

KHUNG THÉP BỎ ĐÁ DẠNG BẬC NƯỚC GIA CỐ MÁI ĐẬP ĐÁ ĐỒ ĐẮP DỠ KHI XẢ LŨ THI CÔNG

Nguyễn Vũ Việt

Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

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隧 ần ... sẽ rất tốn kém. Vì vậy, một số nước đã nghiên cứu và áp dụng biện pháp xả lũ thi công qua đập xây dở dạng bậc nước. Bài viết nêu một số ý kiến về khung thép bỏ đá dạng bậc nước gia cố mái đập đá đồ đắp dở khi xả lũ thi công.

Từ khóa: Đập đá đồ đắp dở, khung thép bỏ đá, đập dạng bậc nước.

Summary: In the construction of irrigation and large hydroelectricity works, the construction diversion time lasts several years; In flooding season, the discharging flow through sewers or tunnels ... will be very expensive. Therefore, some countries have studied and applied measures to discharge flood construction through dams in form of water level. The paper presents some ideas about the steel stone frame in the form of reinforcing the dam slope roof when filling up the flood for construction.

Key word: discharge flood construction dams, steel stone frame, dam slope roof

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

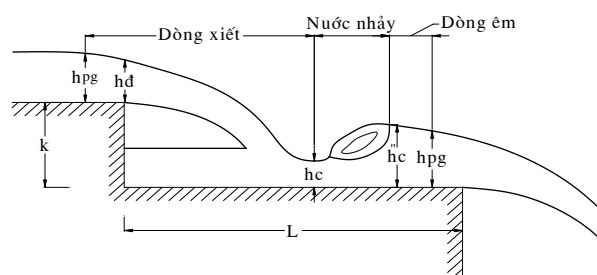
Trước đây trên các đoạn sông đi qua chỗ địa hình thay đổi đột ngột từ cao xuống thấp phải làm công trình chuyển tiếp. Nhiệm vụ của công trình là tiêu năng; tránh xói lở hạ lưu. Trong trường hợp này thường làm công trình chuyển tiếp dạng bậc nước. Với những công trình vĩnh cửu như đập Bái Thượng, đã dùng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

Gần đây, khi xả lũ thi công qua đập đá đồ đắp dở, vì là công trình tạm nên một số công trình đã áp dụng rọ thép bỏ đá theo dạng bậc nước tiêu năng, giảm thiểu xói lở.

Mức độ và hiệu quả tiêu năng trên từng bậc nước phụ thuộc vào hình thức kết cấu. Do đó cần chọn kết cấu như thế nào cho hợp lý.

1.1. Chế độ thủy lực trên bậc nước

Chế độ thủy lực từ đỉnh đập đá đồ 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 phần 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 đồ 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

Ngày nhận bài: 06/4/2019

Ngày thông qua phản biện: 11/5/2019

Ngày duyệt đăng: 12/6/2019

cung cong liên tiếp, nếu bậc ngăn 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:

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

Trong đó:

$L_{r\sigma}$ - Chiều dài cần thiết của rọ thép (m)

L_1 - Chiều dài gổ 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 (m)

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 $Z_g = \left(\frac{Z_0 + Z_1}{2} \right)$

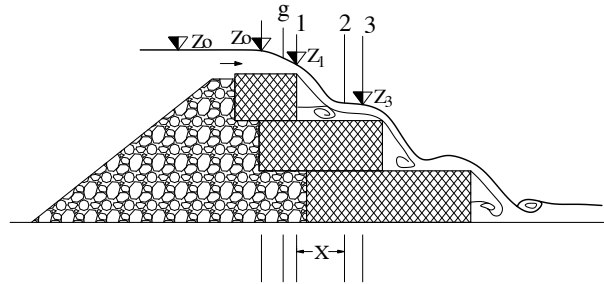
f_3 - Cao độ đỉnh bậc thứ hai

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

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 cắt 1-1 tại mũi hắt (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.

