

Giải pháp xả bùn cát bằng cửa phai giữa dòng chính, ứng dụng cho công trình đập dâng vùng Tây Bắc

Nguyễn Chí Thanh*, Nguyễn Huy Vượng, Trần Văn Quang, Vũ Lê Minh

Viện Thủy công, Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Ngày nhận bài 20/4/2018; ngày chuyển phản biện 24/4/2018; ngày nhận phản biện 14/6/2018; ngày chấp nhận đăng 20/6/2018

Tóm tắt:

Đập dâng là loại hình công trình phổ biến phục vụ nhu cầu nước tưới tiêu và sinh hoạt tại vùng Tây Bắc. Mặc dù sự bồi lắng bùn cát đã được tính toán trong giai đoạn thiết kế, nhưng do nhiều nguyên nhân nên vẫn không được giải quyết hiệu quả, ảnh hưởng lớn đến sự hoạt động của các công trình đập dâng, đặc biệt là với các đập dâng loại vừa và nhỏ. Trên cơ sở phân tích các tồn tại trong công tác thiết kế và quản lý các công trình đập dâng vùng Tây Bắc hiện nay, nhóm tác giả giới thiệu sơ đồ công nghệ của giải pháp sử dụng cửa phai xả bùn cát ở dòng chính, trình bày các bước tính toán bùn cát, tải trọng và đề xuất hình thức bố trí kết cấu.

Từ khóa: bồi lắng, cửa phai, đập dâng, Tây Bắc.

Chỉ số phân loại: 2.1

Đặt vấn đề

Do điều kiện tự nhiên của vùng đồi núi phía Bắc có đất canh tác hẹp, phân tán, mật độ sông suối lớn, khe suối ngắn và dốc, địa hình bị chia cắt, nên đập dâng là loại hình công trình khá phổ biến. Theo thống kê của Vũ Đình Hùng [1], loại hình này chiếm khoảng 70÷80% tổng lượng công trình thủy lợi. Một số tỉnh thống kê được như Sơn La có tổng số 493 công trình thủy lợi, trong đó có 399 công trình là đập dâng, phai; Yên Bái có tổng số 887 công trình thủy lợi, trong đó có 720 đập dâng, phai.

Hiện tượng bồi lắng của đập dâng khu vực Tây Bắc đang là vấn đề gây ra rất nhiều ảnh hưởng đến hoạt động của công trình, nhất là các đập dâng có chiều cao đập thấp (<2 m). Theo thống kê, có tới hơn 80% số đập dâng nhỏ đã bị bồi lắng, quá trình bồi lắng gây ra sự suy giảm năng lực cấp nước của đập dâng. Nhiều nơi chiều dày tầng bồi lắng đã vượt ngưỡng cống lấy nước, làm cho cống không còn hoạt động được, thậm chí có những đập lượng bồi lắng đã chiếm chỗ và lấp đầy khu vực cống xả bùn cát của đập. Thực tế bồi lấp thượng lưu đập dâng điển hình như hình 1.

Mặc dù việc thiết kế và thi công các công trình đã được nghiệm thu nhưng do các yếu tố khách quan (điều kiện khí hậu thay đổi, canh tác, chặt phá rừng đầu nguồn...) cũng như nguyên nhân chủ quan (lựa chọn tính toán, đặt vị trí cống xả bùn cát, quản lý vận hành, và không đủ tài liệu phục vụ tính toán...) dẫn đến hiện tượng bồi lấp đập dâng đang xảy ra phổ biến hiện nay.



Hình 1. Bồi lấp đầu mối đập dâng công trình.

Để có thể khắc phục được hiện tượng bồi lấp đập dâng, ngoài các giải pháp công trình khác, cần nghiên cứu tính toán sử dụng công trình có cửa phai xả bùn cát ở giữa dòng chính nhằm tránh hiện tượng bồi lấp cửa lấy nước, làm cho công trình không phát huy được hiệu quả như thiết kế ban đầu trong công tác thiết kế mới cũng như sửa chữa nâng cấp đập dâng.

