

## ĐẶC TRƯNG HÌNH DẠNG VÀ NỐI TIẾP CỦA DÒNG CHẢY QUA TRÀN PIANO

Đoàn Thị Minh Yên, Lê Văn Nghi

Phòng Thí nghiệm trọng điểm Quốc gia về động lực học sông biển

**Tóm tắt:** Tràn piano (PKW) là hình thức công trình tháo có đường tràn dạng zic zắc, tạo nên các ô đón nước và ô thoát nước tựa phím đàn piano. Dòng chảy trên các phím nước vào và phím nước ra có đặc điểm khác nhau phụ thuộc vào cột nước tràn, làm ảnh hưởng tới khả năng tháo cũng như nối tiếp hạ lưu. Bài báo này trình bày một số đặc trưng thủy động học dòng chảy qua tràn piano bằng nghiên cứu thí nghiệm mô hình vật lý, mô hình toán 3D. Xác định trạng thái chảy đầy/ không đầy phím ra với ranh giới  $H_0/W_0=0,5$ , hình thức nối tiếp hạ lưu dọc theo phím vào là nối tiếp dòng phun, dọc theo phím ra là nối tiếp dòng đáy. Lưu lượng dòng đáy chiếm  $80\% \div 90\%$  tổng lượng dòng chảy qua tràn.

**Từ khóa:** Tràn piano, đặc điểm dòng chảy, mô hình thí nghiệm, mô hình toán 3D.

**Summary:** Piano Key Weir (PKW) was the spillway that had the zigzag crest sharp, creating keys same as keys of the piano. The flow on inlet and outlet keys had different characteristic depending on water head, which affects the discharge capacity of PKW and downstream flow. This paper presents characteristics of flow on the PKW from the results of the physical experimental model and 3D numerical model. Accordingly, analyzing, defining the full regime and incomplete regime of outlet key with the boundary value was  $H_0/W_0=0.5$ . The downstream flow form along the input key is falling flow, along the output key is the bottom flow. The bottom flow rate accounts for  $80\% \div 90\%$  of the total flow of the PKW.

**Keywords:** Piano key weir, characteristic flow, physical experimental model, 3D numerical model.

### 1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tràn piano là hình thức công trình tháo ngày càng được nghiên cứu, ứng dụng trên thế giới và ở Việt nam. Với đường tràn hình zic zắc, đáy các phím có độ dốc, tường thượng lưu, hạ lưu tràn có mái nghiêng tạo nên các hốc phím, giúp thu nhỏ chân tràn còn 2/3 so chiều dài đỉnh, tràn piano không chỉ làm tăng khả năng tháo tới 5 lần so tràn truyền thống mà còn dễ dàng xây dựng trong điều kiện địa hình chật hẹp.

Đến nay đã có nhiều thành tựu đáng kể về xác định ảnh hưởng của các đặc trưng hình học tới

khả năng tháo qua tràn piano như các nghiên cứu của F. Lempérière và cs (2003-2011), A.Noui & A.Ouamane (2011), G.M.Cicero & J.R.Delisle (2013), S. Erpicum và cs (2014). Từ các nghiên cứu đó cho thấy, tràn có khả năng tháo tối ưu và hài hòa về kinh tế khi mặt cắt hình dạng tràn có tỷ lệ kích thước hình học trong phạm vi (gọi là mặt cắt tiêu chuẩn): tỷ lệ chiều dài tràn/chiều rộng tràn từ 4 tới 6 ( $N=L/W=4 \div 6$ ); tỷ lệ chiều rộng phím nước vào/phím nước ra từ 1,2 đến 1,5 ( $W_i/W_o=1,2 \div 1,5$ ); tỷ lệ giữa chiều cao tràn và chiều rộng đơn vị phím  $P/W_u=0,5 \div 1,3$ ; độ dốc đáy phím vào  $S_1=0,4 \div 0,8$ .

Tuy nhiên hầu như chưa có nghiên cứu nào đề cập tới các vấn đề đặc trưng thủy động học của

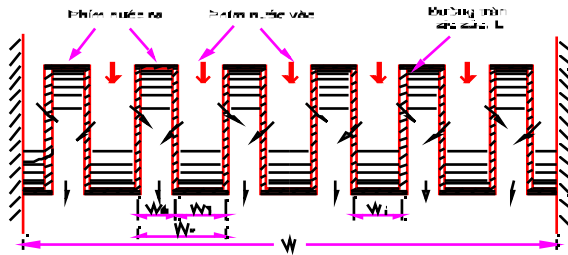
Ngày nhận bài: 24/10/2017

Ngày thông qua phản biện: 10/01/2018

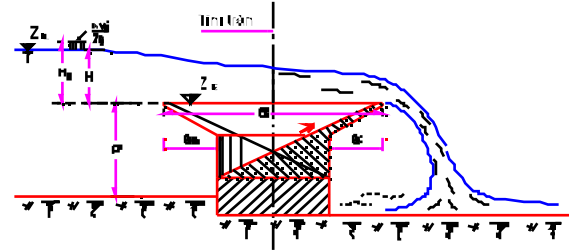
Ngày duyệt đăng: 08/02/2018

dòng chảy nội tràn cũng như xem xét chúng trên cơ sở khoa học để luận giải về ảnh hưởng tới khả năng tháo.

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xác định các đặc trưng thủy động lực dòng chảy qua tràn piano và nối tiếp hạ lưu từ kết



Cấu tạo mặt bằng tràn Piano



Cắt ngang tràn chảy tự do, loại A.