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



Hình 2: Các thông số bậc nước

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.

1.2. 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 và 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.

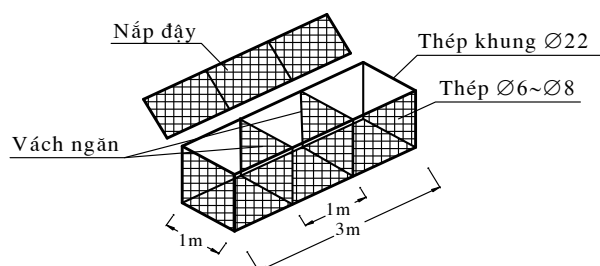
b. Rọ thép bỏ đá

+ Hình dạng tương tự như rọ đá, nhưng kết cấu chắc chắn hơn, các tấm lưới không dùng lưới thép đan bên mà dùng thép có đường kính từ 6mm 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 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 $1.0\text{m} \times 1.0$ hoặc $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$. 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 cuốn trôi rọ đá khi gradien dòng chảy lớn, thì dưới đáy rọ còn dùng thép neo, đường kính của thép neo là $\phi 22 \div \phi 26$.

Mật độ thép neo phụ thuộc vào gradien dòng chảy. Một số công trình bố trí thép neo theo dạng hoa mai, với cự ly $1\text{m} \times 1\text{m}$ hoặc $2\text{m} \times 2\text{m}$ hoặc $3\text{m} \times 3\text{m}$; cố định thép neo vào các cục bê tông: $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 0.5\text{m}$ chôn sâu 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.



Hình 3: Mô tả cấu tạo rọ thép

c. Tính kết cấu rọ thép:

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

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

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

Trong đó:

γ_w - Dung trọng của nước (T/m^3)

h - Chiều sâu trung bình dòng chảy (m)

i - Độ dốc đường mặt nước

n - Hệ số nhám của rọ

V - Vận tốc trung bình của dòng chảy (m/s)

R - Bán kính thủy lực (m)

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

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

Trường hợp dòng chảy trượt trên các bậc thang thì tạm lấy $i=i$ của mái đập hạ lưu ($\Delta Z/L$, ΔZ 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:

$$\tau_{cd} = C(\gamma_d - \gamma_w) t \quad (\text{T/m}^2) \quad (6)$$

Trong đó:

t - Chiều dày rọ (m)

γ_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, theo [1]:

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

Trong đó:

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

φ - 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 τ_m và τ_{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 tới hạn của dòng chảy (V_{th}). Khi mà vận tốc lớn hơn 5m/s cần dùng rọ đá có

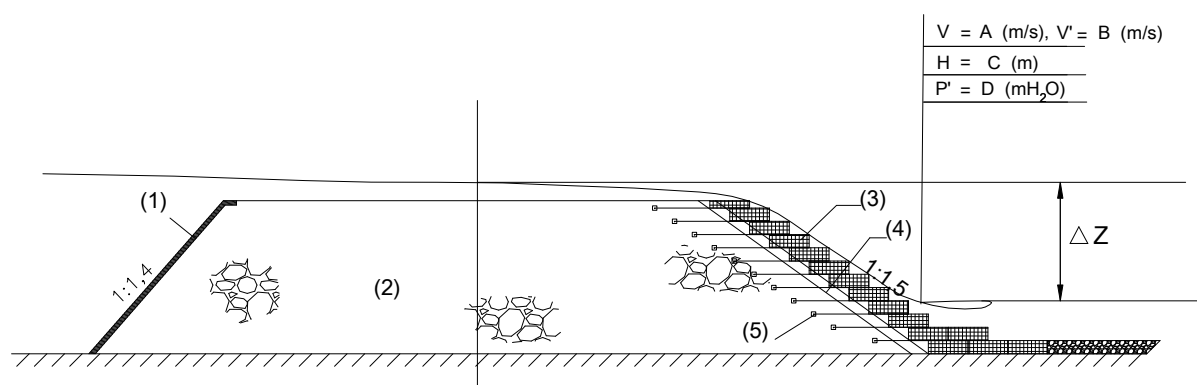
chiều dày 0.50m trở lên.

