

KHẢ NĂNG THÁO NƯỚC CỦA ĐẬP TRÀN PHÍM PIANO NGƯỠNG THẤP TRÊN KÊNH TIÊU NƯỚC

Trương Chí Hiền, Trần Hiếu Thuận
Trường Đại học Bách khoa, ĐHQG-HCM

(Bài nhận ngày 06 tháng 10 năm 2008, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 15 tháng 04 năm 2009)

TÓM TẮT: Đập tràn phím piano với khả năng tháo gấp 4~5 lần khả năng tháo đập tràn truyền thống. Bài báo trình bày các kết quả thí nghiệm thủy lực công trình trên mô hình đập tràn phím piano ngưỡng thấp, kiểu A, với mục đích: nghiên cứu khả năng xây dựng nó trên kênh tiêu nước, nâng cao độ tin cậy của công trình, tự động hóa trong tháo nước, giảm được nhân công vận hành hệ thống. Các kết quả thí nghiệm này có thể sử dụng trực tiếp hoặc hiệu chỉnh cho phù hợp, để tính toán các đặc trưng thủy lực của đập tràn (chiều dài tràn, chiều dài nước nhảy).

1. TỔNG QUAN

Thông thường các công trình điều tiết nước trên hệ thống kênh được thiết kế theo các dạng đập tự tràn hoặc tràn có cửa van nhằm cung cấp nước cho cây trồng theo các chu kỳ sinh trưởng và tháo nước lũ trong mùa mưa. Nhược điểm của các công trình điều tiết nước hiện nay là việc vận hành được thực hiện bằng phương pháp thủ công với các phương tiện lạc hậu. Hoạt động các cửa van có độ tin cậy thấp, thất thoát nước ở các kênh tiêu làm hạ thấp mực nước ngầm và gây ảnh hưởng đến môi trường sinh thái, năng suất cây trồng. Vì vậy, việc nghiên cứu đưa vào ứng dụng công trình giữ nước và tháo nước tự động, có độ tin cậy cao trong vận hành là yêu cầu hết sức bức thiết.

Để nâng cao khả năng tháo nước trong điều kiện tương tự về chiều rộng tuyến tràn tháo nước, đập tràn phím piano đã được đề xuất nghiên cứu ứng dụng. Theo các nghiên cứu [1], [2] cho thấy đập tràn phím Piano với các đặc điểm sau:

- Có thể xây dựng trên các bộ móng phẳng.

- Lưu lượng đơn vị q có thể đạt từ 5 đến $100 \text{ m}^3/\text{s-m}$.

- 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 truyền thống.

- Cao trình ngưỡng tràn piano đặt ngang cao trình mực nước thiết kế của kênh tiêu. Cao trình mực nước tràn lớn nhất trên ngưỡng tràn piano bằng cao trình mực nước lớn nhất trong kênh tiêu. Để tháo cạn nước trong kênh tiêu khi cần thiết sẽ bố trí ống thoát nước có van điều

tiết vào tường biên hoặc trong trụ giữa của tràn piano.

- Cấu trúc đơn giản và dễ xây dựng với nguồn vật liệu xây dựng có sẵn tại chỗ.

Đã có 3 phòng thí nghiệm thủy lực thử nghiệm kiểu đập tràn này tháo lũ cho các hồ chứa và có thể tiến hành nghiên cứu từ mà không cần mua bản quyền. 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. Sau đó một số hình dạng thiết kế đã được chọn dựa vào:

- Một sơ đồ hình chữ nhật hơi giống hình dạng các phím đàn Piano nên được đặt tên là kiểu đập tràn phím Piano.

- Một kết cấu đáy nghiêng về phần thượng và hạ lưu, khu vực dòng chảy đi vào được gọi là thượng lưu và phần đi ra gọi là hạ lưu.

Sau đó nhiều công trình thử nghiệm kỹ lưỡng đã được tiến hành vào năm 2003 để chọn kiểu thiết kế ở Đại học Biskra và một số thử nghiệm trên một máng dẫn nước rất rộng ở phòng thí nghiệm L.N.H.