Hình 1 : Chi tiết cấu tạo tràn

Trong đó:

- $Z_{TL}$  (m): Cao trình mực nước thượng lưu;  $Z_{ng}$  (m): Cao trình đỉnh ngưỡng tràn;
- $H$  (m): Cột nước tràn;  $H_0$  (m): Cột nước tràn tự do có kể tới lưu tốc tới gần;
- $Q$  ( $m^3/s$ ): Lưu lượng tháo qua tràn;  $q$  ( $m^3/s.m$ ): Lưu lượng đơn vị;
- $P$  (m): Chiều cao tràn;
- $W_u$  (m): Chiều rộng 1 đơn vị tràn (đơn phím),  $W_u = W_i + W_o$  (m)
- $W_i$  (m): Chiều rộng phím nước vào;  $W_o$  (m): Chiều rộng phím nước ra;
- $B$  (m): Chiều dài phím;  $B_i$  (m): Chiều dài hốc

- phím nước ra;  $B_o$  (m): Chiều dài hốc phím nước ra;
- $L_u$  (m): Chiều dài đường tràn zig zắc,  $L = W + n.2B$  (m);
- $N$ : Hệ số chiều dài đường tràn, bằng tỷ lệ giữa chiều dài tràn và chiều rộng tràn,  $N = L/W$ ;

## 2. PHẠM VI, PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng, phạm vi nghiên cứu

Từ các kết quả nghiên cứu đã có về ảnh hưởng của đặc trưng hình học của tràn piano, trong nghiên cứu này, tác giả xây dựng mô hình tràn piano có mặt cắt tiêu chuẩn, tỷ lệ kích thước hình dạng nằm trong phạm vi tối ưu về khả năng tháo và kinh tế, cụ thể:

$$N = L/W = 5$$

$$W_i/W_o = 1,3$$

$$B_i/B_o = 1,0$$

$$H/P = 0,2 \div 2,1$$

$$P/W_u = 0,5 \div 1,1$$

$$P_o/P_i = 1,0$$

$$S_i = S_o = 0,6$$

$$H/W_o = 0,3 \div 2,1$$

Nghiên cứu lát cắt dòng chảy qua tràn piano gồm 2 đơn phím, 2 phím nước vào và 2 phím nước ra tương đương công trình thực tế dài 10m, rộng 10m. Kênh thượng lưu dài 60m, kênh hạ lưu dài 40m, đảm bảo dòng chảy qua khu vực công trình không bị ảnh hưởng bởi

biên cửa vào và cửa ra khi mô phỏng trên mô hình vật lý và mô hình toán.

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu sử dụng kết hợp 2 phương pháp là mô hình vật lý và mô hình toán 3D.

### a. Mô hình vật lý mặt cắt

Mô hình được thiết kế trên máng kính rộng 0,5m, dài 22m, cao 1,0m. Đầu mỗi piano chế tạo bằng kính hữu cơ; Kênh dẫn thượng, hạ lưu xây dựng bằng vữa xi măng trát phẳng. Đảm bảo sai số về chế tạo máng kính là  $\pm 2\text{mm}$ ; gia công chế tạo lắp đặt đầu mỗi là  $\pm 0.3\text{mm}$ ; cao trình đáy kênh là  $\pm 2\text{mm}$ ; Tỷ lệ mô hình  $\lambda_f = 20$ .

Dòng chảy qua tràn chịu tác dụng chủ yếu của trọng lực, tương tự theo tiêu chuẩn tiêu chuẩn trọng lực (Froude=idem). Số Reynolds (Re) đạt  $R_{em} = 34500 > R_{egh} = 5000$  thỏa mãn điều kiện dòng chảy làm việc trong khu tự động mô hình. Ngoài ra để đảm bảo dòng chảy trên mô hình không bị ảnh hưởng bởi sức căng mặt ngoài, giá trị cột nước thượng lưu nhỏ nhất thí

NGHIỆM là  $H_{min} = 0,03\text{m}$ ;

Thiết bị đo đạc các thông số trên mô hình:

Thông số mực nước xác định bằng kim đo mực nước cố định đọc chính xác tới 0,1 mm và máy thủy bình Ni04 sai số không vượt quá 0,5mm.

Xác định giá trị lưu tốc trung bình thời gian bằng đầu đo điện tử PEMS, E40 do Hà Lan chế tạo; dải đo từ 0,05m/s đến 5,0m/s, sai số của thiết bị đo là 1%.

Lưu lượng tháo vào mô hình được xác định bằng máng lường hình chữ nhật có lắp đập tràn thành mỏng và tính toán bằng công thức Rebeck, sai số nhỏ hơn 1%.



Hình 2 : Mô hình thí nghiệm trong máng kính

### 2.3. Mô hình toán 3D

Nghiên cứu sử dụng mô hình toán 3D (Flow 3D) nhằm mô phỏng xác định xu hướng, phân bố lưu hướng, lưu tốc dòng chảy, đặc trưng nổi tiếp dòng chảy nội tại tràn và kênh hạ lưu, bổ sung hỗ trợ chi tiết cho kết quả thí nghiệm từ mô hình vật lý. Đây là công cụ ngày càng được sử dụng nhiều trong mô phỏng thủy lực công trình, được phát triển bởi công ty Flow Science, Inc, Mỹ, sử dụng kỹ thuật thể tích khối để giải hệ phương trình Navier-Stokes.

Mô phỏng 1 lát cắt dòng chảy tương tự như mô hình vật lý, tương đương công trình thực tế tràn piano có bề rộng 10m, cao  $P=3,6\text{m}$ ; chiều rộng đơn phím  $W_u=4,7\text{m}$ ; chiều dài phím  $B=10\text{m}$ ; thành phím dày 0,3m;

Miền tính toán được chia lưới với các phân tử là các khối hình hộp chữ nhật xác định bởi lưới vuông 3 chiều. Toàn miền chia làm 5 khu vực có kích thước lưới khác nhau. Khu vực công trình và lân cận có kích thước lưới nhỏ hơn khu vực kênh.