Trên cơ sở tài liệu tham khảo [9] tính toán thực tế cho công trình xả lũ thi công lớn ($Q=2000\text{m}^3/\text{s}$; $4500\text{m}^3/\text{s}$) nêu ở dưới đây.

2. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

2.1. Xác định các thông số thủy lực

Để kiểm tra sự làm việc của rọ đá trên mái, tính toán kiểm tra với 2 cấp lưu lượng $Q = 2000\text{m}^3/\text{s}$ và $4500\text{m}^3/\text{s}$. Ứng với mỗi cấp lưu lượng xác định được đường mặt nước, vận tốc... tại các mặt cắt điển hình: đầu, giữa, cuối và chân đập; chú ý vùng chân đập (mực nước hạ lưu dao động). Sơ đồ tính toán và giá trị đầu vào dùng trong tính toán được thể hiện ở hình 4.



Hình 4: Sơ đồ tính toán

Qua tính toán xác định được các thông số thủy lực chính (vận tốc, mạch động vận tốc, độ sâu dòng chảy và áp suất mạch động) cho 2 cấp lưu lượng trên, ở vùng chân đập, như sau:

2.1.1. Ứng với cấp $q=9,50\text{m}^3/\text{s.m}$ ($Q=2000\text{m}^3/\text{s}$)

Vận tốc dòng chảy $V=6,00\text{ m/s}$; mạch động vận tốc $V'=0,15\text{ m/s}$

Độ sâu dòng chảy: $H=2,40\text{ m}$; áp suất mạch động $P'=0,30\text{ mH}_2\text{O}$ (mét cột nước)

2.1.2. Ứng với cấp $q=21,50\text{m}^3/\text{s.m}$ ($Q=4500\text{m}^3/\text{s}$)

Vận tốc dòng chảy $V=10,00\text{ m/s}$; mạch động vận tốc $V'=0,30\text{ m/s}$

Độ sâu dòng chảy: $H=2,7\text{ m}$; áp suất mạch động $P'=0,40\text{ mH}_2\text{O}$ (mét cột nước)

2.2. Lý thuyết tính toán

Áp dụng phần mềm ANSYS tính toán kết cấu.

Phần mềm ANSYS có khả năng phân tích nhiệt ổn định và nhiệt không ổn định trong hệ kết cấu. Do trường nhiệt và trường thấm có tính chất tương đồng vì vậy có thể sử dụng công năng phân tích nhiệt ANSYS để tính toán kiểm tra thấm qua khối đá đồ đắp dờ.

Để mô hình trường nhiệt độ và mô hình trường thấm tương đồng, cần thỏa mãn các điều kiện dưới đây:

2.2.1. Tương tự hình học.

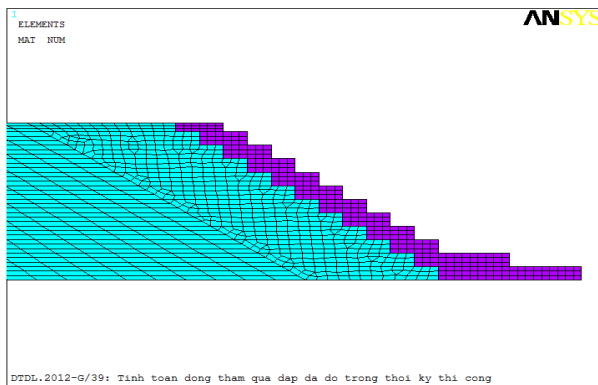
Biên ngoài của mô hình trường nhiệt độ và biên ngoài của phạm vi nghiên cứu thấm tương đồng hình học. Khi phạm vi thấm là lớp đá đồng đều, mô hình cũng cần đồng đều; khi phạm vi thấm là lớp đá không đồng đều, yêu cầu trong mô hình nên có đường phân chia dẫn nhiệt không giống nhau bảo đảm tương đồng đường phân chia lớp đá không giống nhau.