Các cuộc thử nghiệm chi tiết đã cho thấy trên cùng chiều rộng tuyến tràn lưu lượng tháo của đập tràn phím piano lớn hơn các đập tràn truyền thống. Khả năng tăng lưu lượng của đập tràn phím piano phụ thuộc vào 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 - tổng chiều dài tường tràn / bề rộng đập tràn. 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.

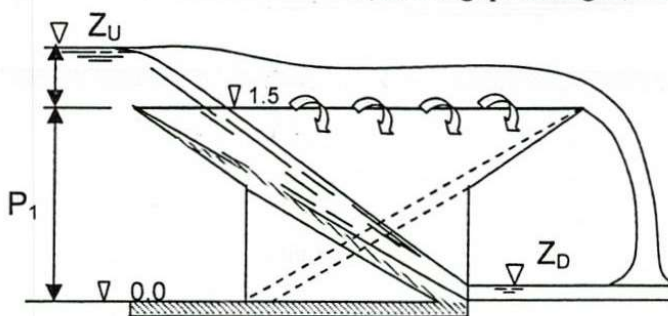
Các nghiên cứu rộng rãi đang được tiến hành ở Trung Quốc (I.W.H.R Bắc Kinh) và Ấn Độ (Đại học Roorke) vì có những khả năng to lớn cho việc sử dụng các đập tràn phím Piano ở hai quốc gia này. Những kết quả nghiên cứu ban đầu về đập tràn phím Piano kiểu A với các N khác nhau cũng được tiến hành ở Việt Nam [2] nhằm tìm kiếm những khả năng ứng dụng vào thực tế.

2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

Từ các nghiên cứu [1], [2] cho thấy khả năng mở rộng việc ứng dụng đập tràn phím Piano, có chiều cao thấp đặt trên hệ thống kênh, sông thay thế cho các cống tiêu với nhiệm vụ có thể trữ nước trong mùa khô phục vụ cho sản xuất nông nghiệp và tháo được nước trong mùa lũ an toàn, tránh được các sự cố khi vận hành cửa van, tăng độ tin cậy của việc trữ nước, khả năng kiểm soát lũ của các cống tiêu nước hiện hữu. Nội dung bài viết tập trung vào hướng nghiên cứu khả năng tháo nước của đập tràn phím piano trên mô hình vật lý với các thông số thiết kế lấy từ kết quả tính toán thủy lực dòng chảy của Rạch Đá Hàng – Huyện Gò Dầu – Tỉnh Tây Ninh là: lưu lượng tháo thực tế $Q_n = 6.0 - 20.5 (m^3/s)$, chiều rộng kênh tháo 8m (thí nghiệm cho 1 nhịp tràn dài $B_n = 4m$), chiều cao ngưỡng tràn thực $P_1 = 1.5 m$, tỷ số $N =$ tổng chiều dài tường tràn thực / bề rộng đập tràn thực $= \Sigma L_n / B_n = 20/4 = 5$, chiều sâu nước lớn nhất ở thượng lưu là 2,34m

2.1. Khả năng tháo

2.1.1. Khả năng tháo của đập tràn truyền thống



Hình 1

Đối với đập tràn chính diện truyền thống khả năng tháo khi chảy không ngập và không co hẹp bên là:

$$Q = m \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

m: hệ số lưu lượng của đập tràn phụ thuộc vào đặc tính, cấu tạo của từng loại đập.

B: bề rộng tràn chính diện.

ϵ là hệ số co hẹp bên.

H_0 : cột nước toàn phần.

Trong trường hợp chảy ngập, mực nước hạ lưu ảnh hưởng đến khả năng tháo nước của đập tràn, làm giảm lưu lượng qua đập (khi cột nước toàn phần H_0 không đổi). Công thức tổng quát được bổ sung hệ số ngập σ_n và được viết như sau:

$$Q = \sigma_n \cdot m \cdot \epsilon \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H_0^{3/2}$$

Các công thức (1) và (2) có thể viết dưới dạng lưu lượng Q là hàm số của cột nước hình học H, khi đó ảnh hưởng của cột nước lưu tốc tiến gần được xét trong hệ số lưu lượng m_0 như sau:

$$Q = m_0 \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$

$$Q_n = \sigma_n \cdot m_0 \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2}$$

