

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC CỦA ĐẬP TRÀN PHÍM PIANO RESEARCH ON THE DISCHARGE CAPACITY OF PIANO KEY WEIR

Trương Chí Hiền và Huỳnh Hùng

Khoa Kỹ thuật Xây dựng - Trường Đại học Bách khoa TP HCM

BẢN TÓM TẮT

Đập tràn phím piano có khả năng tháo gấp 4~5 lần khả năng tháo đập tràn chính diện. Nó thường được dùng để nâng cao độ tin cậy các đập tự tràn, giảm cao trình mức nước lũ thượng lưu trong quá trình điều tiết lũ. Khả năng tháo của đập tràn phím piano là hàm số nhiều biến số (cột nước, chiều dài tràn hiệu quả, hình dạng ngưỡng tràn. . .) và được nghiên cứu trên mô hình thủy lực. Bài báo trình bày các kết quả thí nghiệm về lưu lượng tháo, công thức thực nghiệm của hệ số lưu lượng MoP. Các kết quả này có thể sử dụng được trong công tác thiết kế các công trình tràn dạng phím piano tương tự.

ABSTRACT

The piano key weirs have a larger discharge capacity (4~5 times) compared to the straight overflow weir. They are used to improve the reliability of the dams and reduce upstream flooding during moderate flood events. Its capacity varies with multivariables (head, effective crest length, crest sharp. . .) and are studied on hydraulic models. This paper presents the experimental results of discharge capacities, empirical discharge coefficients M_{op} , could be used to design of similar structures of PK weir.

I. Tổng quan

Hầu hết những đập tự tràn lòng sông hiện hữu, thuộc hệ thống công trình đầu mối thủy lợi, thủy điện, thường có dạng đập tràn thực dụng Creager hoặc dạng Creager-Ophixorov. Lưu lượng đơn vị của các loại đập tràn này xấp xỉ $q = 2,2H_0^{3/2}$ hoặc $q \approx 2,2H^{3/2}$, nếu cột nước lưu tốc tiến gần nhỏ. (H_0 - cột nước toàn phần, H - cột nước hình học).

Vì vậy để tăng khả năng tháo nước lũ qua đập tràn người ta dùng đập tràn có cửa van để hạ thấp cao trình ngưỡng tràn xuống (hay tăng chiều cao lớp nước tràn) để chủ động điều tiết lưu lượng nước xả. Tuy đập tràn có cửa van có khả năng tháo lớn hơn nhưng nó cũng làm cho tổn thất lưu lượng nước hồ nhiều hơn, vận hành phức tạp và ít an toàn hơn (kẹt cửa van) so với đập tự tràn .

Để cải thiện khả năng tháo lũ của đập tự tràn, có hàng chục đập tràn hiện hữu đã được thiết kế theo kiểu tường đứng trên một đáy phẳng với sơ đồ răng cưa (mô vệt) có chiều dài đường tràn dài hơn nhiều bề rộng của đập tràn

(thường gấp 4 lần). Kiểu thiết kế này thường tăng gấp đôi lưu lượng so với kiểu đập tràn thực dụng Creager. Tuy nhiên, các loại đập tràn mô vệt, do đặc điểm về hình dạng tường tràn đặt trên bề móng phẳng, không thể áp dụng trên đỉnh của mặt cắt đập bê tông trọng lực thông thường. Vì thế kiểu thiết kế này chỉ áp dụng để nâng cao khả năng tháo lũ cho một số ít đập tràn có những điều kiện thích hợp nhất định và thực tế chỉ chiếm một phần ngàn của những đập lớn.

Chính vì những hạn chế của các đập tràn truyền thống, đập tràn có cửa van cũng như đập tràn mô vệt đặt ra vấn đề cho nhóm của ông F. Lempérière (Hydrocoop-France) nghiên cứu tìm ra kiểu đập tràn mới có lưu lượng tràn lớn, dễ xây dựng có hình dạng giống như bàn phím đàn Piano [1] gọi là đập tràn phím Piano với các đặc điểm sau:

- Có thể xây dựng trên các đoạn đập mới hoặc hiện hữu.
- Lưu lượng đơn vị q có thể tháo lũ đạt từ 5 đến 100 $m^3/s-m$.

