

DÒNG CHẢY QUA ĐẬP TRẦN XIÊN GÓC

NGUYỄN BÁ TUYÊN

Học viên cao học ngành Kỹ thuật Bờ biển tại TU Delft, Hà Lan
(Đại học công nghệ Delft - Khoa Xây dựng Dân dụng và Địa kỹ thuật - Bộ môn Thủy công)

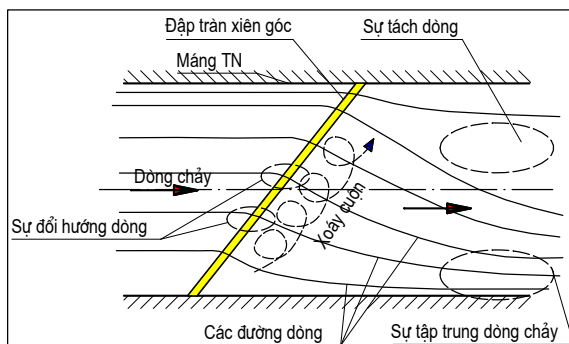
TÓM TẮT

Báo cáo này dựa trên kết quả các thí nghiệm mới được tác giả tiến hành với dòng chảy qua đập tràn đặt xiên góc trong kênh hở, nhằm tổng hợp nghiên cứu trong phòng thí nghiệm về các đặc trưng và thông số thủy lực của dòng chảy, biểu hiện của dòng chảy và các hiện tượng ở lân cận đập tràn cùng các quy luật vật lý chi phối quá trình này. Các thí nghiệm được tiến hành với hai loại đập tràn thành mỏng và đỉnh rộng đặt xiên góc 45^0 so với trục dòng chảy và được đơn giản hóa với mặt cắt chữ nhật, sắc cạnh, mặt thượng lưu và hạ lưu vuông góc với đáy kênh.

Trường vận tốc của dòng chảy được đo đạc bằng công nghệ PTV (Particle Tracking Velocimetry), cho phép dựng nên một bản đồ véc tơ vận tốc tức thời của toàn dòng chảy. Kết hợp với Matlab (phần mềm xử lý toán), chúng ta có thể thu được hầu hết các thông tin thống kê cần thiết. Bằng cách thay đổi lưu lượng dòng chảy và mực nước hạ lưu, ta có thể nghiên cứu dòng chảy ở các chế độ chảy khác nhau với các hiện tượng, đặc tính phong phú của chúng như xoáy cuộn, nước nhảy, nước nhảy sóng, sự đổi hướng dòng chảy, sự tách dòng...

I. GIỚI THIỆU

Đập tràn là một trong những công trình thủy lợi đơn giản và phổ biến nhất. Nó đã được sử dụng hàng thế kỷ nay cho nhiều mục đích khác nhau, từ điều tiết, đo đạc, lái dòng chảy đến tiêu năng, điều chỉnh độ sâu... Mặc dù chúng ta đã có những hiểu biết sâu sắc về dòng chảy qua đập tràn vuông góc, nhưng hiện vẫn chỉ có một số lượng rất hạn chế các nghiên cứu về đập tràn xiên góc. Các thí nghiệm trong phạm vi nghiên cứu này nhằm cung cấp một số thông tin tương đối chi tiết về các biểu hiện và đặc tính của dòng chảy trong vùng lân cận đập tràn xiên góc.



Hình 1: Dòng chảy qua đập tràn xiên góc cùng một số hiện tượng của nó

Trong thực tế, các đập tràn xiên góc có những ứng dụng thực tế khá quan trọng so với đập tràn đặt vuông góc với dòng chảy (đập tràn thông thường), như hạ thấp đầu nước trước đập, tăng lưu lượng xả qua đập với cùng một chiều rộng kênh. Bên cạnh đó cũng có một thực tế rằng tại các bãi ngoài đê, ven sông hay vùng ngập lũ luôn luôn tồn tại những vật thể cản trở dòng chảy ở giai đoạn nước lớn. Những chướng ngại vật này thể hiện ảnh hưởng theo kiểu các đập tràn. Trong hầu hết các trường hợp, dòng chảy tới không vuông góc với đỉnh của chướng ngại vật.