2.2.2. Điều kiện biên tương đương.

Tức là biên đoạn nhiệt của mô hình mô phỏng nhiệt độ và biên ngăn nước phạm vi thấm là tương đương. Biên dẫn nhiệt và biên thấm nước là tương đương, nhiệt độ trên biên dẫn nhiệt và cột nước trên biên thấm nước là tương đương.

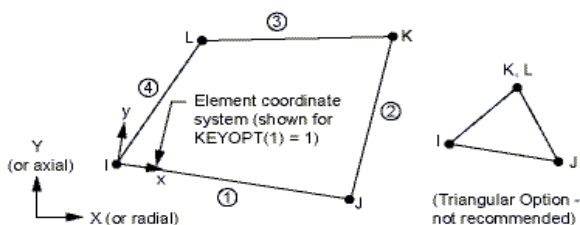
2.2.3. Mô hình tính toán

Tính toán kiểm tra kết cấu khung thép bỏ đá bằng phần mềm ANSYS. Mô hình phần tử hữu hạn mô phỏng kết cấu khối đá đổ bảo vệ mái hạ lưu bằng khung thép bỏ đá ở hình 5



Hình 5: Mô hình phần tử hữu hạn

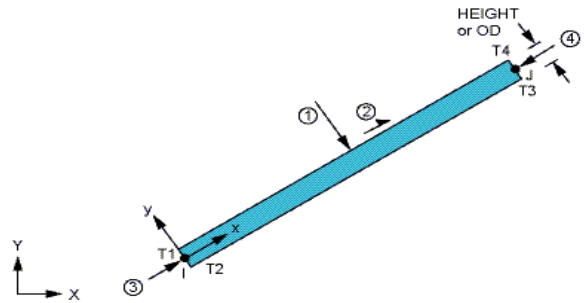
Khối đá đổ và đá trong rọ sử dụng phần tử PLANE55 (phần tử tính toán nhiệt) và PLANE42 (phần tử tính toán kết cấu)- hình 6



Hình 6: Phần tử PLANE42

Khung rọ thép sử dụng phần tử LINK1. Đây là phần tử thanh 2 chiều chịu kéo nén dọc trục.

Thanh thép neo sử dụng phần tử BEAM3- hình 7. Đây là phần tử thanh 2 chiều chịu kéo nén dọc trục và chịu uốn. Đặc trưng hình học của phần tử là kích thước mặt cắt ngang của phần tử.

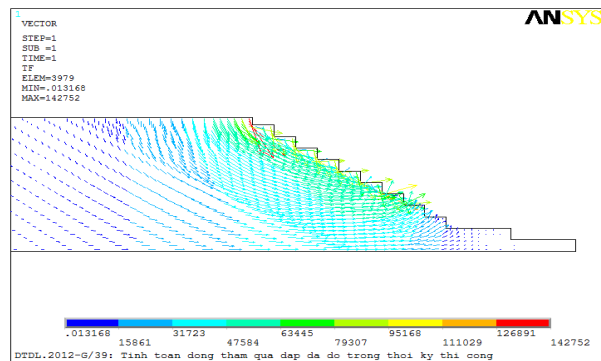


Hình 7: Phần tử BEAM3

Đầu tiên tiến hành phân tích trường thấm sau đó tiến hành phân tích chịu lực của kết cấu.

Biên đáy đập và biên thượng lưu đập là biên không thấm. Biên mặt đập là biên thấm nước ứng với cột nước tính toán dòng mặt trên đỉnh và mái hạ lưu là biên thoát nước.