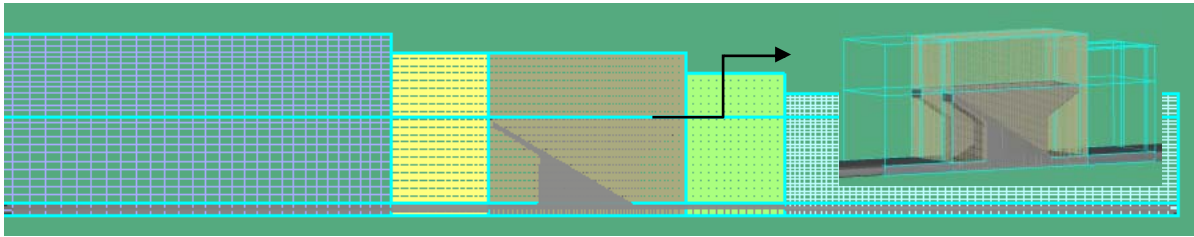
Bước lưới được chọn là ước số của các kích thước hình học của công trình, ký hiệu theo 3 chiều tương ứng là  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta z$ , cụ thể, (Hình 3):

- Kênh thượng lưu:  $\Delta x = 1,0 \div 0,5\text{m}$ ;  $\Delta y = 0,5\text{m}$ ;  $\Delta z = 0,3\text{m}$ ;
- Sân thượng lưu tràn:  $\Delta x = 0,25 \div 0,1\text{m}$ ;  $\Delta y = 0,1\text{m}$ ;  $\Delta z = 0,1\text{m}$ ;
- Tràn piano:  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0,1\text{m}$ ;
- Sân hạ lưu tràn:  $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0,05 \div 0,1\text{m}$ ;

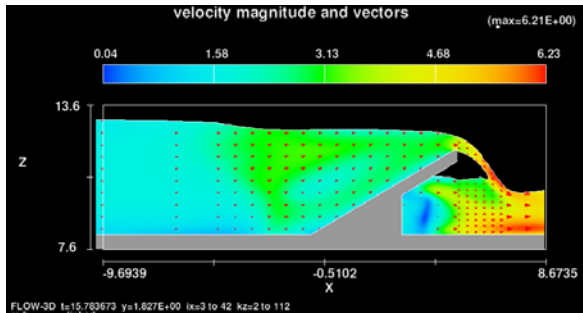
- Kênh xả hạ lưu:  $\Delta x=0,25\div 0,5m$ ;  $\Delta y=0,2m$ ;  $\Delta z=0,2m$ ;

Sau khi xây dựng, mô hình được kiểm nghiệm và hiệu chỉnh với mô hình vật lý cho trường hợp cột nước tràn nhỏ  $H/P=0,4$ . Kết quả cho thấy hình dạng đường mặt nước, luồng nước rơi, cao trình mực nước, phân bố lưu tốc, giá

trị lưu tốc của dòng chảy phù hợp với quy luật thủy lực và kết quả thí nghiệm (Hình 4). Do đó, mô hình toán 3D là đủ độ tin cậy để mô phỏng, đánh giá các đặc trưng thủy động lực dòng chảy qua tràn piano khi thay đổi mực nước thượng, hạ lưu.



Hình 3 : Phạm vi mô phỏng, miền lưới tính toán



Hình 4 : Kết quả kiểm nghiệm, hiệu chỉnh mô hình trường hợp  $H/P=0,4$

Giá trị lưu tốc trung bình mặt cắt của dòng chảy dọc phím vào:

	Mô hình 3D	Mô hình vật lý
- Đầu tràn:	$V=2,50m/s$	$V=2,37m/s$
- Giữa tràn:	$V=3,30m/s$	$V=3,23m/s$
- Cuối tràn (đầu luồng nước rơi):	$V=5,33m/s$	$V=5,77m/s$

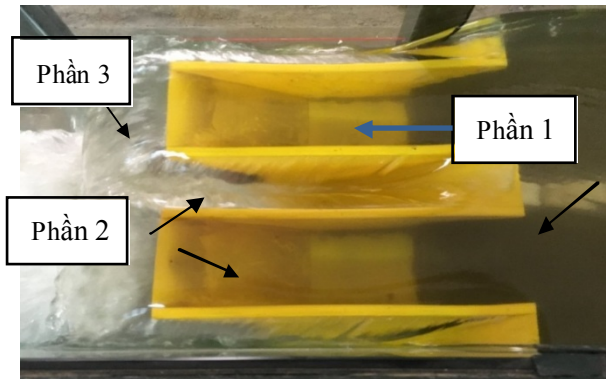
### 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU ĐẶC TRƯNG THỦY ĐỘNG LỰC HỌC DÒNG CHẢY VÀ NỐI TIẾP HẠ LƯU QUA TRÀN PIANO

Dòng chảy qua tràn piano gồm 3 thành phần: phần 1 qua tường thượng lưu; phần 2 qua thành bên của phím và phần 3 qua tường hạ lưu, (Hình 5).

Khi cột nước tràn thấp, dòng chảy bám theo

toàn đường tràn khúc khuỷu, tràn piano làm việc như tràn thành mỏng có chiều dài thoát nước theo hình zic zắc.

Khi cột nước tăng, dòng thoát dần bị giới hạn bởi phím ra, làm dòng chảy trên tràn piano thay đổi qua nhiều trạng thái.