2.1.2. Đập tràn phím Piano

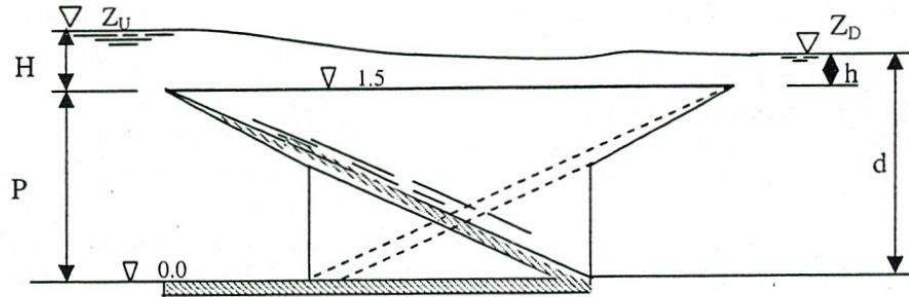
Khác với các loại đập tràn khác, dòng chảy qua đập tràn phím Piano trong trường hợp chảy tự do (mực nước hạ lưu không ngập ngưỡng phím tràn) gồm các dạng chảy thẳng dòng (cho các tuyến tràn tương ứng của đầu, cuối phím) và chảy tràn ngang (các thành bên của phím).

Vì vậy khó có thể xác định một hệ số lưu lượng thông thường chung cho toàn bộ chiều dài tuyến tràn. Giá trị lưu lượng của đập tràn phím Piano trong trường hợp chảy tự do có thể xác định thông qua thí nghiệm mô hình thủy lực.

Khi mực nước hạ lưu cao hơn cao trình ngưỡng phím tràn thì đập tràn ở trạng thái chảy ngập (hình 2). So 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

(4) có bổ sung hệ số hiệu chỉnh σ_n , gọi là hệ số ngập:

$$\sigma_n = \frac{Q_n}{Q} \quad (5)$$



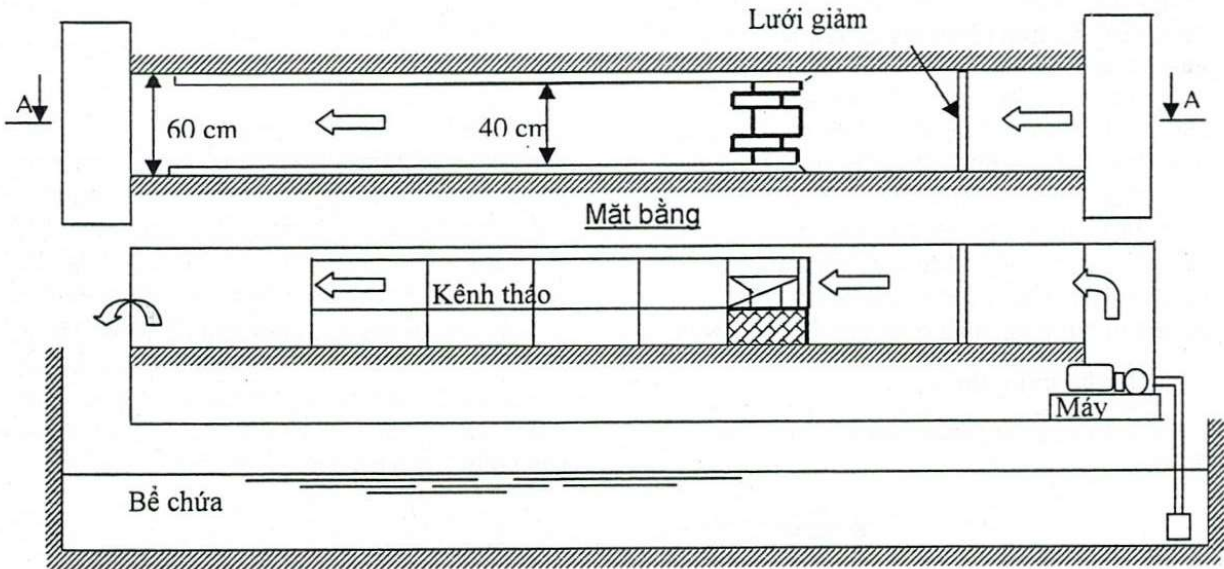
Hình 2

2.2. Mô hình thí nghiệm

Mô hình đập tràn phím Piano bằng kính hữu cơ đặt trong máng kính thí nghiệm dài 34m và rộng 0.6m (hình 3). 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.