Gán cột nước tổng ở biên mặt đập và biên hạ lưu đập, sẽ phát sinh dòng thấm trong khối đá đổ về hạ lưu và phổ cột nước áp lực trong thân đập (xem hình 8).



Hình 8: Dòng thấm qua đập đá đổ đắp đỡ

2.3. Kết quả tính toán kết cấu

2.3.1 Tính toán lực kéo

Ứng với mỗi cấp lưu lượng khác nhau xác

định được phổ chuyển vị của kết cấu, áp lực tác dụng lên rọ đá mái hạ lưu do dòng thấm gây ra và lực kéo trong thanh neo. Dưới đây nêu kết quả ứng với hai cấp lưu lượng $Q=2000 \text{ m}^3/\text{s}$ và $Q=4500 \text{ m}^3/\text{s}$.

$$\sigma_k = \frac{1,719 \times 10^3}{3,1416 \times 2,5^2} = 87,5 (\text{daN/cm}^2) < \frac{m}{k} R_k = \frac{1}{1,2} \times 2100 = 1750 (\text{daN/cm}^2)$$

$$\sigma_k = 87,5 (\text{daN/cm}^2) < [R_k] = 1750 (\text{daN/cm}^2)$$

Thanh neo $\phi 25$ đủ khả năng chịu kéo.

+ Kiểm tra khả năng chịu kéo của thanh neo ứng với đường kính thanh neo $\phi 18$:

$$\sigma_k = \frac{1,719 \times 10^3}{3,1416 \times 1,8^2} = 169 (\text{daN/cm}^2) < \frac{m}{k} R_k = \frac{1}{1,2} \times 2100 = 1750 (\text{daN/cm}^2)$$

$$\sigma_k = 169 (\text{daN/cm}^2) < [R_k] = 1750 (\text{daN/cm}^2)$$

Trong đó: - 2100 (daN/cm^2) là ứng suất kéo cho phép của thép neo

- 1,2 là hệ số hiệu chỉnh

Thanh neo $\phi 18$ đủ khả năng chịu kéo.

Do các rọ thép được đặt chồng lên nhau có ma sát do trọng lượng bản thân lớn, các thanh neo chỉ làm nhiệm vụ tăng khả năng ổn định tổng thể của mái nên lực kéo lớn nhất trong thanh neo tương đối nhỏ, các thanh neo đảm bảo khả năng chịu lực không bị kéo đứt. Tuy lực kéo nhỏ nhưng theo kinh nghiệm ở thể giới và trong nước đều bố trí thanh neo; vì khi xả lũ đột ngột dòng chảy tác động theo 2 phương là dòng thấm trong thân đập ra và dòng chảy mặt ở trên đỉnh dội xuống mái đập, ... dễ gây mất ổn định kết cấu gia cố bảo vệ mái đập. Do đó các công trình thí nghiệm mô hình và thực tế thi công đều bố trí thép neo như Tuyên Quang

2.3.1.1. Ứng với cấp lưu lượng $q=9,50 \text{ m}^3/\text{s.m}$ ($Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$)

Lực dọc lớn nhất trong thanh neo $N_k = 1,719T$

+ Kiểm tra khả năng chịu kéo của thanh neo ứng với đường kính thanh neo $\phi 25$:

và Cửa Đạt, ... Theo kinh nghiệm thường bố trí thanh neo $\phi \geq 25 \text{ mm}$, tính toán chỉ dùng $\phi 18 \text{ mm}$ là đảm bảo an toàn.

Từ kết quả tính toán đối với 2 đường kính thanh neo $\phi 18$ và $\phi 25$ ở trên cho thấy: thanh neo đủ khả năng chịu lực, tuy nhiên để đảm bảo điều kiện về kinh tế và kỹ thuật kiến nghị chọn đường kính thanh neo $\phi 18$ là đảm bảo an toàn.

