ đắp dờ là tỷ mỹ, công phu để đảm bảo tương tự về hình thức kết cấu nhằm phản ánh được các hiện tượng trong thực tế có thể xảy ra, đồng thời đảm bảo được kết quả thí nghiệm.

## 4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

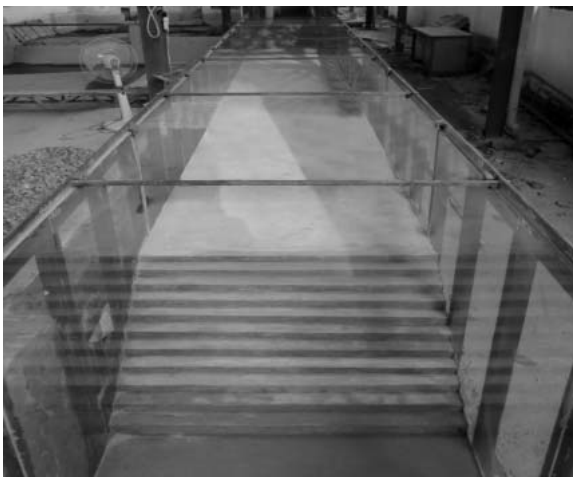
### 4.1. Phương pháp thí nghiệm xác định lưu lượng thấm

Trên mô hình mặt cắt khi xây dựng xong sẽ

được tiến hành thí nghiệm qua 2 trường hợp để thu thập các số liệu đưa vào tính toán.

*a) Thí nghiệm trên mô hình lòng cứng*

Khi xây thực hiện xong công việc đắp đập bằng các khối vật liệu đã được qui đổi để thiết kế trên mô hình. Phương án này sẽ cứng hóa toàn bộ mặt đập (xem ảnh 2 và ảnh 3), nghĩa là khi dòng chảy tràn qua đập đá đổ đập dờ thì không có dòng thấm xuống thân đập. Lúc này dòng chảy qua tràn được tính như công thức đập tràn đỉnh rộng chảy tự do theo công thức (3). Tiến hành đo đặc đường mặt nước tại các vị trí cố định đã được xác định (theo các mặt cắt đ).



*Ảnh 2: Mô hình lòng cứng*



*Ảnh 3: Thí nghiệm trên mô hình lòng cứng*

*b) Trường hợp thí nghiệm trên mô hình lòng mềm*

Sau khi bóc bỏ lớp phủ lòng cứng (bằng vữa xi măng) của phương án thí nghiệm mô hình lòng cứng, tiến hành hiệu chỉnh các kích thước, cao độ như thiết kế ban đầu.

Mô hình lòng mềm, ở đây là mô hình được mô phỏng lại theo đúng các loại vật liệu là đá đổ có cấp phối được mô hình hóa với độ rỗng là  $n = 23\%$  để đưa vào thí nghiệm (xem ảnh 4, 5 và 6).



*Ảnh 4: Mô hình lòng mềm (phía hạ lưu)*



*Ảnh 5: Mô hình lòng mềm (phía thượng lưu)*



Ảnh 6: Thí nghiệm trên mô hình tương tự

Với sơ đồ thí nghiệm là đập đá đổ bê tông bản

mặt, có nghĩa là mặt mái thượng lưu không thấm nước mà dòng chảy khi tràn qua đập thấm xuống thân đập từ trên đỉnh xuống và theo khe rỗng chảy về hạ lưu đập. Khi thí nghiệm các mặt đo đường mặt nước được cố định và trùng với trường hợp thí nghiệm trên mô hình lòng cứng để thuận tiện so sánh, tính toán kết quả.

#### 4.2. Các cấp lưu lượng thí nghiệm

Trong mô hình nghiên cứu thí nghiệm các chế độ xả lũ tương ứng với các chế độ mà công trình thực tế sẽ xả lũ qua. Dựa theo tần suất dẫn dòng xả lũ thi công của công trình đã chọn [5] lũ có tần suất  $p=5\%$  đến lũ có tần suất  $p=1\%$  phỏng theo đường quá trình lũ thực tế của công trình đã xây dựng tính toán thủy văn, các cấp lưu lượng được chọn để thí nghiệm như bảng 1.

Bảng 1: Các cấp lưu lượng thí nghiệm

$Q_1(m^3/s)$	1000	2000	2500	3000	3500	4000	4500
$q(m^2/s)$	4,76	9,52	11,90	14,29	16,67	19,05	21,43

Qua các chế độ, lưu lượng nghiên cứu này. Thông qua thí nghiệm mô hình nhằm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lưu dòng chảy đến chế độ thấm rôi và xác định lưu lượng dòng thấm rôi chảy trong thân đập đá đổ đập đỡ.