Không kém phần quan trọng là hiện tượng dòng chảy tràn qua đê. Những nghiên cứu về hậu quả của cơn bão số 7 năm 2005 (bão Damrey) tại các tỉnh ven biển miền Bắc nước ta cho thấy cao trình thiết kế của đỉnh đê biển hiện nay còn quá thấp so với yêu cầu, làm cho quá trình phá hoại đê xảy ra không chỉ do sóng leo, sóng tràn đỉnh, mà hơn thế còn do dòng chảy tràn qua đê. Sự kết hợp của đường bờ biển tại từng khu vực, dòng ven bờ, nước dâng do bão và thủy triều làm cho dòng chảy qua đê (có dạng dòng chảy qua đập tràn) không phải lúc nào cũng vuông

góc với trục dọc của đê. Thực tiễn đòi hỏi phải có những nghiên cứu về dòng chảy qua đập tràn xiên góc.

Có lẽ nghiên cứu chi tiết đầu tiên (Sharif, Iran) và các cộng sự của ông (chỉ Water & Maritime Engineering) đã đưa ra một hệ số lưu lượng cho đập tràn xiên góc. Một vài nhà nghiên cứu đã khắc phục những thông tin thiếu sót đáng kể. Cho tới nay vẫn chưa có một công thức tính toán nào được đưa ra để tính lưu lượng của đập tràn xiên góc nói riêng và đập tràn xiên góc nói chung.

Hình 2.2: Dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng

ghệ
tạp
tìm
tay,
liều
họ.

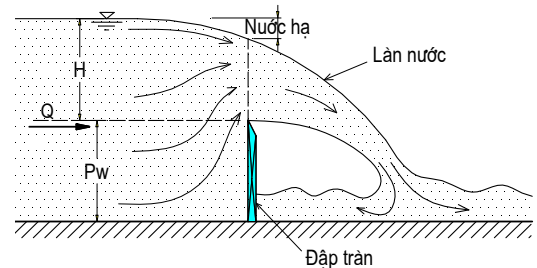
Hơn thế nữa, chúng ta còn cần có thêm thông tin về những hiện tượng xảy ra với dòng chảy qua một đập tràn xiên góc, điều mà khó có thể tìm thấy trong các ấn phẩm đã được công bố. Những biểu hiện của dòng chảy, các đặc tính của nó tại lân cận đập tràn xiên góc và các thông số quyết định các quá trình thủy lực còn chưa được tìm hiểu thấu đáo. Bằng những mô tả chi tiết các hiện tượng xảy ra tại lân cận đập tràn, dòng chảy phía trên đỉnh đập, cấu trúc dòng chảy ở hạ lưu đập, nghiên cứu này cố gắng mang lại một cái nhìn mới mẻ và sâu hơn cho những hiện tượng thủy lực này.

Nghiên cứu này được tiến hành tại phòng thí nghiệm thủy lực đại học công nghệ Delft, Hà Lan dưới sự giám sát của TS. Wim S.J. Uijtewaal, cùng với sự giúp đỡ của TS. Henri L. Fontijn – giám đốc phòng thí nghiệm, kỹ sư H.J. Verhagen, Bas A. Wols, Harmen Talstra và đội ngũ cán bộ phòng thí nghiệm.

II. KIẾN THỨC CƠ SỞ

* Đập tràn thành mỏng:

Xuất phát từ phương trình Bernoulli cho mặt cắt thượng lưu và mặt cắt kiểm tra của dòng chảy qua đập tràn, sau khi đơn giản hóa và đưa vào phương trình một hệ số thực nghiệm để hiệu chỉnh cho việc bỏ qua các ảnh hưởng của độ nhớt, dòng chảy rối, phân bố vận tốc không đồng đều và gia tốc hướng tâm trong quá trình thiết lập phương trình, công thức tính lưu lượng có dạng như sau (theo Kindsvater và Carter, 1957):



Hình 2.1: Dòng chảy qua đập tràn thành mỏng

$$Q = C_d \cdot \frac{2}{3} \sqrt{2g} \cdot b_e \cdot H_e^{\frac{3}{2}} \quad (2.1)$$

