

KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC CỦA ĐẬP TRÀN PHÍM PIANO LOẠI A, D VÀ LABYRINTH CHỮ NHẬT TRÊN MÔ HÌNH VẬT LÝ

TS. Trương Chí Hiền

Trường Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh

M. Hồ Tá Khanh

Hội đập lớn Hà Nội

Tóm tắt: Bài báo giới thiệu kết quả nghiên cứu thực nghiệm trên mô hình vật lý nhằm xác định cũng như so sánh khả năng tháo nước của các loại đập tràn phím piano loại A, loại D và loại Labyrinth chữ nhật.

Thí nghiệm được tiến hành cho các đập tràn có chiều cao tràn $P = 4$ m, cột nước thượng lưu trên ngưỡng tràn toàn phần $H_0 = (1,2-4,5)$ m, cho thấy khả năng tháo nước của các loại đập tràn phím piano loại A, D và labyrinth chữ nhật đều cao hơn đập tràn Creager từ 1,2 đến 2,6 lần. Ở trạng thái chảy ngập khả năng tháo của đập tràn labyrinth chữ nhật giảm mạnh, nhưng khả năng tháo chỉ giảm nhẹ ($\approx 10\%$) đối với các loại đập tràn phím piano loại A và loại D.

Kết quả thí nghiệm sẽ cung cấp các thông số kỹ thuật về khả năng tháo ở trạng thái chảy tự do và chảy ngập của các loại đập tràn phím piano loại A, D và Labyrinth chữ nhật. Điều này sẽ hỗ trợ cho chọn loại đập tràn thích hợp, có kích thước tương tự với mô hình thí nghiệm, phục vụ công tác thiết kế và thi công xây dựng các dự án.

Summary: Experimental study on physical modeling to determine and compare the discharge capacity of the P.K. weirs types A & D and the rectangular labyrinth.

The experiments was conducted with the height of weirs $P = 4$ m, total upstream head over crest in free flow $H_0 = (1,2-4,5)$ m, show that the discharge capacity of the P.K.weirs type A & D, rectangular labyrinth are greater than the discharge capacity of Creager weir from 1,2 to 2,6 times. In the submerged flow the discharge capacity of rectangular labyrinth weir significantly reduce, but it has decreased slightly (10%) for the piano key weir type A, D.

The experimental results will provide the hydraulic characteristics of the P.K. weirs Types A, D and the rectangular labyrinth weir, in the free flow and submerged flow. These will contribute to select the appropriate type of weir, with the same dimensions to the model, for the design and construction projects.

I. TỔNG QUAN

Hầu hết những đập tự tràn lòng sông hiện nay thuộc hệ thống công trình đầu mối thủy lợi, thủy điện, thường có dạng đập tràn thực dụng Creager hoặc dạng Creager-Ophiorov. Trong điều kiện không thể mở rộng tuyến tràn, để tăng khả năng tháo lũ người ta có thể sử dụng đập tràn phím piano hoặc đập tràn Labyrinth

chữ nhật (góc mở bằng 0°).

Đập tràn phím piano (PKW) kiểu A [1,2,3] có ngưỡng tràn dạng côngxôn đối xứng có lưu lượng riêng tháo lũ gấp 2,5 - 4,0 lần so với đập tràn Creager hoặc gấp 1,10 - 1,25 so với đập tràn Labyrinth. Một ưu điểm khác của PKW loại A (so với đập tràn PKW loại D hay đập tràn labyrinth) là có thể được xây dựng

thuận lợi trên đỉnh đập trọng lực đã có, với cùng chiều rộng tràn nhưng lại có khả năng tháo các con lũ lớn hơn nhiều lần do diện tích bất thường của thời tiết hoặc do biến đổi khí hậu gây ra.