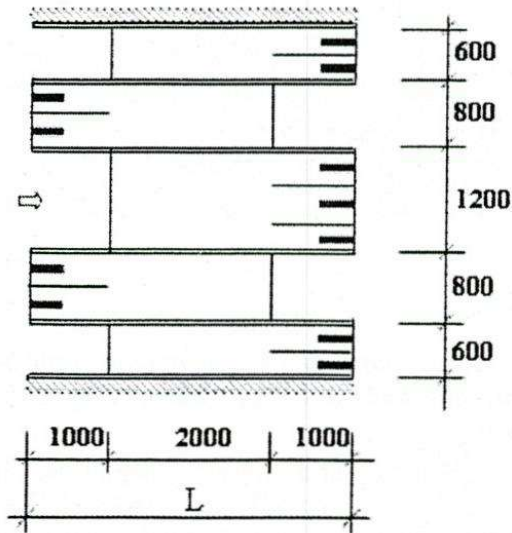
Các mực nước thượng lưu trong máng thí nghiệm và kênh tháo hạ lưu được đo bằng kim đo mực nước. Kim đo này đo cao trình mực nước nhờ nút điều chỉnh và cao độ của mũi kim được xác định nhờ du xích, độ chính xác của kim đo là 0.05mm.



A - A

Hình 3

Mặt bằng đập tràn (hình 4) ở kích thước nguyên hình (đơn vị mm) như sau:



Hình 4

2.3. Quy hoạch và thiết kế thí nghiệm

Tiêu chuẩn tương tự

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. Nếu gọi tỷ lệ hình học là $\lambda_L = L_n/L_m$, tỷ lệ vận tốc là $\lambda_V = V_n/V_m$, tỷ lệ lưu lượng là $\lambda_Q = Q_n/Q_m$ (các chỉ số n và m biểu thị kích thước hình học L, vận tốc V và lưu lượng ở nguyên hình và mô hình). Khi mô hình hóa dòng chảy theo số Froude ta có các biểu thức sau:

Quan hệ của vận tốc dòng chảy trong mô hình và nguyên hình là: $\lambda_V = \sqrt{\lambda_L}$ (5)

Quan hệ của lưu lượng trong mô hình và nguyên hình là: $\lambda_Q = \lambda_L^{2.5}$ (6)

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 có tỷ lệ hình học $\lambda_L = 10$. Tại đầu ngưỡng tràn, ứng với lưu lượng nhỏ nhất $Q_m = 19.5$ l/s, $h = 1.9$ cm, $V_m = 2.56$ m/s, bán kính thủy lực $R_m = 0,018$ ta có:

$$Fr_m = \frac{1,71^2}{9,81 \times 0,018} = 16,6 > 1 \quad \text{và}$$

$$Re_m = \frac{2,56 \times 0,018}{1,01 \times 10^{-6}} = 45726 > 10^{4.5} \\ = 31162$$

Vậy dòng chảy trong mô hình là dòng chảy xiết và chảy rối, đảm bảo điều kiện tương tự như nguyên hình.

Các thông số nghiên cứu và khoảng biến thiên

Các thông số dùng trong nghiên cứu thí nghiệm mô hình nhận được từ kết quả tính toán thủy lực dòng chảy của Rạch Đá Hàng – Huyện Gò Dầu – Tỉnh Tây Ninh. Lưu lượng tháo qua mô hình Q_m được thay đổi từ $Q_m = 19.5 - 64.5$ (lít/s), tương ứng với lưu lượng tháo thực tế là : $Q_n = 6.0 - 20.5$ (m^3/s). Tương ứng với các cấp lưu lượng thí nghiệm như trên, chiều cao cột nước tràn trên mô hình H_m thay đổi trong phạm vi từ (0,019 ~ 0,10) m. Loại đập tràn Piano: thí nghiệm được tiến hành trên mô hình đập tràn phím Piano loại A, chiều cao ngưỡng tràn thực $P_t = 1.5$ (m), với tỷ số $N = \text{tổng chiều dài tường tràn thực} / \text{bề rộng đập tràn thực} = \Sigma L_n/B_n = 20/4 = 5$. Mức nước thượng và hạ lưu của mô hình được đo tại 2 mặt cắt cách đập tràn piano lần lượt là 2m và 6m.