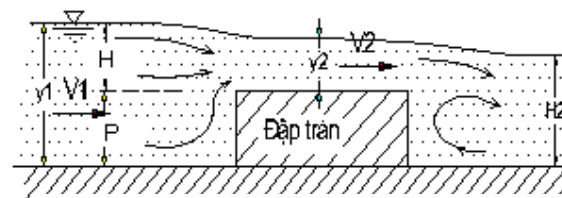
Trong đó: b_e là chiều rộng hiệu quả của đập tràn; H_e là cột nước hiệu quả trước đập tràn tính từ cao trình đỉnh đập; C_d là hệ số (không thứ nguyên) cho lưu lượng hiệu quả của đập tràn thành mỏng mặt cắt chữ nhật. C_d là một hàm số của số Reynold (các ảnh hưởng của độ nhớt), số Weber (các ảnh hưởng của sức căng bề mặt), và tỷ số H/P (thông số hình dạng). P là chiều cao đập tràn tính từ đáy kênh. Dạng tổng quát của hệ số lưu lượng cho đập tràn thông thường:

$$C_d = a + b \frac{P}{H} \quad (2.1)$$

Có lẽ giá trị cổ điển và thông dụng nhất cho các hệ số này được đề xuất bởi Rehbock (1929) là $a = 0,611$ và $b = 0,075$.

* Đập tràn đỉnh rộng:

Tương tự như với trường hợp đập tràn thành mỏng, Munson và các cộng sự của ông,



Hình 2.2: Dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng

2002, đưa ra công thức tính lưu lượng Q và hệ số lưu lượng C_d cho đập tràn đỉnh rộng:

$$Q = C_d \sqrt{g} \left(\frac{2}{3}\right)^{\frac{3}{2}} b.H^{\frac{3}{2}} \quad (2.3)$$

$$C_d = \frac{0.65}{\sqrt{1 + \frac{H}{P}}} \quad (2.4)$$

Sơ với đập tràn thành mỏng, đập tràn đỉnh rộng phụ thuộc nhiều hơn vào các thông số hình dạng. Với đập tràn đỉnh rộng mặt thượng lưu sắc cạnh (thường gọi là đập tràn chữ nhật), White (1994) đề xuất công thức tính lưu lượng có dạng như (2.1), với $C_d \approx 0.564 + 0.0846 \frac{H}{P}$ (2.5) khi $\frac{H}{P} \leq 2$.

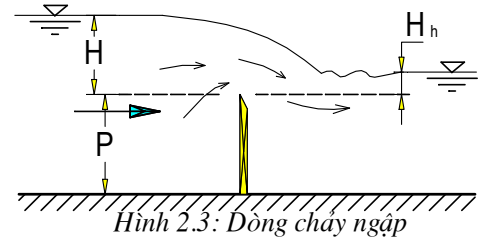
*** Chế độ chảy ngập:**

Với chế độ dòng chảy ngập, cần đưa vào một hệ số chảy ngập K_s để thu được lưu lượng chảy ngập. Công thức tổng quát:

$$Q_s = K_s \cdot Q \quad (2.6)$$

Cho đập tràn thường, Brater và King (1976) đề xuất công thức xác định hệ số thực nghiệm K_s như sau:

$$K_s = \left[1 - \left(\frac{H_h}{H} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^{0.385} \quad (2.7) \text{ Trong đó } H_h \text{ là chiều sâu nước hạ lưu tính từ ngưỡng tràn.}$$



Wu và Rajaratnum cũng đề xuất một công thức: $K_s = 1 + 1.162 \frac{H_h}{H} - 1.331 \cdot \sin^{-1} \left(\frac{H_h}{H} \right)$ (2.8)

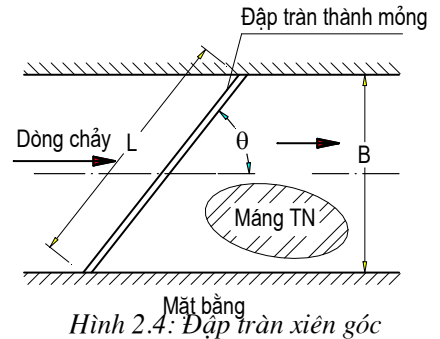
*** Đập tràn thành mỏng xiên góc:**

Kết quả nghiên cứu của Borghei và các cộng sự (2003) cho thấy hệ số lưu lượng C_d có thể tính gần đúng theo công thức: (2.9)

$$C_d = \left(0.701 - 0.121 \frac{B}{L} \right) + \left(2.229 \frac{B}{L} - 1.663 \frac{H}{P} \right) \text{ Trong đó } B/L$$