Tuy nhiên, do đặc điểm cấu tạo, đập tràn PKW loại A thường đòi hỏi nhân lực thi công có kinh nghiệm, tốn nhiều kết cấu giàn giáo, ván khuôn và cốt thép cho phần côngxôn của tường tràn. Trong trường hợp tại các địa phương gặp khó khăn về khả năng thi công các kết cấu có hình dạng phức tạp, thì có thể xem xét sử dụng phương án tràn PKW – loại D [4, 5] với ngưỡng tràn không có kết cấu côngxôn hoặc tràn Labyrinth chữ nhật. PKW loại D dù có giảm hiệu quả về khả năng tháo nhưng lại có ưu thế về thi công dễ và nhanh so với PKW loại A, thuận tiện ứng dụng làm loại đập tràn ngưỡng thấp chắn ngang sông, đặt trên kênh tiêu nước, [4, 5] với kết cấu đơn giản của tường ngưỡng tràn.

Để có cơ sở so sánh về khả năng tháo nước, bài báo này là phần tiếp tục các nghiên cứu trên mô hình vật lý được tiến hành tại Phòng thí nghiệm thủy lực công trình – Đại học Bách khoa TP.HCM cho 3 loại đập tràn: PKW loại A và D, đập tràn Labyrinth chữ nhật, với chiều rộng tràn của các phím không đổi.

II. MÔ HÌNH THÍ NGHIỆM

Thiết bị thí nghiệm chính gồm: máy bơm nước, mô hình ba loại đập tràn phím Piano và Labyrinth chữ nhật bằng kính hữu cơ, chiều dày $T_s = 10$ mm, đặt trong máng thí nghiệm dài 12,9 m và rộng $B = 30$ cm. 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 16 m, rộng 75 cm. Ở cuối kênh tháo hạ lưu có lắp đặt đập tràn thành mỏng đo lưu lượng.

Cao trình mực nước thượng lưu trong máng thí nghiệm và kênh tháo hạ lưu được đo bằng kim

đo mực nước bằng nút điều chỉnh, cao độ của mũi kim được xác định nhờ du xích, độ chính xác của kim đo là 0,05 mm.

Mô hình thí nghiệm đập tràn PKW loại A, loại D và Labyrinth chữ nhật được trình bày ở Hình 1,2,3. Căn cứ vào các điều kiện hiện có của máng thí nghiệm, kích thước kênh tháo và khả năng cung cấp lưu lượng của máy bơm, chọn mô hình thí nghiệm không biến dạng theo tiêu chuẩn tương tự trọng lực, có tỷ lệ hình học $\lambda_L = 40$. Các thông số hình học của mô hình đập tràn PKW loại A, loại D và Labyrinth chữ nhật được chọn giống nhau và có kích thước hình học như sau:

| | |
|--|------|
| Chiều cao tràn P (m) | 4 |
| Chiều dài ngưỡng tràn B (m) | 12 |
| Chiều rộng tràn W (m) | 11,2 |
| Chiều dày tường tràn T_s (m) | 0,4 |
| Chiều rộng phần vào W_i (m) | 2,4 |
| Chiều rộng phần ra W_o (m) | 2,4 |
| $N = \text{tổng chiều dài tràn } \Sigma B/W$ | 5,28 |

Ở phía thượng lưu, trong trạng thái chảy tự do qua đập tràn gọi H_o - chiều cao cột nước trên ngưỡng tràn toàn phần và h_o - chiều cao cột nước trên ngưỡng tràn.

Mô hình được thí nghiệm với các thông số chiều cao cột nước trên ngưỡng tràn $h_o = (2,0 \sim 16,5)$ cm (tương ứng với giá trị nguyên hình là $(0,8 \sim 6,6)$ m) và lưu lượng riêng $q = Q/W = (3,4 \sim 18,1)$ l/s.m tương ứng với giá trị nguyên hình là $(4,9 \sim 45,9)$ m³/s.m).

III. KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM MÔ HÌNH

3.1. Trạng thái chảy tự do

Kết quả thí nghiệm xác định lưu lượng tháo $q = Q/W$ (m³/s.m) theo cột nước trên ngưỡng tràn toàn phần H_o (m) cho đập tràn PKW loại A, D và đập tràn labyrinth chữ nhật so với lưu lượng tháo qua đập tràn Creager được mô tả trên hình 4 (theo kích thước nguyên hình).