2.4. Kết quả thí nghiệm

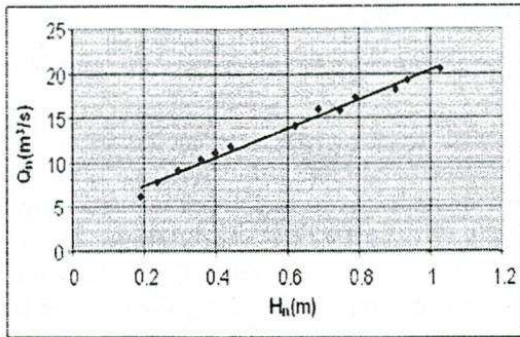
2.4.1. Trạng thái chảy tự do (mức nước hạ lưu thấp hơn cao trình ngưỡng phím tràn - Hình 1)

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% được phân tích như sau:

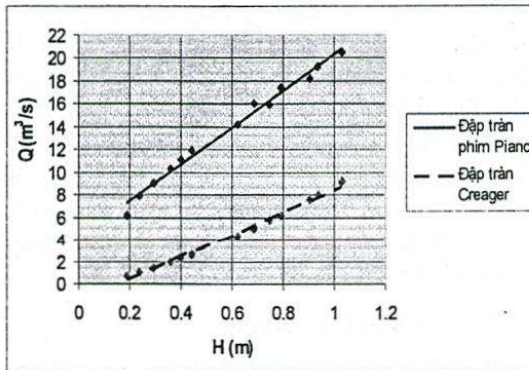
- Đồ thị biểu diễn $Q_n = f(H_n)$ của đập tràn phím piano ngưỡng thấp (Hình 5)

- Cùng chiều rộng tháo nước $B_n = 4m$, cùng giá trị cột nước tràn H thì $Q_{PK} = (3-4)Q_{Creager}$ (Hình 6). Lưu lượng đơn vị ($m^3/s-m$) của đập tràn PK (q_{PK}) lớn hơn lưu lượng đơn vị của đập tràn Creager ($q_{Creager}$) (hình 7). Để tháo được $Q = 12,85$ m^3/s thì cột nước H trước đập tràn piano là 0.55m, hay chiều sâu nước tối đa ở thượng lưu là 2,05m. Giá trị này nhỏ hơn cột nước tối đa là 2,34m theo phương án xây cống điều tiết có tổng chiều rộng tràn 8m (6,4m chiều rộng tràn nước và 1,6m cho 2 trụ van, 2 trụ biên).

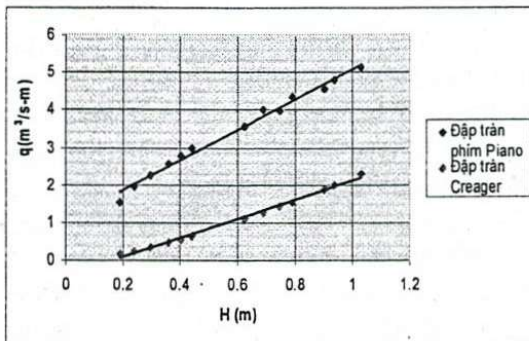
- So sánh với kết quả thí nghiệm [2] cho đập tràn ngưỡng cao thì lưu lượng đơn vị ($m^3/s \cdot m$) của đập tràn PK với $P=1.5m$ ($q_{PK P=1.5m}$), ở cột nước tràn $0.6m$ thì xấp xỉ với lưu lượng đơn vị của đập tràn PKA với $P=5.5m$ ($q_{PKA P=5.5m}$) (Hình 8). Khi cột nước tràn tăng đến $1.0m$ thì $q_{PKA P=5.5m} \approx 1,3 q_{PK P=1.5m}$. Vì vậy, chiều cao đập tràn P có ảnh hưởng đến khả năng tháo của đập tràn phím piano.