Hình 5 Các thành phần dòng chảy qua tràn

### 3.1. Dòng chảy trên phím nước vào

Trên phím nước vào, hình dạng đường mặt nước thay đổi khi tăng dần cột nước thượng lưu, phụ thuộc vào lượng dòng đổ xuống phím ra, biểu thị bởi đại lượng không thứ nguyên  $H_0/W_0$ . Kết quả thí nghiệm cho thấy:

❖ Hình dạng làn nước trên tràn:

Khi cột nước tràn nhỏ ( $H_0/W_0 < 0,5$ ), đường mặt nước trên phím nước vào khá phẳng, dạng nằm ngang (Hình 6, a). Khi tăng cột nước tràn đến  $H_0/W_0 \leq 1,8$ , dòng chảy có dạng vồng lên ở cuối phím. Đường mặt nước dọc phím nước vào có dạng lượn sóng, co hẹp ở khu vực giữa

trần theo chiều dòng chảy. Mức độ lượn sóng giảm khi mực nước hạ lưu tăng. Vị trí co hẹp dịch chuyển dần về hạ lưu khi cột nước qua tràn tăng (Hình 6, b,c).

Tiếp tục tăng cột nước thượng lưu ( $H_0/W_0 > 1,8$ ), dòng chảy trên mặt cắt ngang các phím tương đối đều nhau, không có sự khác nhau rõ rệt giữa phím ra và phím vào, đường mặt nước trên phím nước vào dạng đường nước đổ, thấp dần về hạ lưu (Hình 6, d), (Hình 7).

❖ Lưu hướng và phân bố lưu tốc:

Trên phím nước vào, khi tăng mực nước thượng lưu, lưu hướng của dòng chảy thay đổi không đáng kể. Lưu hướng dòng đáy song song với phương đáy phím, độ dốc của lưu hướng giảm dần khi dòng lên mặt, lưu hướng dòng mặt có hướng tương tự đường mặt nước.

Giá trị lưu tốc dòng chảy nhỏ ở dòng đáy và tăng dần lên mặt. Lưu tốc ở luồng nước hạ lưu phím vào đổ xuống hạ lưu là lớn nhất (Hình 8).



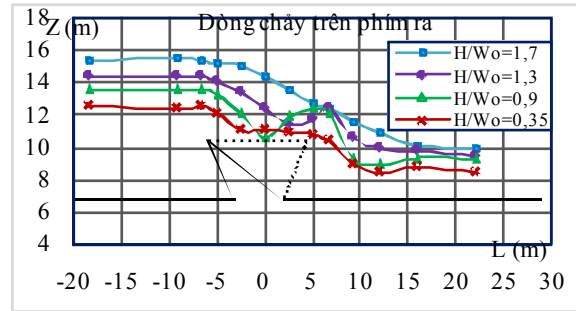
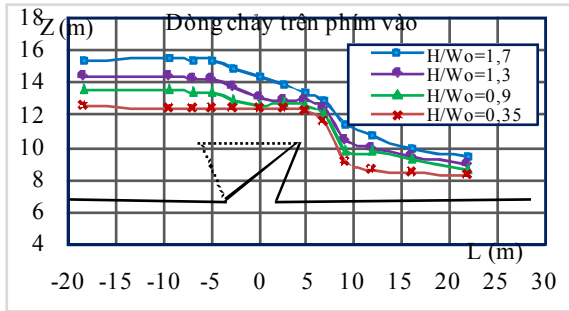
a.Cột nước tràn thấp ( $H_0/W_0=0.4$ ) b.Cột nước tràn trung bình ( $H_0/W_0=0.8$ )



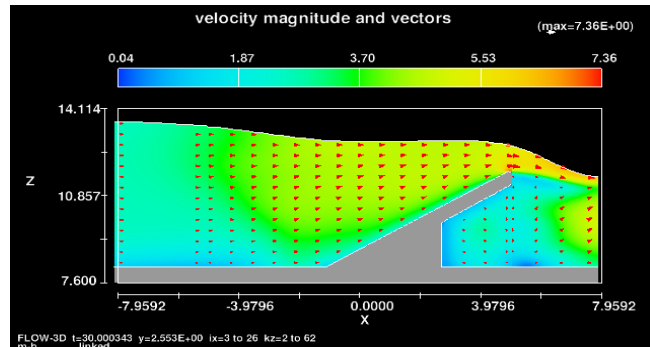
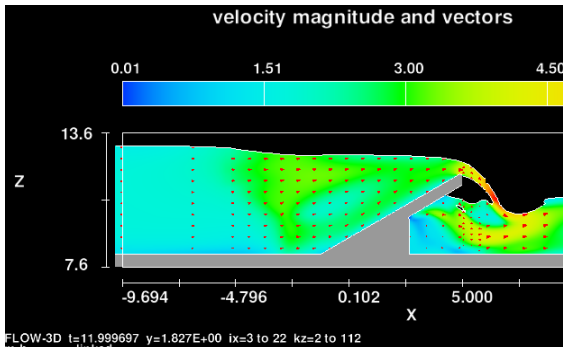
c.Cột nước tràn khá lớn ( $H_0/W_0=1.5$ )

d.Cột nước tràn lớn ( $H_0/W_0=1.9$ )

Hình 6 : Quá trình thay đổi hình dạng đường mặt nước dọc phím nước vào khi tăng  $H$



Hình 7 : Đường mặt nước dọc công trình khi tăng cột nước tràn



Hình 8 : Lưu hướng dòng chảy và phân bố lưu tốc trên phím vào khi tăng cột nước tràn

**3.2. Dòng chảy trên phím nước ra – trạng thái “chảy không đầy/đầy phím”**

Dòng chảy trên phím nước ra bao gồm dòng qua tường thượng lưu và dòng qua thành bên, chiếm phần lớn (từ 80% đến 90%) tổng lượng dòng chảy qua tràn.