Đối với giá trị H_o thay đổi trong phạm vi từ 1,2 m đến 6,7 m đồ thị này cho thấy:

- Lưu lượng riêng của đập tràn PKW loại A ($N = 5,23$) với $H_o = (1,3-7,1)$ m được mô tả bằng phương trình hồi quy:

$$q_A = 6,224 H_o + 0,442 \text{ với } R^2 = 0,999 \quad (1)$$

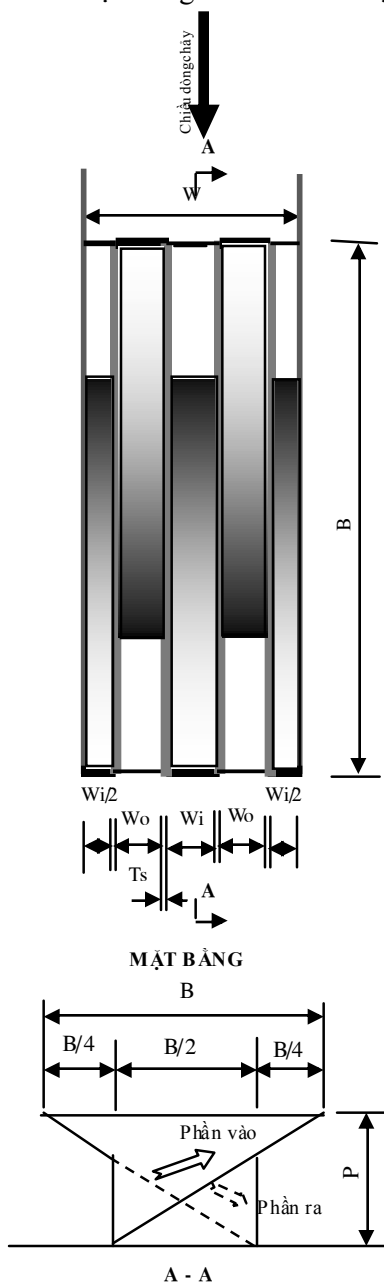
Hoặc cũng có thể biểu thị q_A theo giá trị cột

nước trên ngưỡng tràn $h_o = (1,2-6,2)$ m bằng phương trình hồi quy:

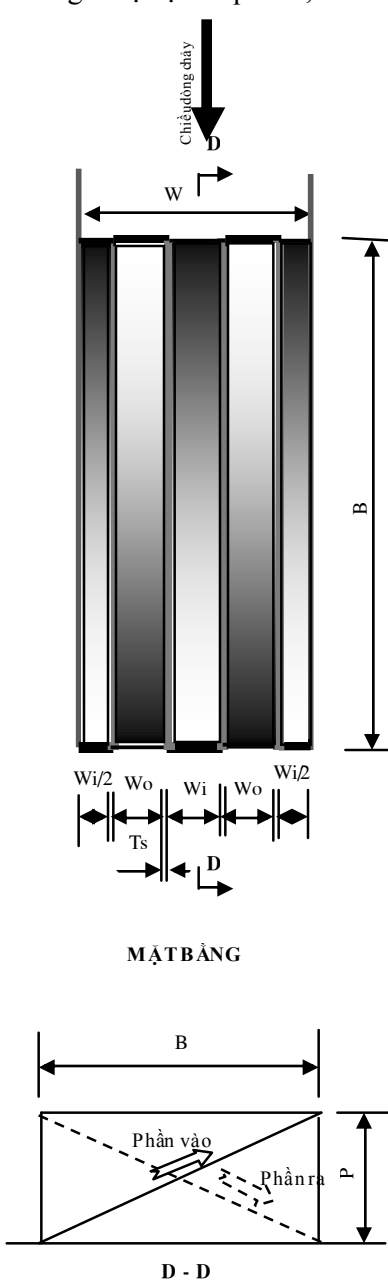
$$q_A = 7,336 h_o - 0,171 \text{ với } R^2 = 0,998 \quad (1')$$

• Lưu lượng riêng của đập tràn PKW loại D ($N = 5,23$) với $H_o = (0,80-6,75)$ m được mô tả bằng phương trình hồi quy:

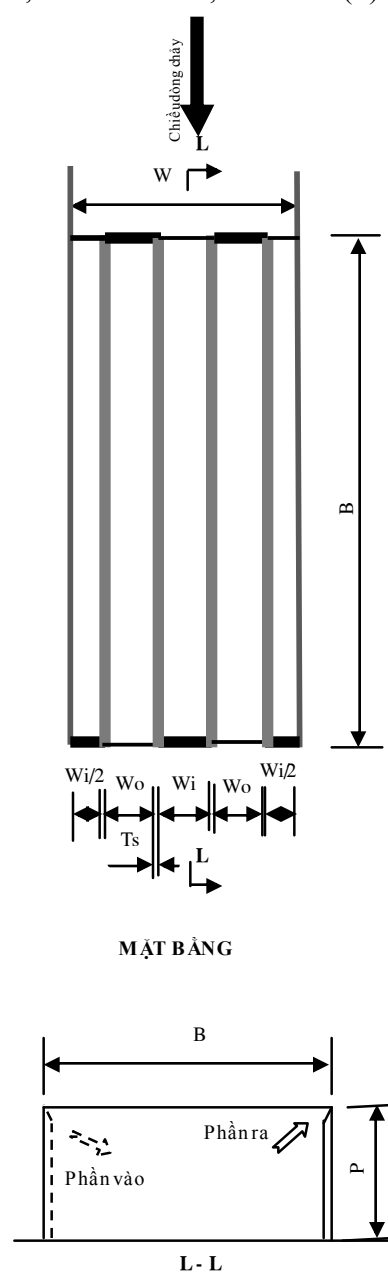
$$q_D = 6,057 H_o - 1,246 \text{ với } R^2 = 0,997 \quad (2)$$



Hình 1: Mô hình thí nghiệm đập tràn PKW loại A



Hình 2: Mô hình thí nghiệm đập tràn PKW loại D



Hình 3: Mô hình thí nghiệm đập tràn Labyrinth chữ nhật

Hoặc cũng có thể biểu thị q_D theo giá trị cột nước trên ngưỡng tràn $h_o = (0,8-6,2)$ m bằng phương trình hồi quy:

$$q_D = 6,578 h_o - 1,082 \text{ với } R^2 = 0,996 \quad (2')$$

- Lưu lượng riêng của đập tràn Labyrinth chữ nhật với $H_o = (1,9-7,3)$ m được mô tả bằng phương trình hồi quy:

$$q_L = 5,998 H_o + 0,352 \text{ với } R^2 = 0,996 \quad (3)$$

Hoặc cũng có thể biểu thị q_L theo giá trị cột nước trên ngưỡng tràn $h_o = (1,75-6,6)$ m bằng phương trình hồi quy:

$$q_L = 6,621 h_o + 0,579 \text{ với } R^2 = 0,996 \quad (3')$$

- Theo kết quả thí nghiệm của J. Paul Tullis [6] khả năng tháo của các đập tràn Labyrinth (góc mở $\alpha = 6^0$ đến 90^0), được mô phỏng theo công thức: $Q = \frac{2}{3} C_d L \sqrt{2g} H_o^{1.5}$. Hệ số C_d là hàm số theo biến số H_o/P viết dưới dạng đa thức bậc 4 [6]. Để có thể so sánh được với các đập tràn Labyrinth theo nghiên cứu của J. Paul Tullis, bằng phương pháp bình phương cực tiểu, giá trị C_d của đập tràn Labyrinth chữ nhật được viết như sau:

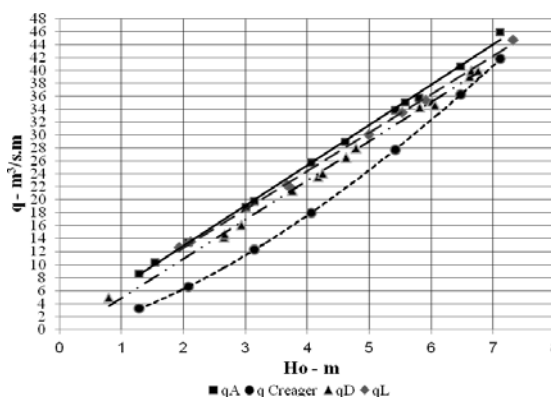
$$C_d = -0,033(H_o/P)^4 + 0,069(H_o/P)^3 + 0,146(H_o/P)^2 - 0,480(H_o/P) + 0,490 \text{ với } R^2 = 0,999 \quad (4)$$