= $\sin \theta$; θ là góc giữa trục dọc đập và chiều dòng chảy. Ông cũng đề xuất công thức cho hệ số chảy ngập như sau:

$$K_s = \left[c + d \left(\frac{H_d}{H} \right)^3 \right]^2 \quad (2.10) \text{ Với } c = 0.008 \frac{L}{B} + 0.985; d = 0.161 \frac{L}{B} - 0.479$$

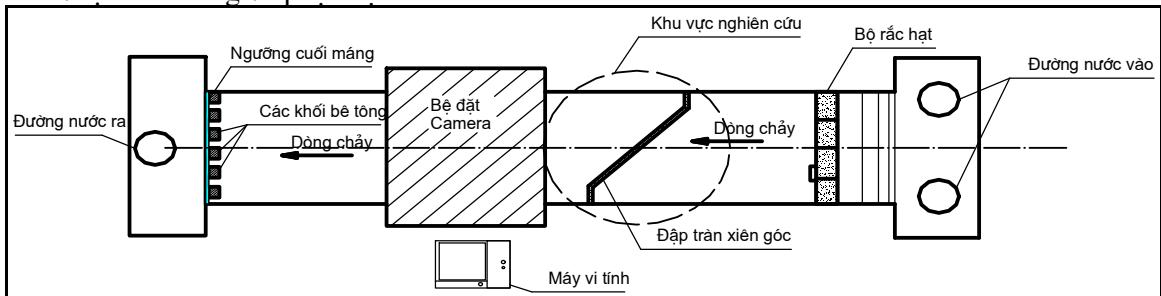


III. THIẾT BỊ VÀ TIẾN TRÌNH THÍ NGHIỆM

Máng thí nghiệm là máng kính có chiều rộng 200cm, chiều cao 25cm, chiều dài 1920cm chưa kể các phần phụ trợ, độ dốc đáy bằng 0. Máng được nối với hệ thống tuần hoàn trung tâm qua hai bể đệm và hệ thống ống, van, đảm bảo cung cấp lưu lượng không đổi trong suốt mỗi thí nghiệm. Thượng lưu của máng có bố trí bể đệm và hệ thống lọc để làm ổn định dòng chảy, cùng với có bộ phận rác hạt để phục vụ đo đặc trường vận tốc. Cuối máng có một ngưỡng thành mỏng và các khối bê tông lập phương để điều chỉnh mức nước hạ lưu đập cũng như đo đặc dòng chảy.

Đối tượng chính của các thí nghiệm là hai đập tràn thành mỏng và đỉnh rộng (chiều rộng 40cm) có mặt cắt đơn giản hóa dạng chữ nhật với cùng chiều cao 10cm. Chúng được làm bằng composite, sơn trắng, gồm có phần xiên góc 45⁰ dài 2m và phần vuông góc với dòng chảy ở hai

đầu tiếp giáp với thành bên của máng. Tại khu vực nghiên cứu, đáy máng thí nghiệm cũng đồng thời được làm trắng để phục vụ thu hình.



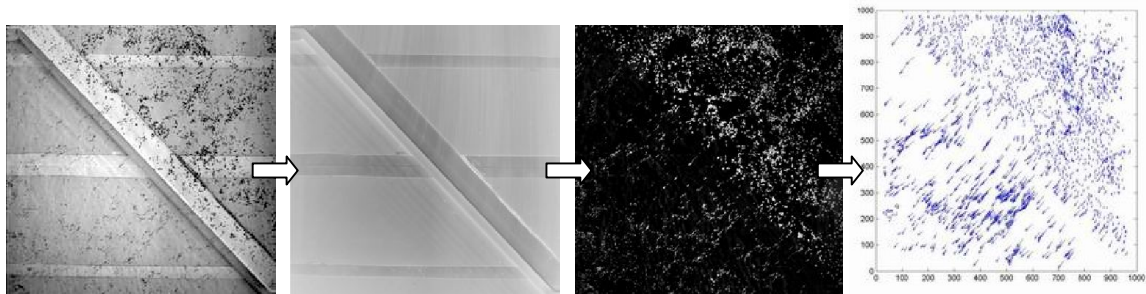
Hình 3.1: Bố trí máng thí nghiệm

Phía trên đập tràn là camera CCD độ phân giải 1 Mega pixel, kết hợp với phần mềm Video Savant 4.0 để thu hình dòng chảy. Chiều sâu dòng chảy được đo đạc bằng các thước đo nước có độ chính xác tới 0,1mm. Ngoài ra còn có các thiết bị khác để xác định vận tốc, lưu lượng, áp suất dòng chảy phục vụ cho việc tính toán tổn thất cột nước, tổn thất năng lượng và xác định hệ số lưu lượng.