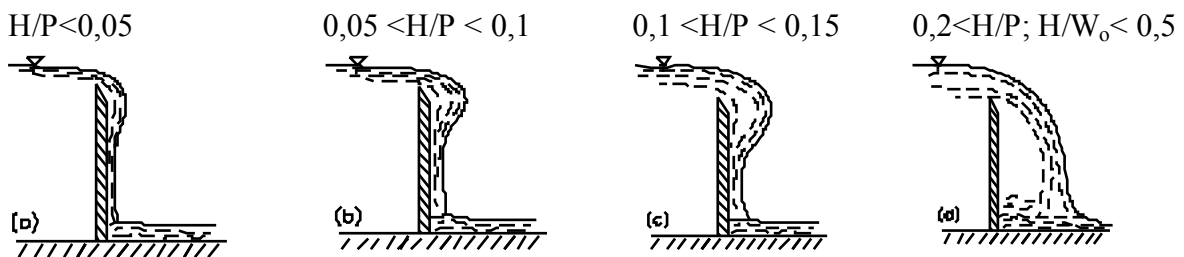
❖ Hình dạng dòng chảy:

+ Hình dạng làn nước qua tường thượng lưu đổ xuống phím nước ra tương tự như dòng chảy trên dốc có độ dốc lớn, không bị ảnh hưởng nhiều khi thay đổi mực nước thượng lưu.

+ Dòng chảy qua tường bên gồm 2 làn nước

đối xứng nhau cùng đổ xuống phím ra, hình dạng dòng chảy bị giới hạn bởi chiều rộng phím nước ra, tạo nên các trạng thái chảy khác nhau, (Hình 10).

Khi cột nước tràn nhỏ ( $H_0/W_0 < 0,5$ ), dòng chảy có dạng từ chảy ép sát sang chảy tự do, phương dòng chảy vuông góc với thành bên, làn nước qua hai thành bên giao nhau, điểm giao thoa thấp hơn đỉnh tràn, hình dạng dòng chảy ổn định, đây gọi là trạng thái “chảy không đầy phím ra”. Dòng chảy qua mỗi đơn vị chiều dài tràn như chảy tự do qua đập tràn thành mỏng (3.2. Hình 9).



Hình 9 : Hình dạng làn nước qua tràn piano khi cột nước tràn nhỏ

Khi cột nước thượng lưu tăng dần ( $H_0/W_0 > 0,5$ ), điểm giao thoa của 2 làn nước này dần nâng lên, cao hơn đỉnh tràn, lúc này hình dạng làn nước qua thành bên bắt đầu thay đổi, dòng chảy qua thành bên là chảy ngập, đây gọi là *trạng thái “chảy đầy phím ra”*. Vị trí giao thoa bắt đầu tại khu vực cuối phím và phát triển dần về thượng lưu. Tại vị trí dòng giao thoa, đường mặt nước trên phím ra vồng lên, cao hơn ngưỡng tràn, ảnh hưởng tăng mực nước trên phím vào, tăng mực nước thượng lưu, (3.1. Hình 7). Hệ số khả năng tháo của tràn bắt đầu thay đổi giảm.

Tiếp tục tăng cột nước tràn ( $H/W_0 > 1,8$ ), toàn bộ khối nước phủ trùm lên các phím tràn, đường mặt nước ngang trên phím nước ra và phím nước vào tương tự nhau và thấp dần từ thượng lưu, toàn bộ bó dòng trên phím ra có phương dần song song với thành bên, tràn piano làm việc như tràn thực dụng có chiều rộng tràn nước bằng tổng chiều rộng các phím,  $W$ .

❖ Lưu hướng và phân bố lưu tốc:

- Với dòng chảy trên tường bên: Khi  $H$  nhỏ, giá trị lưu tốc ở khu vực 1/3 đầu phím lớn hơn vùng cuối phím, lưu hướng vuông góc với thành bên. Khi  $H$  lớn ( $H/W_0 > 0,5$ ), vùng có giá trị lưu tốc lớn dịch chuyển dần về hạ lưu, tương ứng với khu vực hình dạng dòng chảy có sóng lồi. Tiếp tục tăng cột nước  $H$  ( $H/W_0 > 1,8$ ), giá trị lưu tốc phân bố tăng dần

về cuối phím, lưu hướng chuyển dần từ phương vuông góc sang phương xiên và dần song song với thành bên của phím, phần dòng chảy có lưu tốc lớn nhất phóng thẳng xuống đầu kênh hạ lưu, cùng với dòng chảy từ cuối phím vào tạo thành dòng xoắn ngang, ngược vào chân công trình (Hình 11).

- Trên phím ra, lưu hướng dòng chảy trên phím ra song song với phương đáy phím, giá trị lưu tốc ở vùng 2/3 đầu phím lớn hơn vùng 1/3 cuối phím, tạo thành dòng đáy có lưu tốc lớn ở đầu kênh hạ lưu. (Hình 11).

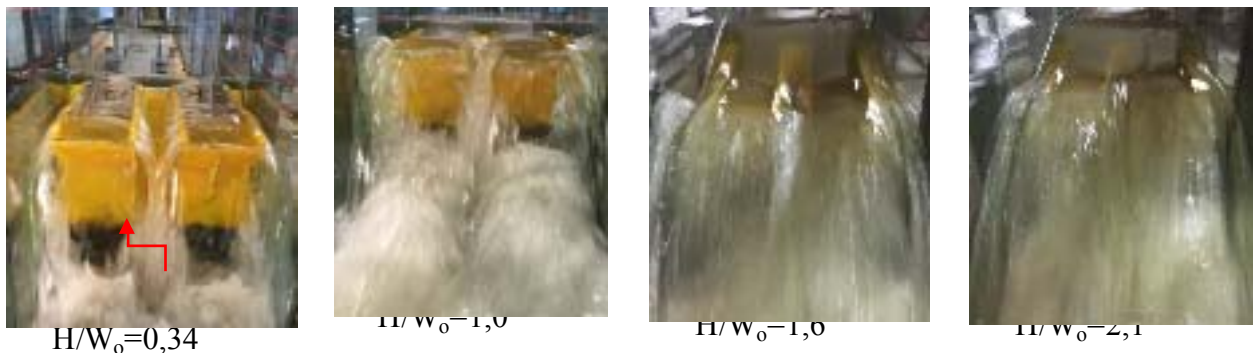
Ở đây, sẽ không xuất hiện khả năng tràn làm việc như tràn đỉnh rộng bởi không thể thỏa mãn được điều kiện tỷ lệ chiều dài ngưỡng tràn và cột nước  $B/H = 3 \div 8$ .