Từ đồ thị hình 5 cho thấy trong phạm vi nghiên cứu $H_o/P < 1$ thì C_d của đập tràn Labyrinth chữ nhật có giá trị xấp xỉ với giá trị C_d của tràn Labyrinth [6] với góc mở $\alpha = 6^0$.

- Đối với cùng giá trị H_o lưu lượng riêng thay đổi theo thứ tự $q_D < q_L < q_A$.
- Khi $H_o = (1,3-4,5)$ m lưu lượng riêng tháo lũ của đập tràn PKW loại A gấp (2,64~1,35) lần so với đập tràn Creager.
- Khi $H_o = (1,3-4,5)$ m lưu lượng riêng tháo lũ của đập tràn PKW loại L gấp (2,52~1,30) lần so với đập tràn Creager.
- Khi $H_o = (1,3-4,5)$ m lưu lượng riêng tháo lũ của đập tràn PKW loại D gấp (2,04~1,24)

lần so với đập tràn Creager.

- Đồ thị q_L nằm giữa 2 đường cong q_A và q_D với các đặc điểm như sau
- có sự khác biệt rõ về giá trị lưu lượng riêng tháo lũ giữa đập tràn PKW loại A và loại D. Với H_o từ (1,3-7,0) m tỷ lệ q_A/q_D thay đổi từ 1,30 đến 1,08.
- tỷ lệ q_L/q_D thay đổi nhiều từ 1,23 đến 1,13 khi $H_o < 2$ m. Khi $H_o > 2$ m sự khác biệt q_L/q_D không lớn, dao động trong phạm vi 1,02~1,05.



Hình 4: Quan hệ giữa lưu lượng riêng q và cột nước trên ngưỡng tràn toàn phần H_o của đập tràn PKW loại A, D và Labyrinth chữ nhật

3.2. Trạng thái chảy ngập

Thí nghiệm tìm ảnh hưởng chế độ ngập lên khả năng tháo của tràn PKW loại A, D và tràn Labyrinth chữ nhật được tiếp tục với việc dâng cao trình mực nước hạ lưu cao hơn cao trình ngưỡng tràn (Hình 6) với:

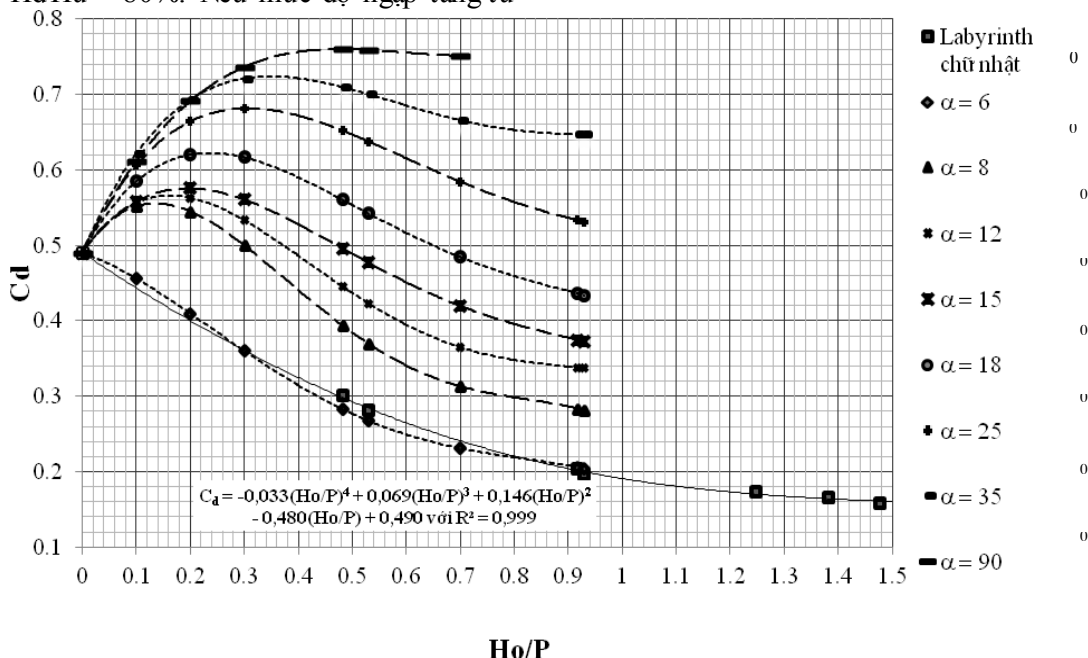
- h_u - cột nước trên ngưỡng tràn phía thượng lưu,
- v_u - vận tốc dòng chảy phía thượng lưu đập tràn,
- H_u - cột nước trên ngưỡng tràn toàn phần phía thượng lưu,
- h_d - cột nước trên ngưỡng tràn phía hạ lưu,
- v_d - vận tốc dòng chảy phía thượng lưu đập tràn,
- H_d - cột nước trên ngưỡng tràn toàn phần phía hạ lưu