Cơ sở khoa học

Đặc điểm địa hình và địa chất lòng suối khu vực Tây Bắc

Địa hình lòng suối khu vực Tây Bắc thường có dạng chữ U, độ dốc hai bên sườn núi rất dốc, thường từ 10÷40°, thậm chí có khu vực 50÷60°. Độ dốc dọc lòng suối lớn thay đổi từ 10-25%, thậm chí nhiều nơi đến trên 30%. Chính vì độ dốc dọc suối lớn dẫn đến lượng bùn cát tập trung dẫn về

*Tác giả liên hệ: Email: thanhthuyloi@gmail.com

A solution to flush sediment by penstocks in main stream, applying for groundwater dams in the Northwest Vietnam

Chi Thanh Nguyen*, Huy Vuong Nguyen,
Van Quang Tran, Le Minh Vu

Hydraulic Construction Institute,
Vietnam Academy for Water Resources

Received 20 April 2018; accepted 20 June 2018

Abstract:

To meet the water demand for the Northwest area, the groundwater is an effective solution. Even though the sedimentation has been well considered during the design process, this issue has not been effectively solved in reality. It has strong effects on groundwater dams operation, especially for small and moderate dams. By analysing the drawbacks of the current design and management procedure of groundwater dams, we introduce a new method of using penstocks in main stream, present the procedures to determine and calculate the effective load and amount of sediments, and then propose the structure of penstock system.

Keywords: groundwater dam, Northwest Vietnam, penstock, sedimentation.

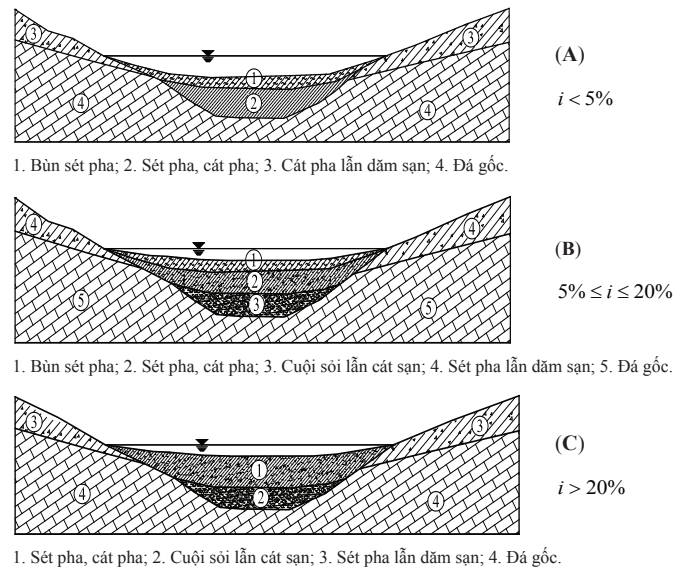
Classification number: 2.1

đập nhanh.

Cấu trúc bồi tích lòng suối thường cấu tạo bởi một lớp cát cuội sỏi phía trên, phía dưới là đá gốc hoặc là lớp tàn tích phong hóa từ đá gốc. Tùy theo đặc điểm địa hình, địa mạo và địa chất tầng phủ, có thể phân chia lớp bồi tích thành các dạng vật liệu bồi tích khác nhau như hình 2.

Các tồn tại gây nên bồi lắng đập dâng hiện nay

Mặc dù cống xả bùn cát là một hạng mục quan trọng cấu thành nên sự vận hành an toàn và hiệu quả của công trình, nhưng hiện nay do nhiều nguyên nhân khác nhau dẫn đến hiện tượng các công trình bị bồi lấp chỉ sau một vài năm vận hành, không phát huy hết hiệu quả theo thiết kế. Có thể đánh giá tồn tại này qua các nguyên nhân chủ yếu sau:



Hình 2. Các kiểu cấu trúc bồi tích lòng suối điển hình khu vực Tây Bắc với các độ dốc i khác nhau.