- Trong cùng chiều rộng kênh tháo lũ B, lưu lượng tháo lũ tăng ít nhất là 4 lần so với kiểu đập tràn thực dụng Creager.
- Cấu trúc đơn giản và dễ xây dựng với nguồn vật liệu có sẵn tại chỗ.

Đập tràn này về thực chất sẽ giảm chi phí của hầu hết các đập ngăn nước mới và tăng độ an toàn, khả năng trữ nước, khả năng kiểm soát lũ của các đập ngăn nước hiện hữu. Kiểu thiết kế đầu tiên đã được thử nghiệm vào năm 1999 ở phòng thí nghiệm L.N.H của Điện lực Pháp (Electricité de France) và vào năm 2002 ở trường đại học Roorke của Ấn Độ cùng với trường đại học Biskra của Algeria. Các cuộc thử nghiệm này đã cho thấy một mức độ lạc quan về khả năng tăng lưu lượng tùy theo các tỷ số giữa chiều dài, độ sâu, chiều rộng và hình dáng của các phím và đặc biệt là sự phụ thuộc vào tỷ số N bằng tổng chiều dài tường tràn chia chiều rộng tràn chính diện. Vấn đề nghiên cứu tác động của va đập cũng đã được đặt ra. Những giải pháp khả thi nhất đã được lựa chọn về kết cấu và biện pháp xây dựng nhằm bảo đảm an toàn cao. Các mặt cắt dọc đơn giản hiện cũng được đưa ra nhằm cải tiến hình dạng để tăng cường hiệu quả chi phí.

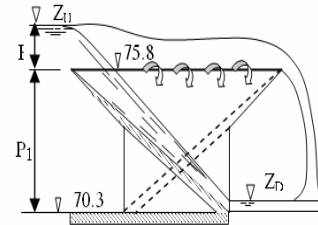
Trong phạm vi bài báo này sẽ đề cập đến kết quả nghiên cứu khả năng tháo của 3 dạng đập tràn phím piano trên mô hình vật lý nhằm tiếp tục bổ sung cho các kết quả đã nghiên cứu theo kiểu I và II của F. Lempèriere & A.Oumane. Dựa trên các kết quả thực nghiệm sẽ tiến hành so sánh khả năng tháo của đập tràn phím Piano với đập tràn mô vẹt, công trình được tiến hành thí nghiệm vào tháng 2/ 2003 [3].

II. Đập tràn phím piano:

- II.1. Đập tràn phím piano - phương án A (sau đây gọi tắt là đập tràn PK-A): có 5 phím tràn (hình 3), B = 15m, $\Sigma L = 75m$, tỷ số $N=5$, chiều cao đập tràn $P_1 = 5,5m$, chiều dài tường tràn bên $l=15m$, dạng mặt cắt ngang như hình 4.
- II.2. Đập tràn phím piano - phương án B (sau đây gọi tắt là đập tràn PK-B) : có 7 phím tràn (hình 5), B = 15m, $\Sigma L = 105m$, tỷ số $N= 7$, $P_1 = 5,5m$, chiều dài tường tràn bên $l=15m$, dạng mặt cắt ngang tương tự như đập tràn PK-A (hình 3).
- II.3. Đập tràn phím piano - phương án C (sau đây gọi tắt là đập tràn PK-C) : . có 5 phím tràn (hình 6), B =

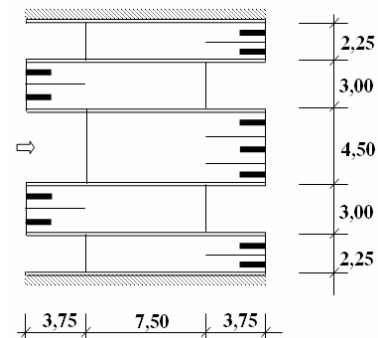
15m, $\Sigma L = 60m$, tỷ số $N=4$, $P_1 = 5,5m$, chiều dài tường tràn bên $l=11,25m$, dạng mặt cắt ngang như hình 7.