Ở trạng thái này thí nghiệm được tiến hành với

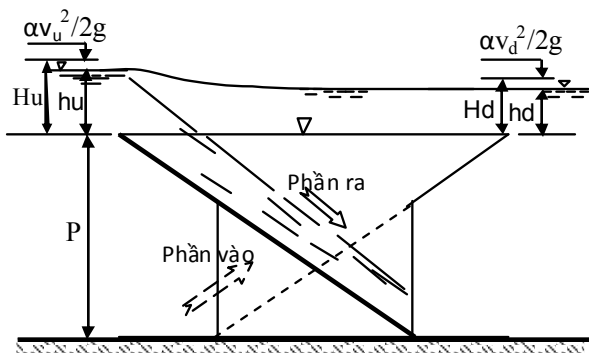
các cấp lưu lượng riêng q có giá trị tăng dần để xem xét ảnh hưởng mức độ ngập của H_d/H_u . Đồ thị biểu diễn quan hệ lưu lượng riêng q_{sub}/q_{free} ở trạng thái chảy ngập (q_{sub}) so với lưu lượng riêng ở trạng thái chảy tự do (q_{free}) theo biến thiên độ ngập H_d/H_u được thể hiện trong hình 7, 8 và 9.

Nhìn chung kết quả thí nghiệm cho thấy mức độ giảm khả năng tháo của đập tràn PKW loại A là dưới 10% ($q_{sub}/q_{free} > 90\%$) khi mức độ ngập $H_d/H_u < 80\%$. Nếu mức độ ngập tăng từ

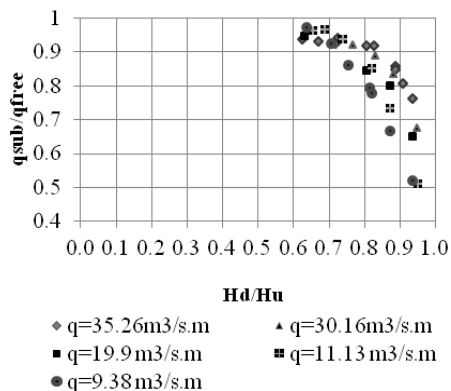
(80-90)% thì q_{sub}/q_{free} giảm nhanh có thể đến giá trị 20%. Tuy nhiên, đối với đập tràn PKW loại D khi mức độ ngập H_d/H_u đạt đến 90% thì q_{sub}/q_{free} mới bắt đầu giảm hơn 10%. Ưu điểm này của đập tràn PKW loại D cũng thấy rõ khi tiến hành so sánh nó với đập tràn Labyrinth chữ nhật (hình 8). Theo đó, khi H_d/H_u còn ở mức (70-90)% thì mức độ ảnh hưởng ngập lên lưu lượng riêng của đập tràn Labyrinth chữ nhật là đáng kể, lúc này giá trị q_{sub}/q_{free} giảm xuống gần 30%.