2.3.1.2. Ứng với cấp lưu lượng $q = 21,50 \text{ m}^3/\text{s.m}$ ($Q=4500 \text{ m}^3/\text{s}$)

Lực dọc lớn nhất trong thanh neo $N_k = 2,193T$

+ Kiểm tra khả năng chịu kéo của thanh neo ứng với đường kính thanh neo $\phi 25$:

$$\sigma_k = \frac{2,193 \times 10^3}{3,1416 \times 2,5^2} = 111,7 (\text{daN/cm}^2) < \frac{m}{k} R_k = \frac{1}{1,2} \times 2100 = 1750 (\text{daN/cm}^2)$$

$$\sigma_k = 111,7 (\text{daN/cm}^2) < [R_k] = 1750 (\text{daN/cm}^2)$$

Thanh neo $\phi 25$ đủ khả năng chịu kéo.

+ Kiểm tra khả năng chịu kéo của thanh neo ứng với đường kính thanh neo $\phi 18$:

$$\sigma_k = \frac{2,193 \times 10^3}{3,1416 \times 1,8^2} = 215 \text{ (daN/cm}^2\text{)} < \frac{m}{k} R_k = \frac{1}{1,2} \times 2100 = 1750 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

$$\sigma_k = 215 \text{ (daN/cm}^2\text{)} < [R_k] = 1750 \text{ (daN/cm}^2\text{)}$$

Trong đó: - 2100 (daN/cm²) là ứng suất kéo cho phép của thép neo

- 1,2 là hệ số hiệu chỉnh

Thanh neo $\phi 18$ đủ khả năng chịu kéo.

Do các rọ thép được đặt chồng lên nhau có ma sát do trọng lượng bản thân lớn, các thanh neo chỉ làm nhiệm vụ tăng khả năng ổn định tổng thể của mái nên lực kéo lớn nhất trong thanh neo tương đối nhỏ, các thanh neo đảm bảo khả năng chịu lực không bị kéo đứt. Tương tự như cấp lưu lượng $Q = 2000 \text{ m}^3/\text{s}$, đối với cấp lưu lượng $Q = 4500 \text{ m}^3/\text{s}$, để đảm bảo điều kiện về kinh tế và kỹ thuật kiến nghị lựa chọn đường kính thanh neo $\phi 18$ là đảm bảo an toàn.

Lực cắt trong thanh neo rất nhỏ xấp xỉ bằng 0. Hay nói cách khác thanh neo rọ thép chủ yếu chịu kéo.

Thanh neo $\phi 18$ đủ khả năng chịu lực kéo và lực cắt.

2.3.2. Kiểm tra ổn định:

Với cấp lưu lượng $q=9,50 \text{ m}^3/\text{s.m}$ ($2000 \text{ m}^3/\text{s}$) và $q=21,50 \text{ m}^3/\text{s.m}$ ($4500 \text{ m}^3/\text{s}$)

2.3.2.1. Số liệu tính toán

Tính toán trong trường hợp chiều cao khối đá khi tràn nước là 16.0m. Mặt thượng lưu khối đá đổ được bảo vệ bằng lớp bê tông không thấm với hệ số mái 1:1,4. Mặt hạ lưu khối đá đổ được bảo vệ bằng khung thép bô đá dạng bậc nước đặt trên mái với hệ số mái 1:1,5. Chiều dài mặt đập tại cao trình tràn nước $L = 239\text{m}$. Chỉ tiêu cơ lý của các loại vật liệu dùng trong tính toán như sau:

Bảng 1: Chỉ tiêu cơ lý của vật liệu dùng trong tính toán

TT	Vật liệu	γ_{bh} (T/m ³)	E (kN/m ²)	μ
1	Bê tông cốt thép	2,50	$2,4 \times 10^7$	0,20
2	Khối đá đổ	2,10	$2,6 \times 10^6$	0,25
3	Rọ đá	2,00	$2,1 \times 10^6$	0,25
4	Thép neo	7,85	$2,1 \times 10^8$	0,30