Như vậy, từ đặc trưng thủy động học dòng chảy qua tràn piano cho thấy:

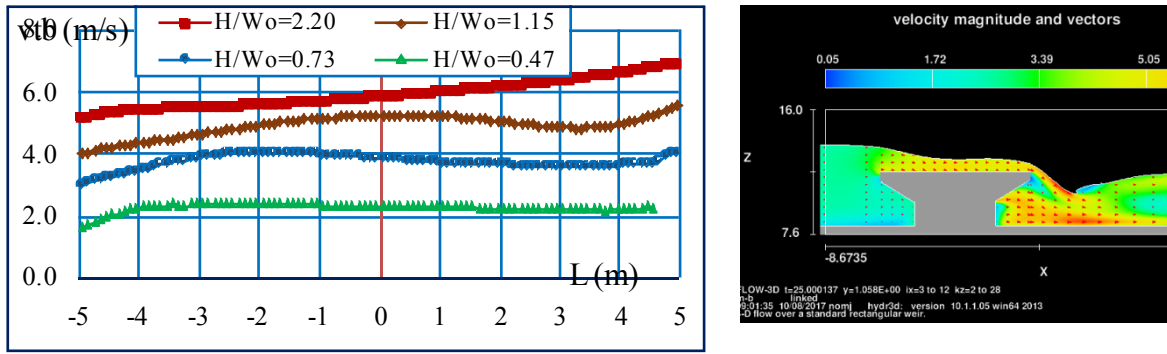
Khi cột nước tràn nhỏ, tỷ lệ tháo xét trên toàn đường tràn zic zắc là tương tự nhau, tức lưu lượng qua tràn xác định theo công thức:  

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

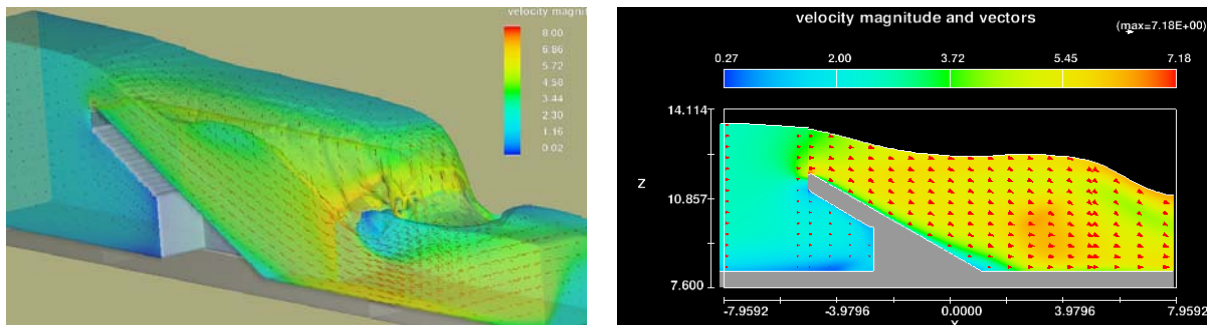
Với phạm vi cột nước thấp, tức  $H_0 < 0,5W_0$  trong khi  $L = (4 \div 6)W = (8 \div 15)\Sigma W_0$ , do đó yếu tố ảnh hưởng lớn tới lưu lượng qua tràn là thông số  $L$  hay với các tràn piano có hình thức, cấu tạo khác nhau, khả năng tháo qua tràn sẽ khác nhau đáng kể.



Hình 10 : Dòng chảy trên phím ra ứng với từng trường hợp cột nước thượng lưu



Hình 11 : Phân bố giá trị lưu tốc trung bình mặt cắt dọc theo tường bên khi tăng H



Hình 12 : Lưu hướng dòng chảy và phân bố lưu tốc trên phím ra khi tăng cột nước tràn

Khi cột nước lớn, theo phương vuông góc với dòng chảy, đường mặt nước trên toàn mặt ngang các phím là tương tự nhau. Theo phương dọc dòng chảy, đường mặt nước đồng nhất, hạ thấp dần từ thượng lưu về hạ lưu, tràn piano làm việc như tràn thực dụng, khả năng tháo qua tràn được xác định với chiều dài thoát nước  $B=W=\sum(W_i+W_o)=(2,2\div 2,5)\sum W_o$ . Nghĩa là sự ảnh hưởng tới Q của W so với H là không đáng kể, hay khả năng tháo của các tràn piano cấu tạo khác nhau là không đáng kể.

**3.3. Nối tiếp dòng chảy ở hạ lưu**

Đặc điểm dòng chảy và hình thức nối tiếp hạ lưu tràn piano không chỉ phụ thuộc vào mực nước hạ lưu mà còn phụ thuộc bố dòng ra khỏi các phím. Dọc theo phím vào và phím ra, hình thức nối tiếp hạ lưu là khác nhau.