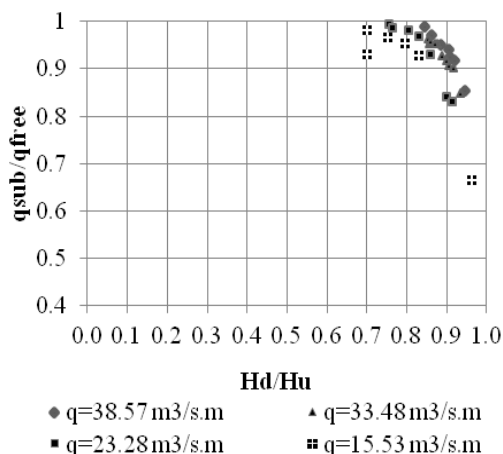
Hình 5: So sánh hệ số C_d của đập tràn Labyrinth với góc $\alpha = 0^\circ - 90^\circ$



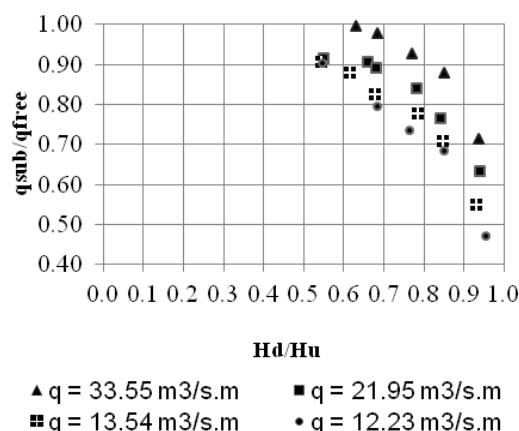
Hình 6: Đập tràn phím piano chảy ngập



Hình 7: Quan hệ q_{sub}/q_{free} với H_d/H_u của đập tràn phím piano loại A trong chế độ chảy ngập



Hình 8: Quan hệ q_{sub}/q_{free} với H_d/H_u của đập tràn phím piano loại D trong chế độ chảy ngập



Hình 9: Quan hệ q_{sub}/q_{free} với H_d/H_u của đập tràn Labyrinth chữ nhật trong chế độ chảy ngập

IV. KẾT LUẬN

• Với các kích thước các loại đập tràn, các thông số thí nghiệm được chọn và mô tả trong mục 2 bên trên, khả năng tháo các loại đập tràn phím piano, labyrinth chữ nhật lớn hơn đập tràn Creager từ (2,0-2,6) lần. Trong chế độ chảy tự do khả năng tháo của đập tràn PKW loại A lớn hơn đập tràn labyrinth chữ nhật và đập tràn PKW loại D.

Lưu lượng riêng của đập tràn PKW loại A được xác định theo công thức thực nghiệm: $q_A = 6,224 H_o + 0,442$ với $R^2 = 0,999$. Hoặc cũng có thể biểu thị q_A theo giá trị cột nước trên ngưỡng tràn ho bằng phương trình hồi quy: $q_A = 7,336 ho - 0,171$ với $R^2 = 0,998$

Lưu lượng riêng của đập tràn PKW loại D được xác định theo công thức thực nghiệm: $q_D = 6,057 H_o - 1,246$ với $R^2 = 0,997$. Hoặc cũng có thể biểu thị q_D theo giá trị cột nước trên ngưỡng tràn ho bằng phương trình hồi quy: $q_D = 6,578 ho - 1,082$ với $R^2 = 0,996$

* Lưu lượng riêng của đập tràn Labyrinth chữ nhật được xác định theo công thức thực nghiệm $q_L = 5,998 H_o + 0,352$ với $R^2 = 0,996$. Hoặc cũng có thể biểu thị q_L theo giá

trị cột nước trên ngưỡng tràn ho bằng phương trình hồi quy $q_L = 6,621 H_o + 0,579$ với $R^2 = 0,996$.