Hình 3

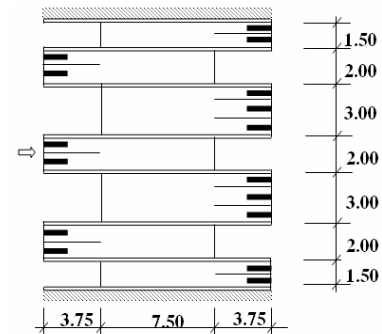


II.4. Khả năng tháo của đập tràn

Hình 4



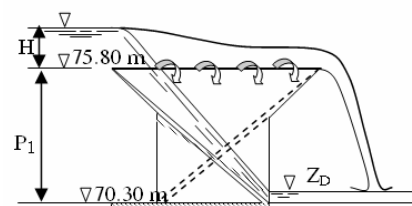
Hình 5



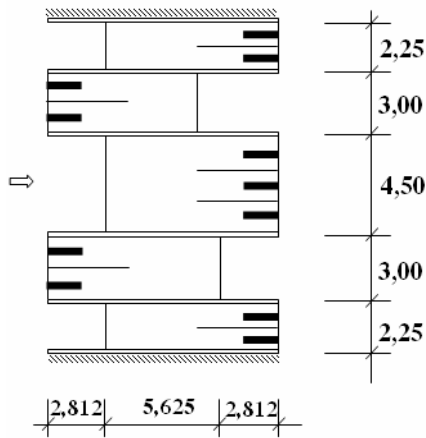
phím Piano

Cũng như các loại đập tràn khác, công thức tính lưu lượng của đập tràn phím Piano trong trường hợp chảy tự do, mực nước hạ lưu không ngập

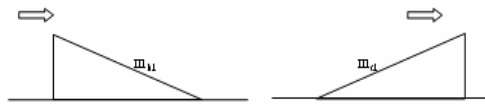
Hình 6



Hình 7



Hình 8



ngưỡng phím tràn, có thể được lấy như sau:

$$Q = \sum m_{oi} L_i \sqrt{2g} H^{3/2}$$

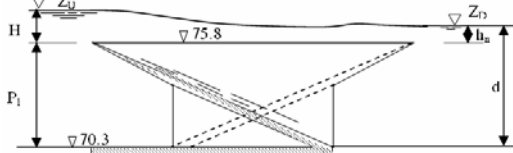
trong đó:

m_{oi} là hệ số lưu lượng (có kể đến cột nước lưu tốc tiến gần)

L_i chiều dài tràn tương ứng của đầu, cuối và thành bên của phím.

Trong đập tràn phím Piano có 3 loại ngưỡng tràn: đầu phím là đập tràn đa giác (tam giác vuông, mái đập hạ lưu nghiêng, hình 8.a); thành bên phím là đập tràn bên dạng thành mỏng; cuối phím là đập tràn đa giác (tam giác vuông, mái đập thượng lưu nghiêng, hình 8.b) . Đối với loại đập tràn đa giác (đầu và cuối phím), cũng như đập thành mỏng tràn bên có chiều cao đập thay đổi dần này thì chưa có các nghiên cứu về hệ số lưu lượng. Theo các nghiên cứu hiện có cho đập tràn tam giác [4],

Hình 9



[5] thì khi $P_1/H = 1 \sim 5$, hệ số mái dốc thượng và hạ lưu đập từ 1,5 đến 2,0, thì hệ số lưu lượng m thay đổi từ 0,40 ~ 0,45 điều kiện. Đối với đập tràn thành mỏng, có P_1 không thay đổi, với $P_1/H \geq 2$, theo [4] thì hệ số lưu lượng $m = 0,40 \sim 0,41$