+ Khi tràn piano là đập dâng trên sông có mực nước hạ lưu thấp hoặc tràn piano đặt trên đỉnh tràn thực dụng, dòng chảy cuối phím nước vào dạng dòng phun rơi xuống hạ lưu va chạm với dòng đáy từ phím nước ra, tạo thành dòng xiết

trên kênh hạ lưu hoặc ở trên mái hạ lưu đập, đặc điểm dòng chảy và nối tiếp hạ lưu tương tự như tràn truyền thống.

+ Khi mực nước hạ lưu cao hơn chân phím nước ra tạo thành lớp nước đệm sau tràn, nối tiếp hạ lưu tràn là nước nhảy ngập hoặc nước nhảy phóng xa.

- Từ vị trí dòng rơi giao với lớp nước hạ lưu (vị trí co hẹp dòng chảy) về kênh hạ xả hạ lưu, đặc trưng dòng chảy của nối tiếp nhảy ngập hoặc nhảy phóng xa tương tự như tràn truyền thống.

- Từ vị trí co hẹp về chân tràn: đây luôn là khu vực có nước nhảy xáo trộn. Dọc theo hạ lưu phím nước vào và phím nước ra, hình thức nối tiếp dòng chảy là khác nhau.

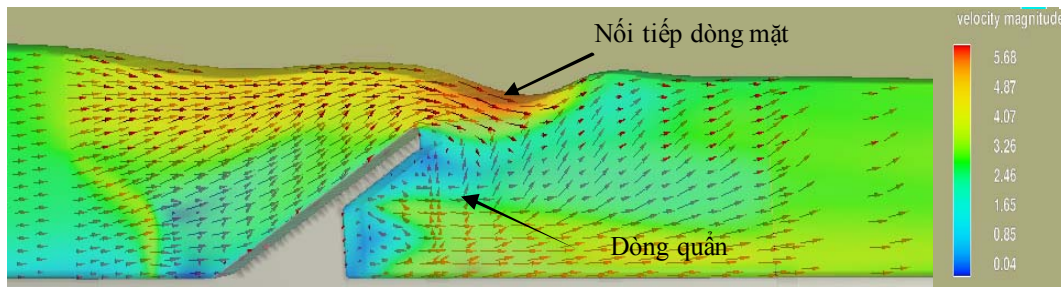
Dòng chảy cuối phím vào nối tiếp hạ lưu dạng dòng phun. Một phần bố dòng phía trên luồng phun nối tiếp hạ lưu bằng dòng mặt, một phần bố dòng phía dưới luồng phun tạo dòng quẩn ngược ở dưới gầm phím, cùng với dòng chảy từ cuối tường bên đổ xuống tạo nên xoáy cuộn ở chân công trình (Hình 12, Hình 14).



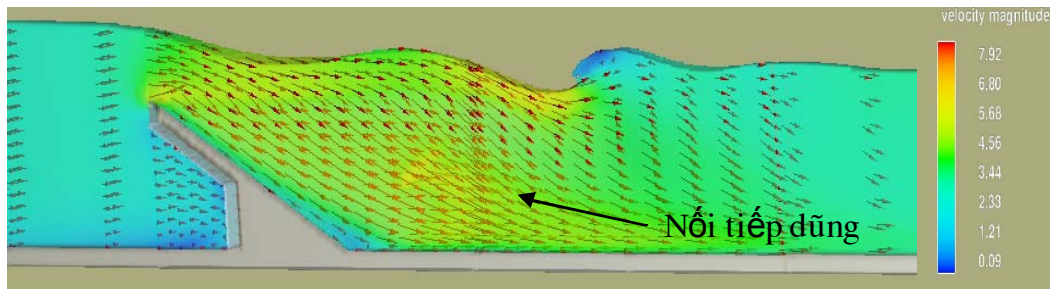
Sau phím nước ra, nối tiếp hạ lưu bằng dòng đáy, tương tự dòng chảy trên dốc có độ dốc lớn (Hình 13).

Chiều dài tràn nước của tường thượng lưu và 2 thành bên gấp khoảng 6÷10 lần chiều dài tràn nước của tường hạ lưu (cuối phím vào). Nếu coi tỷ lưu tháo qua các phần là tương tự nhau

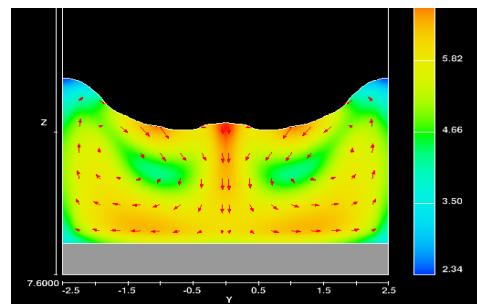
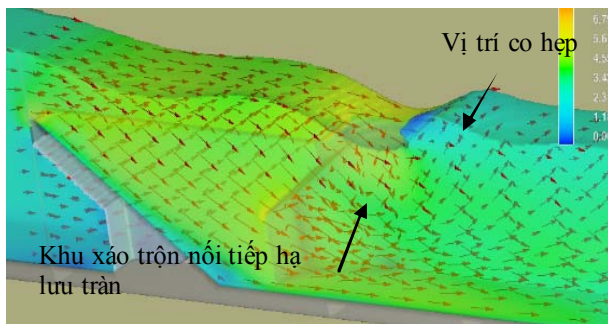
thì lưu lượng trên phím nước ra bằng khoảng 80%÷90% tổng lưu lượng tháo qua toàn bộ tràn, tức dạng nối tiếp chảy đáy chiếm phần lớn ở hạ lưu tràn. Do đó, hạ lưu tràn, giá trị lưu tốc dòng đáy dọc theo phím ra lớn hơn dọc theo phím vào (Hình 14).