Hệ số bảo đảm $[K_{od}]$ - được xét theo quy mô, mái dốc nhân tạo bằng đá đắp có thể lấy theo nhiệm vụ của công trình, đối với công trình có bảng sau:

Hệ số ổn định $[K_{od}]$		
Đặc biệt	Cấp I	Cấp II, III, IV
1,25	1,20	1,15

2.3.2.2. Kết quả tính ổn định

Kiểm tra ổn định mái hạ lưu đập đá đổ đắp đỡ bằng phần mềm Geo-Slope

Kết quả tính cho thấy:

Với cấp lưu lượng $q=9,50 \text{ m}^3/\text{s.m}$ ($Q=2000 \text{ m}^3/\text{s}$)

$$K=1,494 > [K]=1,20$$

Với cấp lưu lượng $q=21,50 \text{ m}^3/\text{s.m}$ ($Q=4500 \text{ m}^3/\text{s}$)

$$K=1,361 > [K]=1,20$$

Như vậy mái ổn định không bị trượt.

3. KẾT LUẬN

Qua tính toán kiểm tra kết cấu, ổn định gia cố mái hạ lưu đập đá đổ bằng khung thép bỏ đá có thể rút ra một số nhận xét sau:

- Khung thép bỏ đá có cấu tạo đặc biệt (không phải rọ đá chống bão lụt): Khung được gia công chế tạo bằng thép có đường kính $d \geq 18\text{mm}$, gia cường thêm thép có đường kính $d \geq 18\text{mm}$, mắt lưới xung quanh bằng thép $\phi 6$ hàn thành ô vuông có kích thước $20 \times 20\text{cm}$ (riêng mặt trước ô vuông có kích thước $10 \times 10\text{cm}$). Đá bỏ trong rọ có đường kính $d \geq 25\text{cm}$. Các khung thép bỏ đá được neo vào

thân đập bằng các thép neo $\phi 18$ dài $12,50\text{m}$ (cả uốn), các thanh neo đặt cách nhau tối đa $2,50\text{m}$. Kết cấu như trên đảm bảo ổn định, an toàn cho công trình khi xả lũ thi công qua đoạn đập đá đổ đắp dờ.

- Các kết cấu trên phù hợp với các công trình: Chiều cao đập đá đổ đắp dờ $H \leq 16\text{m}$, lưu lượng đơn vị lũ thi công $q \leq 21,50\text{ m}^3/\text{s.m}$.

- Để hoàn thiện cần nghiên cứu kết cấu gia cố bằng tấm BTCT để so sánh kinh tế-kỹ thuật với khung thép bỏ đá.

Những nội dung nghiên cứu trên chúng tôi sẽ trình bày vào dịp khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] QCVN 04-05-2012, Công trình thủy lợi- Các quy định chủ yếu về thiết kế.
- [2] TCVN 9147-2012, Công trình thủy lợi - Quy trình tính toán thủy lực đập tràn
- [3] TCVN 9610-2012, Công trình thủy lợi - Yêu cầu thiết kế dẫn dòng trong xây dựng.
- [4] X.V.ZBAS, thủy lực chặn lòng sông, Võ Phán, Trương Nhật Thanh dịch, NXB KHKT, năm 1974.
- [5] Viện Năng Lượng (2002), Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình công trình thủy điện Tuyên Quang.
- [6] Viện Khoa học Thủy lợi (2006), Báo cáo kết quả nghiên cứu thí nghiệm mô hình thủy lực xả lũ thi công qua đập đá đổ đắp dờ, công trình Cửa Đạt, Thanh Hóa.
- [7] Trần Quốc Thuởng, (2005): Thí nghiệm mô hình thủy lực - NXB xây dựng, Hà Nội.
- [8] Trần Quốc Thuởng (2008): Báo cáo tổng kết đề tài cấp nhà nước mã số 6-201J
- [9] Nguyễn Vũ Việt (2017): Xả lũ thi công qua tràn tạm – NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.