Do thí nghiệm mô hình thủy lực chỉ đo đặc các thông số Q, H của đập tràn phím piano, là tổng hợp của 3 loại ngưỡng tràn trên, nên không thể xác định được hệ số lưu lượng tràn của từng loại ngưỡng. Tuy nhiên, nếu tiếp cận vấn đề theo quan điểm gần đúng cho rằng hệ số lưu lượng là như nhau trên suốt chiều dài tràn hiệu quả và ký hiệu là M_p , thì ta có thể viết :

$$M_{op} \cdot \Sigma L = \Sigma m_{oi} L_i$$

Lượng tháo qua đập tràn phím piano ở trạng thái chảy tự do có thể viết như sau:

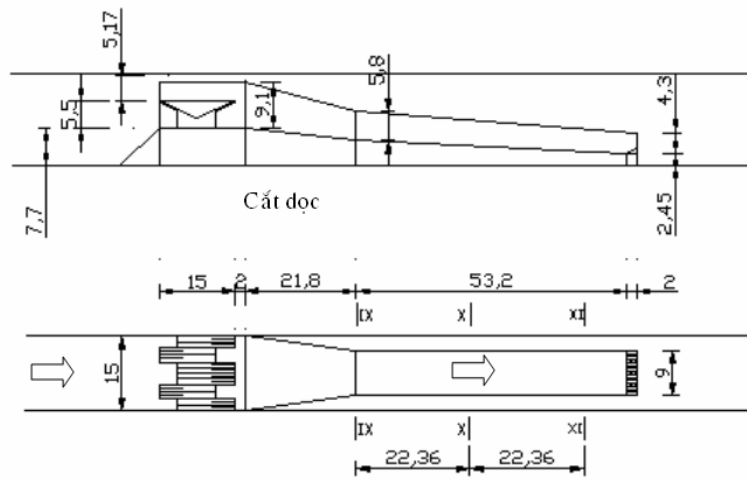
$$Q = M_{op} \cdot \Sigma L \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$

Khi mực nước hạ lưu cao hơn cao trình ngưỡng phím tràn thì đập tràn ở trạng thái chảy ngập (hình 9). Với trạng thái chảy tự do, khả năng tháo của đập sẽ giảm đi, công thức tính lưu lượng tháo là công thức có dạng tương tự (3) có bổ sung hệ số hiệu chỉnh σ_n , gọi là hệ số ngập:

$$Q = \sigma_n \cdot M_{op} \cdot \Sigma L \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (4)$$

III. Thiết bị thí nghiệm

Thiết bị thí nghiệm chính gồm: máy bơm nước, mô hình đập tràn phím Piano và dốc nước bằng kính hữu cơ đặt trong máng kính thí nghiệm dài 34m và rộng 0.6m. Nước được cấp bởi máy bơm, qua lưới giảm sóng đặt ở đầu máng sẽ được tháo qua mô hình đập tràn. Tại cuối máng thí nghiệm nước sẽ được chuyển xuống một kênh tháo hạ lưu dài 16m rộng 0.75m. Ở cuối kênh tháo hạ lưu có lắp đặt đập tràn thành mỏng đo lưu lượng. Hình vẽ mô hình thí nghiệm và nguyên hình của đập tràn PK, dốc nước và mũi phun được trình bày trong hình 10.