Tồn tại trong công tác thiết kế:

- Đối với đập cao, nhiều nhà thiết kế có quan điểm cố gắng giảm thiểu các thiết bị bên trong thân đập và càng giảm bao nhiêu thì càng an toàn bấy nhiêu.
- Mặc dù việc bố trí cống xả bùn cát có tác dụng xả bớt lũ và bùn cát nhưng qua điều tra khảo sát các đập dâng cho thấy, có đến 60% số đập không thiết kế cống xả bùn cát.
- Việc thiết kế cống xả cát không hợp lý dẫn đến khi bùn cát đổ về cống không phát huy được hiệu quả.

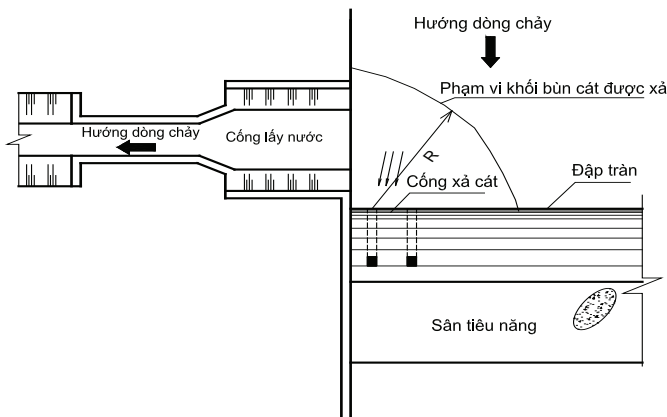
Tồn tại trong quản lý vận hành:

- Tồn tại lớn nhất là việc quản lý vận hành đa phần giao cho các địa phương tự quản lý, dẫn đến không có cán bộ kỹ thuật chuyên trách đảm nhận.
- Công trình do Nhà nước đầu tư xây dựng cho người dân hưởng lợi, do đó người dân không đóng tiền để duy tu bảo dưỡng công trình.

Nhiều đập dâng nằm ở xa khu dân cư, đường đi lên đầu mối khó khăn, do đó công tác vận động người hưởng lợi đi lên nạo vét và vệ sinh công trình là không thể thực hiện được.

Tồn tại trong tính toán xả bùn cát:

Phạm vi xói rửa bùn cát (hình 3) thường được tính toán trong một vùng nhất định, sau đó mới thiết kế cống lấy nước bố trí trong phạm vi xói rửa đó. Phạm vi xói rửa được tính theo công thức kinh nghiệm sau:



Hình 3. Phạm vi xói rửa bùn cát R.

$$R = \frac{2Q}{\pi H V_x} + H \cotg \varphi \quad (1)$$

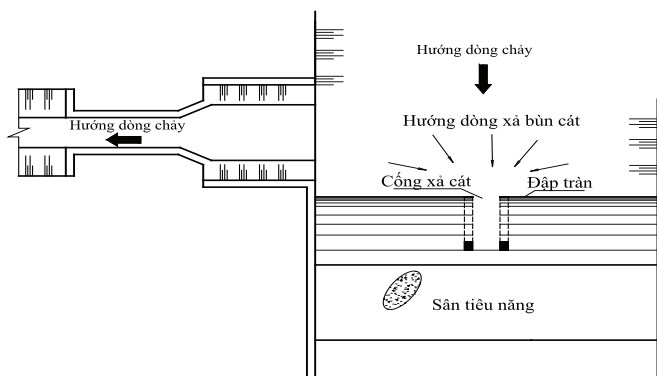
Trong công thức (1), chúng ta thấy, phạm vi xói rửa bùn cát phụ thuộc vào Q (lưu lượng qua cổng xả), H (chiều sâu nước thượng lưu đến đáy cổng xả cát) và V (vận tốc cho phép không xói của hạt bùn cát), φ (góc ma sát trong của bùn cát lắng đọng trước cổng). Như vậy, chỉ cần giá trị H, V, φ thay đổi thì năng lực làm việc của cổng xả cát sẽ không đảm bảo nữa.