Có tổng cộng 14 thí nghiệm với đập tràn thành mỏng và 12 thí nghiệm với đập tràn đỉnh rộng đã được tiến hành. Với đập tràn thành mỏng, có 2 mức lưu lượng được phân tích sâu là 16l/s và 35l/s. Mỗi mức lưu lượng có 4 thí nghiệm với mức nước hạ lưu khác nhau và tương ứng với nó là chế độ chảy khác nhau: chảy ngập êm, chảy ngập với nước nhảy sóng, chảy tự do với nước nhảy, chảy tự do. Còn với đập tràn đỉnh rộng, có 3 mức lưu lượng là 16l/s, 20l/s, 35l/s trong 5 thí nghiệm khác nhau được phân tích, bao gồm 4 chế độ chảy như với đập thành mỏng.

Các thuật ngữ Particle Tracking Velocimetry (PTV) – Xác định vận tốc bằng phương pháp theo dấu phân tử và Particle Image Velocimetry (PIV) – Xác định vận tốc bằng xử lý ảnh phân tử – biểu thị hai hệ công nghệ xử lý ảnh đã được thiết lập để trích xuất trường vận tốc ẩn dưới các bức ảnh hạt. Dòng chảy được rắc hạt từ xa với mật độ thích hợp trước khi qua khu vực thu hình. Các hạt nhựa nổi làm bằng polystyrene màu đen, đường kính 3mm, chúng đủ nhẹ để theo dòng chảy dễ dàng và tán xạ đủ ánh sáng để mô phỏng trường vận tốc bề mặt của dòng chảy.

Với mỗi thí nghiệm, 1 bộ 401 bức ảnh được chụp liên tiếp ở tần số 30Hz và xử lý bằng các công cụ PTV (dùng phần mềm của Kadota) trước khi chúng ta thu được 400 bức hình trường vectơ vận tốc tức thời của dòng chảy cùng với các ma trận số liệu tương ứng. Do các hạt được phân bố ngẫu nhiên nên các vectơ vận tốc sau đó được nội/ngoại suy để tích hợp vào các điểm nút cố định trên diện tích nghiên cứu. Từ bộ kết quả đó, sử dụng phần mềm Matlab chúng ta có thể thu được giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, và nhiều thông tin cần thiết khác.



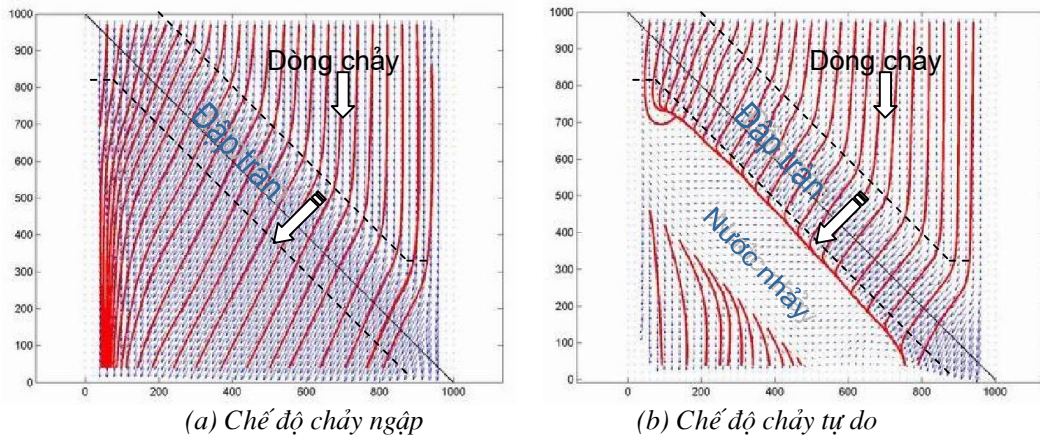
Hình 3.2: Quá trình xử lý từ ảnh chụp thành trường vectơ vận tốc tức thời

IV. KẾT QUẢ VÀ NHẬN XÉT

* Trường vận tốc của dòng chảy:

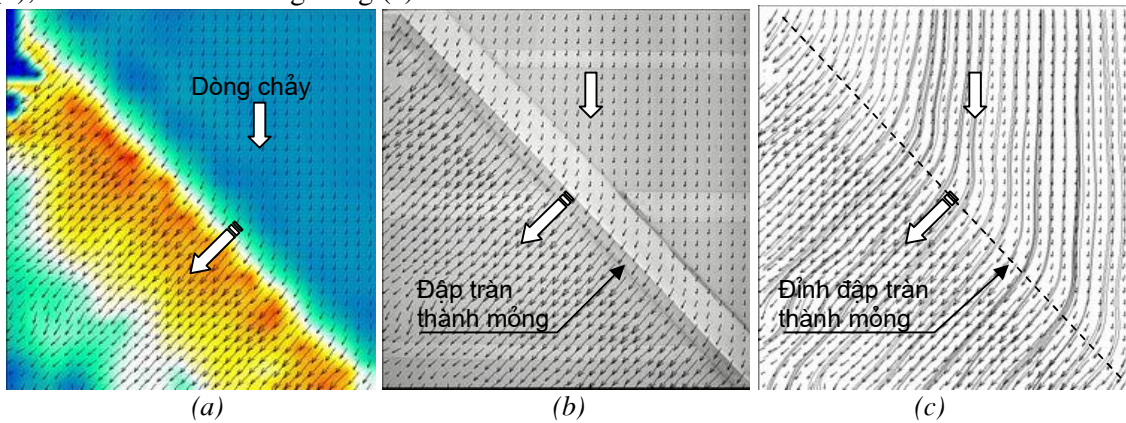
Dòng chảy luôn đổi hướng khi nó tới gần và vượt qua đỉnh đập, chiều dòng chảy có xu hướng tiến tới vuông góc với trục dọc đập. Hình 4.1 thể hiện trường vectơ vận tốc của dòng chảy trong

chế độ chảy ngập và chảy tự do qua đập tràn đỉnh rộng. Mỗi vectơ thể hiện chiều và độ lớn tương đối của vận tốc tại một điểm. Các đường cong thể hiện đường dòng của dòng chảy.



Hình 4.1: Trường vận tốc của dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng xiên góc

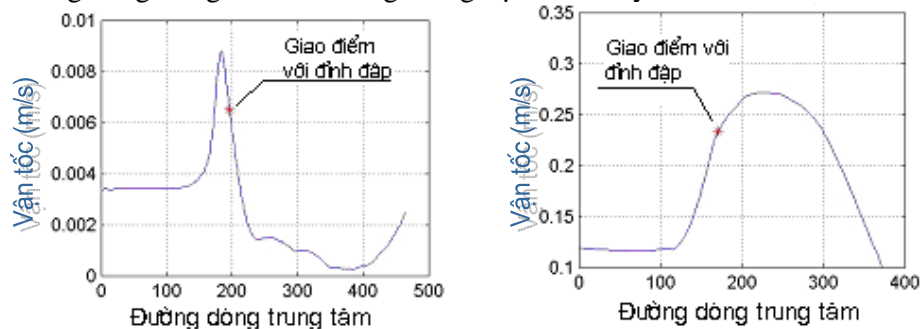
Song song với việc xử lý hình ảnh bằng công nghệ PTV, các kết quả tương tự cũng thu được nhờ phần mềm Davis 6.2 ứng dụng công nghệ PIV, mục đích chủ yếu là so sánh và kiểm tra trong phạm vi nghiên cứu này. Hình 4.2 là kết quả trường hợp chảy ngập với nước nhảy sóng, thể hiện trường vận tốc của dòng chảy trên nền vận tốc trung bình (a), trên nền hình ảnh gốc (b), và trên nền các đường dòng (c).



Hình 4.2: Trường vận tốc của dòng chảy qua đập tràn thành mỏng xiên góc

*** Sự biến đổi vận tốc dọc theo dòng chảy:**

Xa về phía thượng lưu và hạ lưu đập tràn, vận tốc dòng chảy gần như hằng số. Dòng chảy được gia tốc khi tới gần đập tràn và giảm tốc khi rời xa nó. Giá trị cực đại của vận tốc dòng chảy qua đập tràn thành mỏng xiên góc đạt được ngay sau đỉnh đập trong trường hợp chảy ngập và ngay trước đỉnh đập trong trường hợp chảy tự do. Với đập tràn đỉnh rộng, giá trị vận tốc cực đại đạt được phía trên đỉnh đập. Điều này có thể được minh họa thông qua hai đồ thị biến đổi vận tốc dọc theo đường dòng trung tâm của máng thí nghiệm dưới đây.