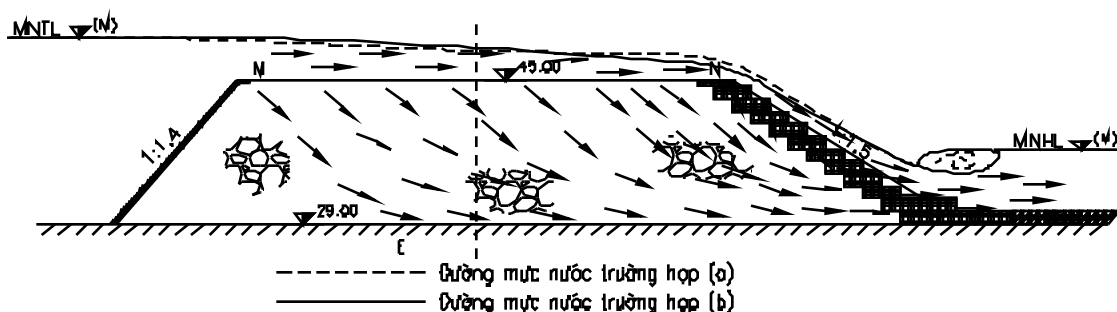
#### 4.3. Xác định lưu lượng dòng thấm

Qua thí nghiệm thấy rằng: Dòng chảy tràn qua đập đá đổ đập đỡ gồm 2 phần.

- Dòng chảy đi trên mặt đập rồi đổ xuống hạ lưu;

- Một phần dòng chảy theo khe rỗng của đá đập đi vào thân đập (lưu lượng thấm), chuyển động theo khe rỗng chảy xuống mái hạ lưu thân đập thoát ra hạ lưu;

Trong trường hợp này, lưu lượng thấm trong thân được thấm từ đỉnh đập xuống mà không thấm qua mái thượng lưu đập (do được gia cố bởi bê tông bản mặt chống thấm); dòng chảy qua đập đá đổ đập đỡ được thể hiện như sơ đồ hình 8 dưới đây.



Hình 8: Dòng chảy qua đập đá đổ đập đỡ

Xác định  $Q_{thám}$  qua thí nghiệm mô hình tương tự (lòng mềm), dòng chảy chuyển đến đoạn thân đập đá đổ đập dờ, một phần dòng chảy đi vào thân đập tạo ra dòng thấm, vì dòng chảy qua đá đổ có độ nhám lớn hơn và thấm xuống thân đập đá đổ nên sinh ra:

+ Độ dốc thủy lực trên mặt đập tăng lên;

+ Mức nước tại đoạn cuối đập (điểm N) hạ thấp xuống (Hình 8)

Từ sự khác biệt đó ta thiết lập phương trình tính lưu lượng thấm  $Q_{thám}$  là:

$$Q_{th} = Q_{x1} - Q_{x2} \quad (5)$$

$Q_{x1}$ ,  $Q_{x2}$  - Lưu lượng chảy qua đỉnh đập lòng cứng và lòng mềm

Các trị số  $Q_{x1}$  và  $Q_{x2}$  được tính tại mặt cắt cuối đỉnh đập (điểm N);

Để tính được  $Q_{x1}$  và  $Q_{x2}$  cần thiết phải xác định chính xác chiều sâu  $H_1$  và  $H_2$  tại điểm N (chảy tự do, bỏ qua co hẹp), ta có:

$$Q_{x1} = m.B\sqrt{2gH_1^{3/2}} \quad (3)'$$

$$Q_{x2} = m.B\sqrt{2gH_2^{3/2}} \quad (3)''$$

Với  $H_1$ ,  $H_2$  là cột nước cuối đập cho trường hợp lòng cứng và trường hợp lòng mềm.

Thay (3') và (3'') vào (5) ta được:

$$Q_{th} = (m.B\sqrt{2gH_1^{3/2}} - m.B\sqrt{2gH_2^{3/2}}) \quad (6)$$

Từ công thức (6), có thể thu gọn thành:

$$Q_{th} = m.B\sqrt{2g}(H_1^{3/2} - H_2^{3/2}) \quad (6)'$$

Với  $m$  - là hệ số lưu lượng chọn theo đập tràn đỉnh rộng, chảy tự do. Từ công thức (6)', để tính lưu lượng thấm đơn vị chảy qua đập đá đổ đập dờ ta có:

$$q_{th} = \frac{Q_{th}}{B} = m\sqrt{2g}(H_1^{3/2} - H_2^{3/2}) \quad (6)''$$

Cần chú ý rằng trong công thức (6)'' đối với cột nước  $H_1$  không chịu ảnh hưởng của độ rộng đập đá đổ; đối với  $H_2$  là cột nước ở cuối đập đá đổ đập dờ, song giá trị của nó

chịu ảnh hưởng của hệ số khe rỗng ( $n$ ) của đá đổ cấp phối để đập đập, như vậy ta thấy giá trị  $H_1 > H_2$ . Nghĩa là khi đập đá đổ đầm nén hệ số khe rỗng  $n$  nhỏ thì  $q_{th}$  giảm, nếu đập đá đổ không đầm nén thì hệ số rỗng  $n$  lớn thì  $q_{th}$  tăng lên.