Mặt bằng
Hình 10

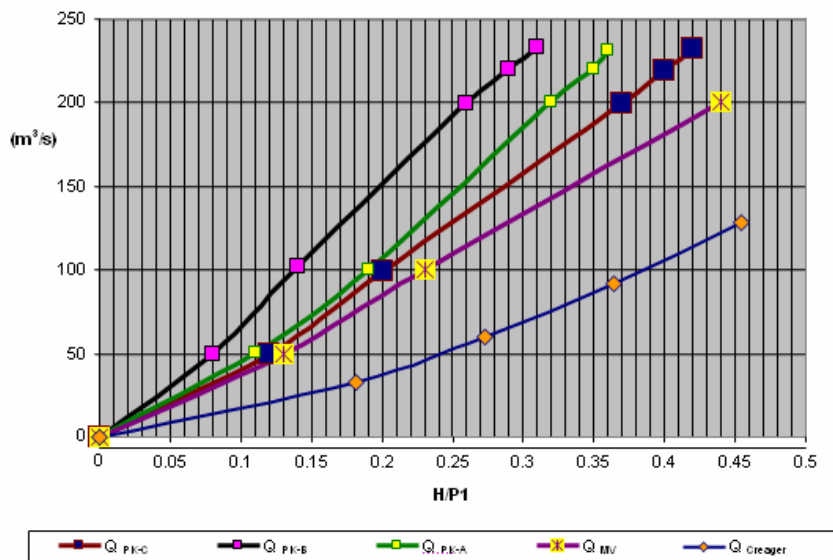
Do trọng lực giữ vai trò chủ yếu trong chuyển động của chất lỏng qua đập tràn nên trong thí nghiệm mô hình thủy lực áp dụng tiêu chuẩn của sự tương tự trọng lực, còn gọi là tiêu chuẩn Froude. Căn cứ vào kích thước của công trình, yêu cầu của thí nghiệm, các điều kiện hiện có của máng thí nghiệm, kênh tháo và khả năng cung cấp lưu lượng của máy bơm, chúng tôi chọn mô hình thí nghiệm không biến dạng có tỷ lệ hình học $\lambda_L = 25$. Với tỷ lệ này dòng chảy qua tràn và dốc nước là dòng rối và chảy xiết phải thỏa điều kiện $Fr_m > 1$ và $Re_m > Re_{pg} = 10^{4,5}$ [6]. Tại đầu dốc nước, ứng với lưu lượng nhỏ nhất $Q_m = 16,28$ l/s, $h = 3$ cm, $V_m = 1,77$ m/s, bán kính thủy lực $R_m = 0,0257$, ta có: $Fr_m = 1,77^2 / (9,81 \times 0,03) = 10,6 > 1$ và $Re_m =$

$(1,77 \times 0,03) / 1,01 \times 10^{-6} = 44963$. Vậy dòng chảy trong mô hình là dòng chảy xiết và chảy rối, tương tự như nguyên hình.

IV. Kết quả thí nghiệm

IV.1. Ở trạng thái chảy tự do (cao trình mực nước hạ lưu thấp hơn cao trình ngưỡng phím tràn (75.8 m)):

Tại mỗi cấp lưu lượng tràn tiến hành đo, ghi số liệu 5 lần. Kết quả xử lý số liệu đo với mức tin cậy 95% theo thống kê và nhận được đồ thị $Q = f(H)$ cho từng loại đập tràn như hình 11. Giá trị lưu lượng đơn vị q ($m^3/s-m$) trên tổng chiều dài tràn hữu hiệu của các loại đập tràn PK-A, PK-B, PK-C, mỏ vịt, Creager biểu diễn theo đồ thị hình 12.



Hình 11

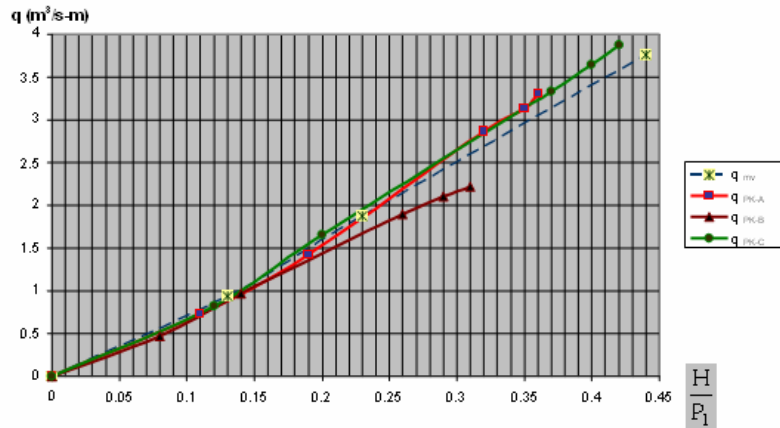
$$M_{oPK-A} = 0,357.c^{-1,02 \frac{H}{P_1}} \quad (5)$$

$$M_{oPK-B} = 0,420.c^{-1,96 \frac{H}{P_1}} \quad (6)$$

$$M_{oPK-C} = 0,402.c^{-1,17 \frac{H}{P_1}} \quad (7)$$

Khi mực nước hạ lưu bằng hoặc thấp hơn cao trình ngưỡng phím tràn thì mực nước thượng lưu không thay đổi. Khi mực nước hạ lưu dâng cao hơn ngưỡng phím tràn thì mực nước thượng lưu cũng nâng cao hơn.