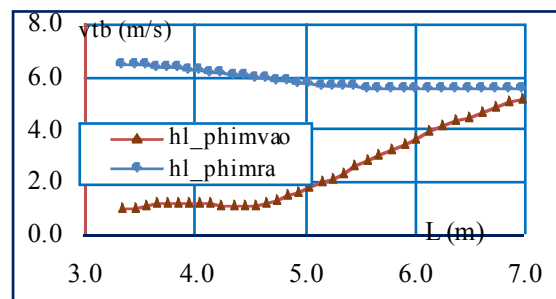
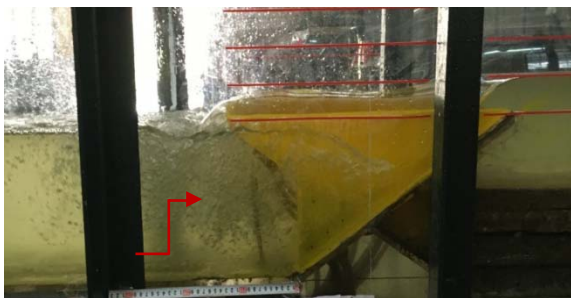
Hình 13 : Nối tiếp hạ lưu phím nước vào



Hình 14 : Nối tiếp hạ lưu phím nước ra



Hình ảnh dòng quân sau tràn nhìn từ hạ lưu



Hình 15 : Kết quả thí nghiệm mô hình vật lý và mô hình toán – vùng xoáy trộn, phân bố lưu tốc dọc theo các phím nối tiếp hạ lưu tràn P=3,6m

#### 4. KẾT LUẬN

- Nghiên cứu đã trình bày các đặc trưng thủy động lực học của dòng chảy qua tràn và nối tiếp hạ lưu. Các đặc trưng của dòng chảy trên phím nước vào, phím nước ra và ở hạ lưu dọc theo các phím này là khác nhau, không chỉ phụ thuộc vào cột nước tràn mà còn phụ thuộc rất nhiều vào phạm vi (chiều rộng) của phím nước ra.

- Đã xác định, phân vùng chế độ “chảy không đầy phím ra” và “chảy đầy phím ra” theo đại lượng không thứ nguyên  $H_0/W_0$  với giá trị ranh giới  $H_0/W_0 = 0,5$ . Khi  $H_0/W_0 > 0,5$ , dòng chảy qua thành bên bắt đầu bị ảnh hưởng hạn chế bởi phím nước ra, hình dạng đường mặt nước, phân bố lưu tốc trên các phím tràn bắt

đầu thay đổi, dòng chảy qua thành bên chảy ngập, làm giảm khả năng tháo qua tràn piano. Đây cũng là cơ sở để thiết lập công thức xác định khả năng tháo qua tràn piano (chi tiết trình bày trong [4]);

- Nối tiếp hạ lưu tràn piano gồm 2 chế độ nối tiếp dòng phun (dòng mặt) và nối tiếp dòng đáy. Dòng chảy từ cuối phím vào gồm một phần nối tiếp hạ lưu bằng dòng mặt, một phần sinh dòng quán vào chân công trình. Dòng chảy từ phím ra nối tiếp hạ lưu bằng dòng đáy tương tự như tràn truyền thống. Lượng dòng chảy nối tiếp dòng đáy chiếm phần lớn (từ 80%÷90%) tổng lượng dòng chảy qua tràn piano.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

##### Tiếng Việt

- [1]. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2011), *Tiêu chuẩn thiết kế tràn phím đàn Piano áp dụng cho công trình đập dâng Văn Phong*.
- [2]. Nguyễn Cảnh Cầm và nnk (2006), *Giáo trình thủy lực*, Nhà xuất bản Nông Nghiệp, Hà Nội
- [3]. Lê Văn Nghị, Đoàn Thị Minh Yên (2014), “*Xác định ảnh hưởng của độ ngập, co hẹp bên tới khả năng tháo của tràn Piano bằng nghiên cứu thực nghiệm*”, Tạp chí Khoa học và công nghệ thủy lợi, Hà Nội;
- [4]. Đoàn Thị Minh Yên, Lê Văn Nghị (2016), “*Khả năng tháo qua tràn Piano loại A chảy tự do*”, Tuyển tập khoa học công nghệ Viện KH Thủy lợi Việt Nam năm 2016, Hà Nội.

##### Tiếng Anh

- [5]. S.Erpicum, P.Archambeau, M.Pirotton, and B.J.Dewals, (2014). “Geometric parameters influence on Piano Key Weir hydraulic performances”. 5th IAHR International Symposium on Hydraulic Structures, Brisbane, Australia, (1-8). 25-27 June 2014.
- [6]. Lempérière.F, Vigny.J.P & Ouamane.A (2011). “General comments on Labyrinths and Piano Key Weirs: The past and present”, Labyrinth and Piano Key Weirs – PKW 2011, Published by CRC Press, London, ISBN 978-0-415-68282-4 , pp.17-24;
- [7]. A.Noui & A. Ouamane (2011), “*Study of optimization of the Piano Key Weir*”, Labyrinth and Piano Key Weirs – PKW 2011, Published by CRC Press, London, ISBN 978-0-415-68282-4, pp.175-182;
- [8]. O.Machiels, S.Erpicum, P.Archambeau, B. Dewals & M.Pirotton (2011), “*Influence of the Piano Key Weir height on its discharge capacity*”, Labyrinth and Piano Key Weirs – PKW 2011, Published by CRC Press, London, ISBN 978-0-415-68282-4 , pp.59-66;
- [9]. Pralong.J, Montarros.F, Blancher.B & Laugier.F (2011). “A sensitivity analysis of Piano Key Weirs geometrical parameters based on 3D numerical modeling”, Labyrinth and Piano Key Weirs – PKW 2011, Published by CRC Press, London, ISBN 978-0-415-68282-4 , pp.133-139.