Theo thực tế dòng chảy lũ thì lượng bùn cát thường lắng đọng chủ yếu vào giai đoạn cuối của đợt lũ. Lúc đó vận tốc dòng chảy giảm, làm cho lượng bùn cát lắng đọng và trôi nổi không đến được vị trí cổng xả mà bồi lấp dần phía thượng lưu và xung quanh phạm vi xói rửa. Theo thời gian, nó sẽ lấp đầy dần vùng trước đập dâng dẫn đến các thông số tính toán ban đầu không còn phù hợp nữa.

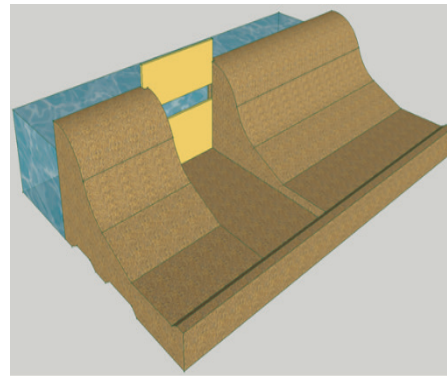
Giải pháp nghiên cứu

Sơ đồ công nghệ của giải pháp

Giải pháp áp dụng thích hợp cho các đập dâng kết cấu bê tông, bê tông cốt thép vừa và nhỏ. Bố trí mặt bằng và bố trí không gian của giải pháp được minh họa như trong hình 4 và 5.



Hình 4. Mặt bằng giải pháp của phai xả bùn cát giữa dòng chính.



Hình 5. Bố trí không gian giải pháp của phai xả bùn cát giữa dòng chính.

Tính toán lượng bùn cát chảy về công trình

Tính toán lưu lượng bùn cát: cho đến nay, Việt Nam vẫn chưa có quy định hướng dẫn tính toán dòng chảy bùn cát và bồi lắng hồ chứa. Kết quả tính toán thường sai khác nhiều so với thực tế xảy ra trong quá trình vận hành. Theo Phạm Đình và Hồ Việt Cường (2014) [2], nguyên nhân sự sai khác này là do: 1. Việc tính toán do thiếu nguồn tài liệu nên lượng bùn cát đi đẩy được lấy bằng 20÷40% lượng bùn cát lơ lửng; 2. Phương pháp tính toán chưa xét hết các yếu tố ảnh hưởng đến lượng bùn cát vào ra và quá trình bồi lắng. Hiện nay, chúng ta thường sử dụng các phương pháp sau để xác định lượng bùn cát bồi lắng:

- Tính toán lưu lượng bùn cát như một hàm của lực kéo:

$$q_s = 10 \frac{\rho}{\rho_s - \rho} q I \frac{\tau_0 - \tau_{0C}}{\tau_{0C}} \quad (2)$$

trong đó: ρ , ρ_s lần lượt là khối lượng riêng của nước và của bùn cát; I là độ dốc mặt nước; q là lưu lượng đơn vị trên một thủy trực; τ_0 , τ_{0C} lần lượt là ứng suất đáy và ứng suất bùn cát lúc bắt đầu chuyển động.

- Tính toán lưu lượng bùn cát như một hàm của vận tốc dòng chảy:

$$q_s = n \left(\frac{U}{U_0} \right)^3 \left(\frac{d}{h} \right)^{n_1} (1 - \varepsilon) d (U - U_0) \quad (3)$$

trong đó: n, n_1 - hệ số thực nghiệm; ε - hệ số rỗng của lớp bùn cát đáy; U_0 - vận tốc không xói; U - vận tốc trung bình trên một thủy trực; h - độ sâu trung bình của mặt cắt; d - đường kính hạt.