Nếu gọi lưu lượng tháo qua đập tràn PK-A là $Q_{tự\ do}$ - tính theo (8) và $Q_{ngập}$ - tính theo (9) thì hệ số ngập σ_n được tính như sau: $\sigma_n = Q_{ngập} / Q_{tự\ do}$. Các thí nghiệm cho từng tổ



Hình 12

Sau đập tràn PK-A, bố trí đoạn thu hẹp và nối tiếp là dốc nước có chiều rộng, không đổi, ở nguyên hình là 9m. Trên dốc nước tại các mặt cắt IX (đầu dốc), X (giữa dốc), XI (cuối dốc)(hình 10) tiến hành đo vận tốc trung bình của dòng chảy bằng ống Pitot.

Kết quả đo được so sánh với kết quả thí nghiệm trên mô hình tràn mô vệt (bảng 4) cho thấy: vận tốc dòng chảy trong dốc nước của tràn PK-A (V_{PK-A}) lớn hơn vận tốc dòng chảy trong dốc nước của tràn mô vệt (V_{mv}) (tại mặt cắt IX, thí nghiệm 4, chênh lệch này đạt trị số lớn nhất là $V_{PK-A} = 1,36 V_{mv}$). Do đó khi tính toán tiêu năng cuối dốc nước của tràn PK-A cần lưu ý đến sự gia tăng của vận tốc dòng chảy.

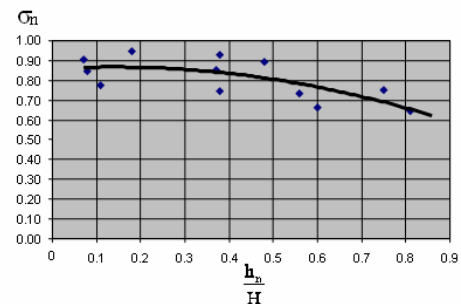
IV.2. Trạng thái chảy ngập, cao trình mực nước hạ lưu bằng hoặc hơn cao trình ngưỡng phím tràn (75.8 m)

Các thí nghiệm được tiến hành theo phương thức không thay đổi lưu lượng tràn, thay đổi mực nước hạ lưu từ vị trí thấp hơn đến vị trí cao hơn cao trình ngưỡng tràn. Các kết quả thí nghiệm cho thấy:

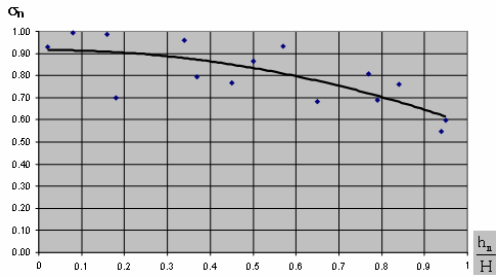
hợp mực nước thượng, hạ lưu trong trường hợp chảy ngập cũng được đo 5 lần và kết quả được tổng hợp trong hình 13 (PK-A), hình 14(PK-B), hình 15(PK-C).

So sánh khả năng tháo của đập tràn PK với đập tràn mô vệt (sông Móng) và đập tràn Creager cho thấy:

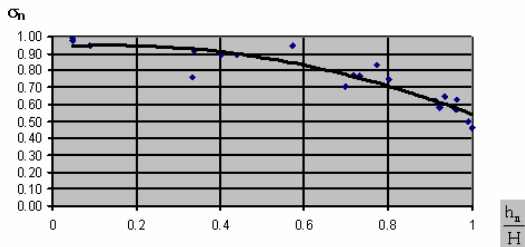
- Cùng một chiều rộng tràn chính diện $B = 15m$, với cùng giá trị cột nước tràn H/P_1 thì $Q_{PK-B} > Q_{PK-A} > Q_{PK-C} > Q_{MV} > Q_{Creager}$