#### 4.4. Kết quả thí nghiệm

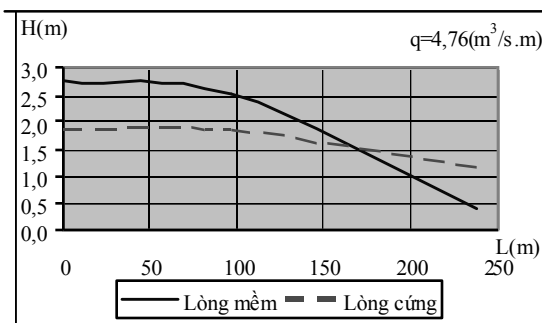
Trên mô hình đã xác định đường mặt nước trên đỉnh đập đập dờ cho 2 trường hợp lòng cứng và lòng mềm với các lưu lượng thí nghiệm như bảng 1. Kết quả đo được thể hiện như bảng 2, 3 và được thể hiện ở hình 9.

**Bảng 2: Cột nước trên mô hình lòng cứng**

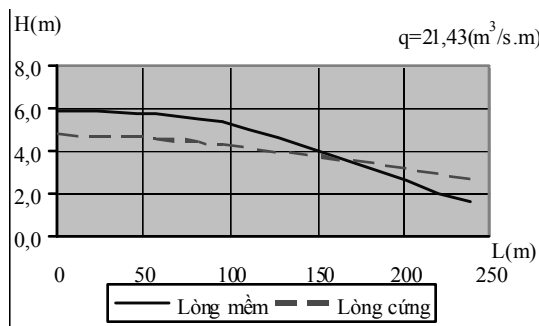
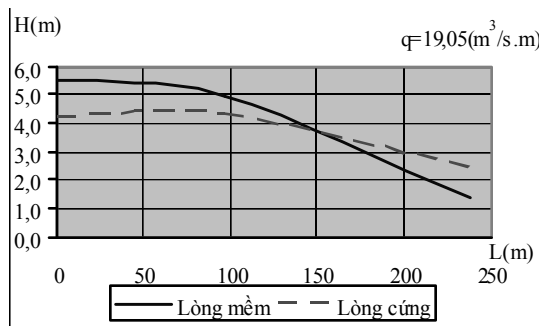
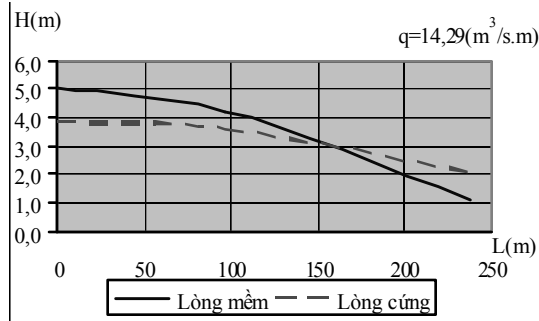
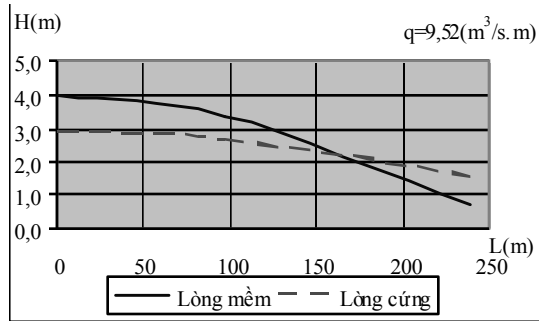
q(m <sup>3</sup> /s.m)	Cột nước trên đỉnh đập H(m)		
	Đầu đập	Tim đập	cuối đập
4,76	1,84	1,84	1,16
9,52	2,92	2,68	1,60
14,29	3,88	3,64	2,05
19,05	4,26	4,28	2,44
21,43	4,76	4,32	2,76

**Bảng 3: Cột nước trên mô hình lòng mềm**

q(m <sup>3</sup> /s.m)	Cột nước trên đỉnh đập H(m)		
	Đầu đập	Tim đập	cuối đập
4,76	2,76	2,52	0,40
9,52	4,00	3,36	0,70
14,29	5,07	4,25	1,12
19,05	5,54	4,96	1,36
21,43	5,92	5,34	1,60







Hình 9: Đường mặt nước trên đỉnh đập ứng với các cấp lưu lượng thí nghiệm

Với 5 cấp lưu lượng xả lũ thí công như trên thấy rằng; ứng với chiều dài và chiều rộng tháo nước của đập là  $L=239m$ ;  $B=210m$  và độ rỗng của vật liệu đắp đập  $n = 23\%$  thì:

+ Độ dốc thủy lực của đường mặt nước trên

mô hình lòng cứng nhỏ hơn độ dốc thủy lực của đường mặt nước trên mô hình lòng mềm;

+ Tại đoạn đầu đập đá đổ đắp đỡ đường mặt nước trên mô hình lòng cứng hạ thấp hơn đường mặt nước trên mô hình lòng mềm;

+ Tại đoạn cuối đập đá đổ đắp đỡ đường mặt nước trên mô hình lòng cứng tăng cao hơn đường mặt nước trên mô hình lòng mềm.