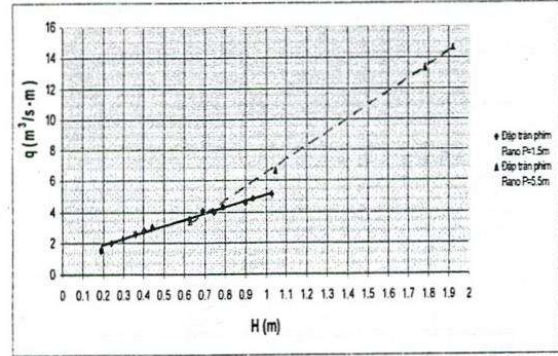
Hình 5



Hình 6



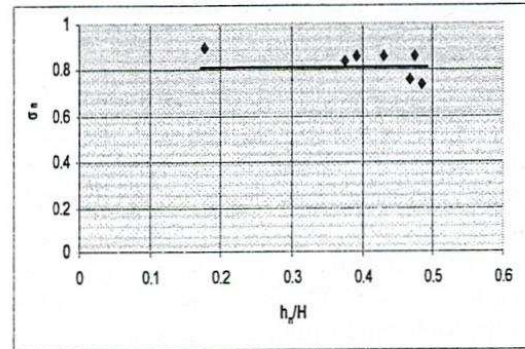
Hình 7



Hình 8

2.4.2. Trạng thái chảy ngập (mực nước hạ lưu bằng hoặc hơn cao trình ngưỡng phím tràn)

Tương tự như trường hợp chảy tự do, các thí nghiệm cho từng tổ hợp mực nước thượng, hạ lưu trong trường hợp chảy ngập cũng được đo 5 lần và kết quả được tổng hợp trong hình 9.



Hình 9

2.4.3. Kiểm tra khả năng tháo vật nổi, rác trôi ở thượng lưu công trình

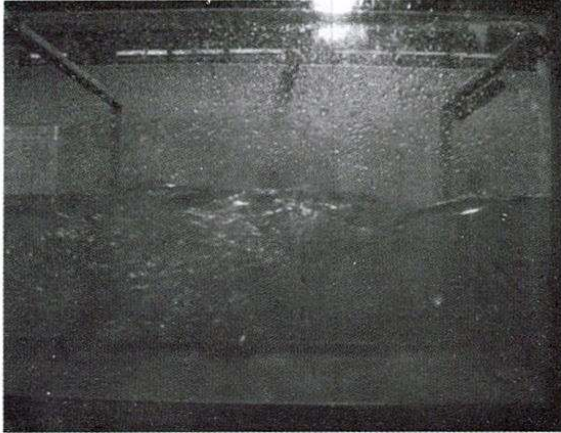
Qua thí nghiệm mô hình ta thấy đập tràn phím piano có khả năng tháo các cây gỗ, rác trôi trên sông. Khi lớp nước tràn thấp rác có khả năng bị giữ lại tại tuyến tràn. Hiện tượng này làm tăng mực nước thượng lưu và rác lại được tháo qua tràn. Đối với vùng có rác là các thân cây to thì cần bố trí lưới chắn giữ chúng lại ở phía thượng lưu để tránh gây tổn hại cho kết cấu đập tràn.

2.4.4. Tiêu năng

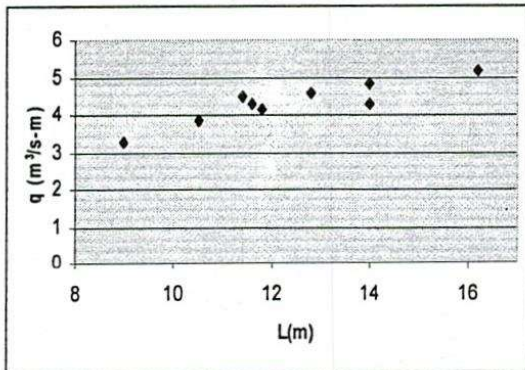
Trên chiều dài tuyến tràn, có thể xem đập tràn phím piano là tổ hợp của nhiều đập tràn thành mỏng và đập tràn đa giác. Rất khó xác định vị trí mặt cắt co hẹp h_c , do dòng chảy xáo trộn khá mạnh tại mặt cắt sau chân đập tràn. Qua thí nghiệm với lưu lượng tháo $q_n = 3,3 \sim$

5,2 l/s-m, $h_n/H = 0,4 \sim 0,5$ đều quan sát thấy xuất hiện nước nhảy đáy có chiều dài đoạn xáo trộn thay đổi trong khoảng (10 ~ 16)m (Hình 11 và 12). Vì vậy, bề tiêu năng là hình thức thích hợp được đề nghị để tính toán tiêu năng cho công trình.