Khi $d > 0,5 \div 1,0$ mm và $\frac{d}{h} > 2 \cdot 10^{-4}$, lưu lượng bùn cát có thể tính toán theo công thức Levi (1948) [3]:

$$q_s = 7.6 \cdot 10^{-4} \left(\frac{U}{\sqrt{9.81d}} \right) d (U - U_0) \left(\frac{d}{h} \right)^{0.25} \quad (4)$$

Khi $\frac{d}{h} < 5 \cdot 10^{-4}$, lưu lượng bùn cát được tính theo công thức Grixahin:

$$q_s = 0.015 \left(\frac{U}{U_0} \right) d (U - U_0) \quad (5)$$

• Tính lưu lượng bùn cát theo quan điểm xác suất: được đề xuất bởi Einstein (1950) [4]:

$$q_s = \frac{2.17}{f(\varphi) - 1} \quad (6)$$

trong đó: $f(\varphi)$ - xác suất di chuyển bùn cát, theo thực nghiệm $f(\varphi) = e^{0.39\varphi}$ (φ - hệ số ổn định của bùn cát).

Tính toán lượng bùn cát bồi lắng: công thức vận chuyển bùn cát tổng được đề xuất bởi Engelund và Hansen (1967) [5], Ackers và White (1973) [6], White và cs (1975) [7], Van Rijn (1993) [8] chủ yếu có dạng quan hệ giữa thông số vận chuyển bùn cát ψ và thông số dòng θ như sau:

$$\psi = f(\theta) \quad (7)$$

Một phương pháp khác đơn giản và được áp dụng phổ biến hiện nay là so sánh thể tích để tính toán bồi lắng. Từ số liệu đo đạc địa hình, tiến hành tính toán chênh lệch dung tích giữa hai lần đo liên tiếp, đó chính là phần bị bồi hay xói trong khoảng thời gian tính toán:

$$\Delta V = V_T - V_S \quad (8)$$

Ngoài ra, lượng bùn cát bồi lắng cũng có thể được xác định dựa trên nguyên lý cân bằng giữa lượng bùn cát vào và ra qua cửa phai:

$$\Delta V = W_{\text{vào}} - W_{\text{giữa}} - W_{\text{ra}} \quad (9)$$

Tính toán phạm vi và thời gian xói rửa bùn cát

• Phạm vi xói rửa (R) được tính theo công thức thực nghiệm (1).

• Thời gian xói rửa bùn cát t_x chính là thời gian cần thiết để xói rửa hết khối bùn cát lắng đọng trước cống trong phạm vi xói rửa R tính theo công thức:

$$t_x = \frac{100W_b}{pQ} \quad (10)$$

trong đó p là hàm lượng bùn cát của dòng xói = 2÷8% và W_b là thể tích bùn cát lắng đọng trước cống, Q là lưu lượng dòng nước.

Tính toán lưu lượng cống xả cát

Cống xả cát được coi như một dạng cống hở để tính toán. Khả năng tháo nước của cống phụ thuộc vào chiều

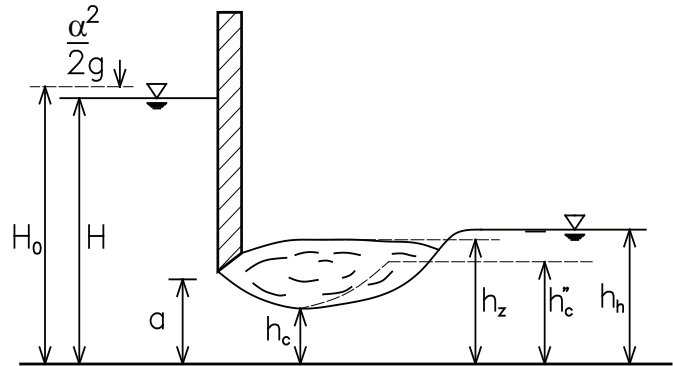
rộng B, dạng ngưỡng, cao trình ngưỡng và chênh lệch mực nước thượng hạ lưu. Ngưỡng cống thường có dạng đập tràn đỉnh rộng. Tùy thuộc vào điều kiện vận hành và tốc độ lắng đọng bùn cát trước cống, có thể chia thành các dạng sau để tính toán:

• Trường hợp chiều dày lớp bồi lắng lớn, dâng cao gần mặt đập: tính theo điều kiện chảy ngập, cửa van xả hoàn toàn.

$$Q = \varphi_0 \varepsilon B h_1 \sqrt{2g(H_0 - h_1)} \quad (11)$$

trong đó h_1 - độ sâu nước trên đỉnh tràn; H_0 - chiều sâu mực nước trước đập; φ_0 - hệ số lưu tốc; B - chiều rộng đỉnh tràn, g là gia tốc trọng trường.

• Trường hợp chiều dày lớp bồi lắng thấp ($H_{\text{bồi lắng}} < 0,5H_{\text{đập}}$): tính toán theo sơ đồ chảy ngập dưới cửa van (hình 6). Trong đó: a - độ mở cửa van; h_c - độ sâu mặt cắt co hẹp; h_c'' - độ sâu liên hiệp với h_c ; h_z - độ sâu mực nước ngập sau cửa van; h_h - độ sâu mực nước hạ lưu.



Hình 6. Sơ đồ tính toán chảy ngập.

Nếu $h_c'' < h_h$ và $h_c < h_z$, nước chảy tiến sát về phía cửa van tạo sự chảy ngập:

$$Q = \varphi \varepsilon B h_c \sqrt{2g(H_0 - h_z)} \quad (12)$$

Nếu $h_c'' < h_h$ và $h_c > h_z$, nước chảy sau cửa van là chảy êm:

$$Q = \varphi \varepsilon B h_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (13)$$

Các hình thức bố trí kết cấu cửa phai xả bùn cát

Theo phương án truyền thống, cửa phai thường được thiết kế thành một đơn nguyên và có kết cấu dạng thép, bê

tông cốt thép. Chính vì vậy, trọng lượng cửa phai lớn nên thường phải sử dụng máy đóng mở để vận hành. Như thế rất khó bố trí hạng mục cho công trình, độ kín khít trong thi công cần phải kiểm soát nghiêm ngặt. Do đó giải pháp đề xuất của chúng tôi như sau:

Thiết kế cửa phai nhiều lớp: mỗi đơn nguyên cánh phai sẽ chia nhau đảm nhiệm một phần cao trình xả khác nhau và 2 cánh phai hoạt động độc lập nhau; chiều cao mỗi cánh phai nên chọn từ 30-50 cm, sao cho đảm bảo có thể vận hành bằng thủ công.

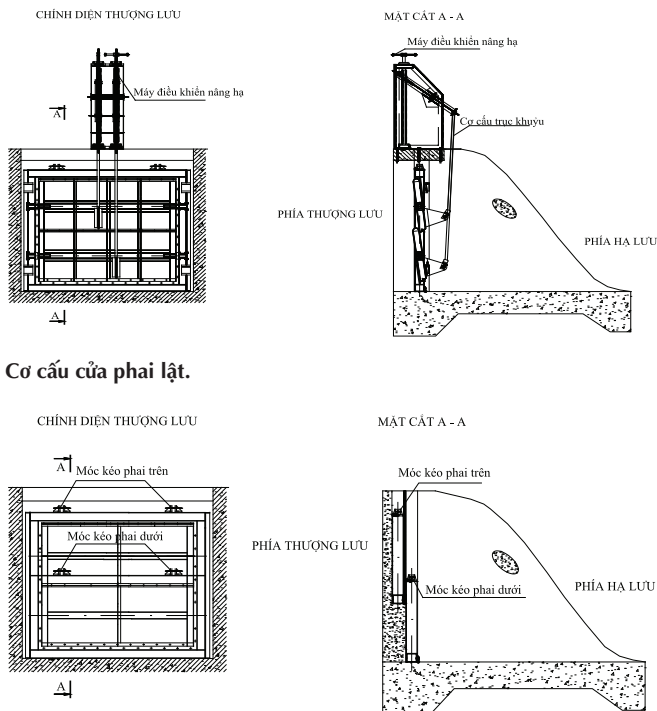
Sử dụng công nghệ vật liệu mới trong công tác thi công cửa phai (dạng vật liệu composite): cửa phai và khe phai bằng vật liệu mới có ưu điểm hơn so với các vật liệu truyền thống (bê tông và thép) như sau:

+ Trọng lượng cửa phai nhỏ hơn, dễ nâng hạ (có thể nhắc bằng thủ công).

+ Khe phai và cửa phai có thể chế tạo sẵn trong xưởng nên kiểm tra được độ kín khít giữa phai và khe phai, có thể mang đến hiện trường lắp ráp luôn, không mất thời gian chờ đợi.

+ Chất liệu composite không bị nước gây oxy hóa như với cửa phai bằng thép nên tuổi thọ công trình kéo dài hơn.

Cửa phai nhiều lớp có thể thiết kế đóng mở bằng cơ cấu lật hoặc nâng hạ theo khe phai thẳng đứng (hình 7).

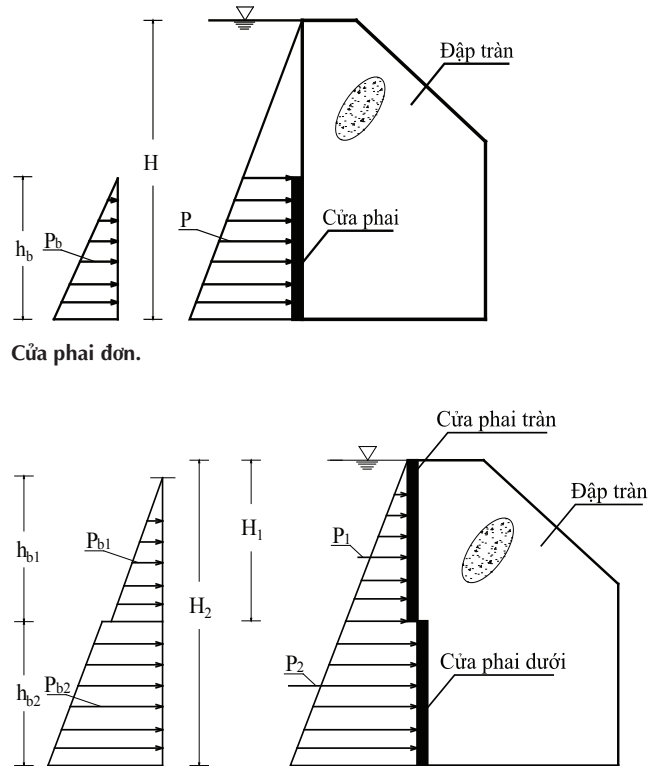


Cơ cấu cửa phai lật.

Cơ cấu cửa phai thẳng đứng.
Hình 7. Kết cấu cửa phai.

Tính toán tải trọng tác dụng lên cửa phai

Tải trọng tác dụng lên cửa phai cống xả bùn cát gồm áp lực thủy tĩnh, thủy động, bùn cát, và lực hút, lực đẩy, lực thấm ở đáy cửa phai khi đóng, mở. Ngoài ra, có lực ma sát, lực tác động của máy đóng mở. Tùy vào tình hình bùn cát lắng đọng trước đập để bố trí cửa phai đơn hoặc cửa phai hai lớp như trong hình 8.