Với  $H_1$  là cột nước cuối đỉnh đập lòng cứng;  $H_2$  là cột nước cuối đỉnh đập lòng mềm (theo bảng 2 và 3), lấy  $m=0,32$  (với đập tràn đỉnh rộng cửa vào sắc cạnh theo N.N.Pavlopki). Từ công thức (6) xác định được lưu lượng thấm đơn vị qua thân đập đá đổ đắp đỡ. Các giá trị được ghi trong bảng 4:

Bảng 4: Phân chia lưu lượng qua thân đập

$q_{\text{tổng}}$ ( $m^3/s.m$ )	$q_{\text{thấm}}$ ( $m^3/s.m$ )	$q_{\text{chảy mặt}}$ ( $m^3/s.m$ )
4,76	1,41	3,35
9,52	2,04	7,49
14,29	2,48	11,81
19,05	3,15	15,89
21,43	3,63	17,80

Như vậy, lưu lượng thấm đơn vị chiếm khoảng  $17\% \div 30\%$  tổng lưu lượng đơn vị khi xả qua đập đá đổ đắp đỡ với  $n = 23\%$ .

### 5. KẾT LUẬN

Qua nghiên cứu trên đây có thể thấy rằng, đối với đập đá đổ đắp đỡ được đầm nén có độ rỗng đạt  $n=23\%$  thì lưu lượng đơn vị thấm trong thân đập là không lớn lắm so với lưu lượng đơn vị chảy tràn trên đỉnh đập đá đổ đắp đỡ, lưu lượng đơn vị chảy mặt khi xả qua đập là chủ yếu chiếm  $70\% \div 83\%$  lưu lượng đơn vị tổng xả qua đập đá đổ đắp đỡ. Như vậy là khi xả lũ thí công qua đập đá đổ đắp đỡ bê tông bản mặt, dòng chảy mặt trên đỉnh đập là chủ yếu nên khi thiết kế cho tràn nước để xả lũ thí công cần thiết phải gia cố đập đá đổ nhất là

phần cuối đập và đặc biệt là mái hạ lưu đập đá đổ để đảm bảo giữ ổn định cho viên đá đập đập không bị xói trôi cũng như giữ ổn định cho thân đập đảm bảo an toàn công trình. Song cũng cần lưu ý dòng thấm chảy ra từ trong thân đập đá đổ để tránh hiện tượng áp lực dòng thấm gây mất ổn định cho mái hạ lưu.

Qua phương pháp thí nghiệm mô hình vật lý, đã xác định được lưu lượng thấm trong thân đập theo công thức (6)' và (6)'' để xác định lưu lượng dòng thấm rôi. Nếu áp dụng công thức

này cần phải tính đường mặt nước (hay cụ thể là cột nước cuối đỉnh đập) cho trường hợp không thấm (bọc bê tông) bằng cách tính đường mặt nước thông thường đã có, sau đó được suy ra từ đường quan hệ mực nước trong các biểu đồ hình 9 tương ứng với tỷ lưu đã cho để xác định cột nước cuối đỉnh đập trong trường hợp vật liệu đắp đập là đá đắp có độ rỗng tương ứng  $n=23\%$ , từ đó dựa vào công thức (6)' và (6)'' để xác định lưu lượng dòng thấm rôi trong thân đập.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] TCVN 9160-2012 công trình thủy lợi - Yêu cầu thiết kế dẫn dòng trong xây dựng.
- [2] Studenichnikov B.I (1961), Tháo lũ qua đập đá đổ đang xây dựng dở, tạp chí KHKT trường đại học xây dựng Matxcova.
- [3] X.V.Izbas (1974), Thủy lực chặn dòng sông, nhà xuất bản khoa học kỹ thuật, trang 76 – 201.
- [4] Học viện thủy lợi Hoa Đông [2001], sổ tay thiết kế thủy công tập 4, trang 100-114.
- [5] Viện Khoa học Thủy lợi (2004), Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình các công trình dẫn dòng và tuynen xả lũ công trình Cửa Đạt, Thanh Hóa, trang 48-101.
- [6] Trần Quốc Thương (2005): Thí nghiệm mô hình thủy lực - NXB xây dựng, Hà Nội.