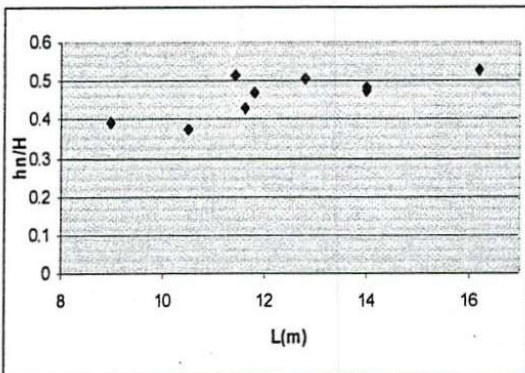
Các nghiên cứu chi tiết hơn về công trình tiêu năng chúng tôi đề nghị sẽ thực hiện trong một đề tài nghiên cứu tiếp theo.



Hình 10



Hình 11



Hình 12

3. KẾT LUẬN

- So sánh lưu lượng đơn vị của hai loại đập tràn này cho thấy khả năng tháo của đập tràn phím piano ngưỡng thấp tốt hơn khả năng tháo của đập tràn Creager truyền thống khi cột nước thấp (H thay đổi từ 0.2m đến 0.5m thì tỉ số $q_{PK} / q_{Creager}$ thay đổi từ 8 đến 5). Tỉ số này xấp xỉ từ 3 đến 2 khi cột nước tràn tăng từ 0.6m đến 1.0m.

- So sánh lưu lượng đơn vị ($m^3/s-m$) của đập tràn phím piano với hai chiều cao đập $P=1.5m$ và $P=5.5m$ cho thấy chiều cao đập tràn P có ảnh hưởng đến khả năng tháo của đập tràn phím piano. Khi cột nước tràn thấp (0.6m) thì $q_{PK P=1.5m} \approx q_{PKA P=5.5m}$. Khi cột nước tràn tăng đến 1.0m thì $q_{PKA P=5.5m} \approx 1,3 q_{PK P=1.5m}$.

- Ở trạng thái chảy ngập, với cùng cột nước tràn H , khả năng tháo của đập tràn phím Piano ngưỡng thấp giảm khoảng 20% so với trạng thái chảy tự do.

- Đập tràn Piano ngưỡng thấp có khả năng tháo được rác.

- Hình thức tiêu năng dòng đáy là thích hợp với chiều dài $l_{bđ} \approx (2-3)L$ (L -xem hình 11)

- Đập tràn Piano ngưỡng thấp với chế độ làm việc tự động tháo nước và lưu lượng tháo tương đương với công điều tiết truyền thống vì vậy nó có thể thay thế vai trò các công điều tiết trên tuyến kênh tưới, tiêu.

- Tiếp tục nghiên cứu theo hướng xem xét ảnh hưởng dạng đầu vào ngưỡng tràn đối với khả năng tháo và xây dựng công thức tính toán lưu lượng tháo.

THE CAPACITY OF THE LOW-HEIGHT PIANO KEY WEIR TYPE A IN DRAINAGE CANAL

Truong Chi Hien, Tran Hieu Thuan
University of Technology, VNU-HCM

ABSTRACT: *The capacity of PK piano weir is 4-5 times higher than conventional weir. This paper describes some hydraulic tests on the low-height P.K. weirs Type A, in order to show that it is possible to build in a drainage canal such a weir, which also improves safety and takes less labor to operate the system. The results of the performed tests can be used in practice as a design hydraulic feature for this weir type (the length of weir, the length of jump). In some cases, an adaptation of these tests could be required.*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. F. Lempérière và A.Ouamane, *A new cost effective solution for most spillways: the piano keys weir*, Hydrocoop France, technical report, 1 – 14 (2003).

[2]. Trương Chí Hiền, Huỳnh Hùng, *Nghiên cứu khả năng tháo nước của đập tràn phím Piano*, Kỷ yếu Hội nghị KH-CN lần thứ IX, Trường Đại học Bách khoa, Phân ban Kỹ thuật xây dựng, 444-449, (2005).