• Hệ số C_d của đập tràn Labyrinth chữ nhật được xác định theo công thức thực nghiệm:

$$C_d = -0,033(H_o/P)^4 + 0,069(H_o/P)^3 + 0,146(H_o/P)^2 - 0,480(H_o/P) + 0,490 \text{ với } R^2 = 0,999$$

• Khi $H_o = (1,3 - 4,5)$ m lưu lượng riêng tháo lũ của:

- đập tràn PKW loại A gấp (2,64~1,35) lần so với đập tràn Creager.

- đập tràn Labyrinth gấp (2,52~1,30) lần so với đập tràn Creager.

- đập tràn PKW loại D gấp (2,04~1,24) lần so với đập tràn Creager.

• Đối với đập tràn PKW loại A khi H_d/H_u thay đổi từ (60-80)% thì q_{sub}/q_{free} vẫn còn lớn hơn 90% Điều này cho thấy ảnh hưởng của mức độ ngập lên khả năng tháo là không nhiều.

• Đối với đập tràn PKW loại D khi H_d/H_u thay đổi từ (70-90)% thì q_{sub}/q_{free} vẫn còn

lớn hơn 90%. Ảnh hưởng của mức độ ngập lên khả năng tháo của đập tràn PKW loại D là ít nhất trong 3 loại đập tràn đưa ra thí nghiệm.

- Tuy nhiên, đối với đập tràn Labyrinth chữ nhật thì mức độ ngập có ảnh hưởng lên khả năng tháo. Với $H_d/H_u < 60\%$ thì $q_{sub}/q_{free} > 90\%$, khi $H_d/H_u = (60-90)\%$ thì khả năng tháo giảm mạnh đến 50%, nghĩa là với cùng lưu lượng riêng cột nước tràn thượng lưu của đập tràn Labyrinth chữ nhật sẽ cao hơn so với

hai loại đập tràn còn lại.

Trong các công trình có cột nước tràn Ho nhỏ ($Ho < 4,5$ m), gặp khó khăn trong thi công cấu kiện có mức độ phức tạp (như trường hợp của PKW loại A) bị hạn chế, thì cần xem xét khả năng chọn loại đập tràn PKW loại D hoặc Labyrinth chữ nhật. Các loại đập tràn này dù có lưu lượng riêng kém hơn tràn PKW loại A nhưng khả năng tháo vẫn cao hơn loại đập tràn dạng Creager 1,2–2,5 lần.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Blanc P. and Lempérière F. (2001), *Labyrinth spillways have a promising future*, International Journal of Hydropower and Dams 8 (4), 129-131.
- [2]. Trương Chi Hien, Huỳnh Thanh Sơn, Hồ Tạ Khanh M.. Results of some piano keys weir hydraulic model tests in Vietnam (R40), 22nd ICOLD congress (2006), CIGB/ICOLD, Barcelona, Spain, pp. 581-596.
- [3]. Trương Chí Hiền, Trần Hiếu Thuận, (2009), “Khả năng tháo nước đập tràn phím piano ngưỡng thấp trên kênh tiêu nước”, Tạp chí phát triển khoa học & công nghệ, ĐHQG-HCM, Vol.12, No. 18, 2009, pp. 18-24.
- [4]. Hồ Tạ Khanh M., Hien T.C. and Hai N.T. (2011), *Main results of the P.K weir model tests in Vietnam (2004 to 2010)*, Labyrinth and piano key weirs-PKW 2011, CRC press, London, ISBN 978-0-415-68282-4, pp. 191-198.
- [5]. Lempérière F., Vigny J.P. and Ouamane A. (2011), *General comments on Labyrinths and Piano Key Weirs: The past and present*, Labyrinth and piano key weirs-PKW 2011, CRC press, London, ISBN 978-0-415-68282-4, pp. 17-24.
- [6]. J. Paul Tullis, Member, ASCE, Nosratollah Amanian, and David Waldron, *Design of Labyrinth Spillways*. Journal of Hydraulic Engineering Vol.121, No.3, March.1995, pp 247-255.