Hình 13



Hình 14



Hình 15

- Lưu lượng đơn vị của các dạng đập tràn PK dạng A, B, C, đập tràn mô vệt gần như bằng nhau khi $H/P_1 < 0,15$. Ngoài giới hạn này lưu lượng đơn vị của các đập tràn PK dạng A ($N=5$), dạng C ($N=4$) và đập tràn mô vệt ($N=3,6$) lớn hơn đập tràn PK dạng B ($N=7$) (hình 12). Điều này có thể giải thích do chiều rộng phím của đập tràn PK-B nhỏ (chiều rộng từ: 1,50 - 2,00 - 3,00m), nên khi cột nước tràn đạt đến chiều cao nhất định H sẽ ảnh hưởng đến khả năng tháo của ngưỡng tràn phím đầu và ngưỡng tràn bên. Do đó cần xem xét thêm ảnh hưởng của chiều rộng phím đối với khả năng tháo của loại đập tràn PK này. Ngoài ra, khi $H/P_1 > 0,30$ thì lưu lượng đơn vị của các dạng đập tràn PK dạng A, C lớn hơn đập tràn mô vệt.

V. Kết luận

Các kết quả đạt được từ quá trình nghiên cứu của đề tài là:

- Trên cùng chiều rộng tràn chính diện đập tràn PK cho khả năng tháo lớn hơn đập tràn mô vệt, đập tràn Creager. Khi thiết kế mới cũng như cải tạo các đập tràn hiện hữu, việc áp dụng đập tràn phím piano này sẽ giúp nâng cao khả năng tháo nước trong điều kiện diễn biến bất lợi về lưu lượng lũ ngày càng tăng do môi trường bị tổn hại như hiện nay.

- Ngoài các thông số như tỉ số N, chiều cao đập tràn P_1 , cột nước tràn H, thì chiều rộng phím cũng có ảnh hưởng trên khả năng tháo của đập tràn PK. Trường hợp mực nước hạ lưu thấp hơn ngưỡng tràn, với một giá trị H/P_1 nhất định, có thể áp dụng biểu đồ hình 11 và hình 12 để xác định khả năng tháo nước của đập tràn PK (Q-tính trên chiều rộng tràn chính diện B, q-tính trên đơn vị chiều dài ngưỡng tràn hiệu quả ΣL).
- Khi mực nước hạ lưu cao hơn ngưỡng tràn thì các đập tràn PK dạng A, B, C ở trạng thái chảy ngập. Hệ số ngập σ_n của các loại đập tràn PK, ứng với các trị số h_n/H , có thể tra biểu đồ trên các hình 13, 14 và 15 tương ứng.
- Các giá trị hệ số lưu lượng quy đổi M_{op} cho từng loại đập tràn PK-A, PK-B, PK-C, thông qua xử lý tương quan hồi quy các kết quả thực nghiệm, được xác định theo các công thức (5), (6), (7).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- F. Lempérière và A.Ouamane, “A new cost effective solution for most spillway: the piano keys weir”, Hydrocoop France, technical report, p.1 – 14, (2003)
- J. Paul Tullis, Member, ASCE, Nosratollah Amanian, and David Waldron, “Design of labyrinth spillways”, *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 121(3), p.247-255(1995)
- Viện khoa học thủy lợi miền Nam, “Báo cáo kết quả thí nghiệm mô hình thủy lực tràn xả lũ hồ chứa nước sông Móng”, Tp.HCM (2003).
- Vụ kỹ thuật, Bộ Thủy lợi, “Quy phạm tính toán thủy lực đập tràn”, QP.TL.C-8-76, (1977)
- GS.TS. V.P. Nhedrigi, “Sổ tay thiết kế công trình thủy lợi”(tiếng Nga), Moscow(1983)
- P. Novak, A.I.B. Moffat, C. Nailuri & R. Narayanan, *Hydraulic structures*, Unwin Hyman, London(1990)