Cửa phai đơn.

Cửa phai hai lớp.

Hình 8. Phân bố áp lực lên cửa phai (cửa van) cống xả cát.

• Áp lực thủy tĩnh và áp lực bùn cát: phân bố như trong hình 8.

• Lực hút do chân không: xuất hiện khi dòng chảy bị tách rời bên dưới cửa phai và phung đi xuống làm tăng lực mở cửa phai. Thành phần lực này được tính theo công thức:

$$P_h = p_{ck} b_c l_c \quad (14)$$

trong đó: p_{ck} - cường độ áp lực chân không; b_c - bề rộng của vật chắn nước tiếp xúc với ngưỡng; l_c - chiều dài chịu tải của vật chắn nước.

• Áp lực thủy động (sinh ra khi mở cửa phai): cường độ và dạng phân bố áp lực thủy động gần bằng áp lực thủy tĩnh. Vì không có tài liệu thí nghiệm nên lấy áp lực thủy động bằng áp lực thủy tĩnh. Lực thủy động tại đáy cửa phai hướng lên trên làm tăng lực đóng cửa phai.

• Áp lực thấm: áp lực nước thấm hướng lên trên tác dụng

lên mặt tiếp xúc của vật chắn nước cửa phai với đáy cống được xác định theo công thức:

$$P_t = \frac{1}{2} \gamma H_t b_c l_c \quad (15)$$

trong đó: H_t - chiều cao cột nước thượng lưu tính đến đáy cửa phai; b_c , l_c - chiều dài và chiều rộng của vật chắn nước; γ - trọng lượng riêng của nước.

Kết luận

Đập dâng là biện pháp công trình phổ biến tại vùng Tây Bắc, đáp ứng nhu cầu sử dụng nước của khu vực. Tuy nhiên sự bồi lắng bùn cát đã làm giảm đáng kể hiệu quả của các công trình đập dâng, đặc biệt là với các loại đập vừa và nhỏ. Bài báo đề xuất biện pháp bố trí cống xả bùn cát giữa dòng chính để giải quyết vấn đề trên. Nhóm tác giả đã phân tích đặc điểm công trình đập dâng khu vực Tây Bắc và các nguyên nhân tồn tại trong vấn đề thiết kế và vận hành để đưa ra các phương pháp tính toán và kết cấu công trình hợp lý.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này thuộc nội dung của Đề tài độc lập cấp quốc gia “Nghiên cứu đề xuất và ứng dụng các giải pháp khoa học, công nghệ phù hợp nâng cao hiệu quả các công

trình đập dâng vùng Tây Bắc” mã số: KHCN-TB.14C/13-18, do Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam chủ trì. Các tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Đình Hùng (2006), *Đập dâng miền núi phía Bắc*, Nhà xuất bản Nông nghiệp.
- [2] Phạm Đình, Hồ Việt Cường (2014), “Xây dựng công thức tính lượng vận chuyển bùn cát sông Hồng và quan hệ hình thái lòng sông giai đoạn 2009-2012”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*, **23**, tr.68-72.
- [3] I.I. Levi (1948), *On the non permanent motion in unstable channels*, Troudy Leningradskovo Politechniskov Instituta.
- [4] H.A. Einstein (1950), *The bed-load function for sediment transportation in open channel flows*, 71pp, Citeseer.
- [5] F. Engelund and E. Hansen (1967), *A monograph on sediment transport in alluvial streams*, Technical University of Denmark.
- [6] P. Ackers and W.R. White (1973). “Sediment transport: new approach and analysis”, *Journal of the Hydraulics Division*, **99(11)**, pp.2041-2060.
- [7] W.R. White, et al. (1975), “Sediment transport theories”, *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, **59(2)**, pp.265-292.
- [8] L.C. Van Rijn (1993), *Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas*, Aqua publications Amsterdam.