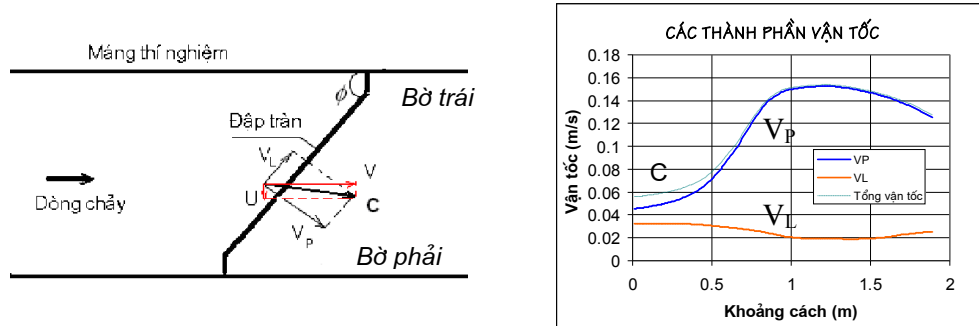


(a) Chế độ chảy tự do

(b) Chế độ chảy ngập

Hình 4.3: Sự biến đổi vận tốc dọc theo dòng chảy

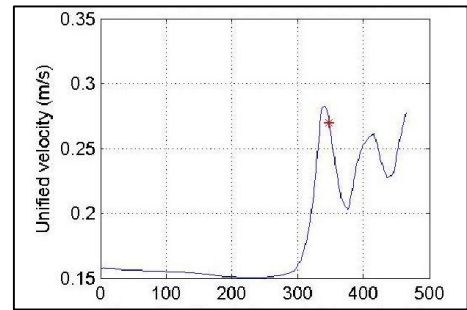
Thành phần vận tốc vuông góc với đập tràn đóng góp chủ yếu vào sự thay đổi vận tốc dòng chảy, trong khi sự biến đổi giá trị thành phần vận tốc song song với đỉnh đập hầu như không đáng kể. Ví dụ từ thí nghiệm số 1 với đập tràn thành mỏng sẽ minh họa điều này (hình 4.4).



Hình 4.4: Sự biến đổi của các thành phần vận tốc

Một hiện tượng đáng chú ý là vận tốc biến đổi theo kiểu tương ứng với sự biến đổi cấu trúc dòng chảy. Một ví dụ từ thí nghiệm số 3, trường hợp chảy ngập với nước nhảy sóng sau đập, cả bề mặt dòng chảy và vận tốc phân tích được dọc theo các đường dòng đều thể hiện những thay đổi dạng sóng, hay dạng hình sin (hình 4.5).

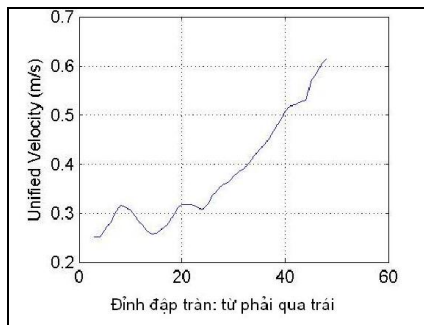
Hình 4.5: Sự biến đổi vận tốc trong trường hợp nước nhảy sóng



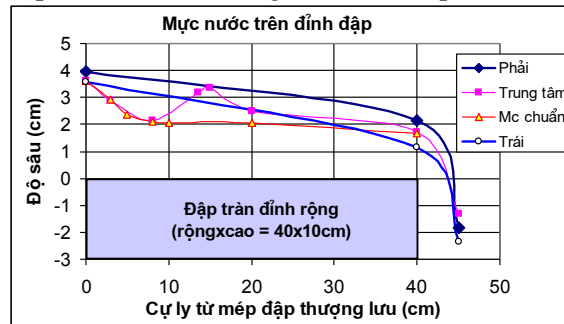
*** Sự biến đổi đặc**

tính dòng chảy theo chiều rộng máng:

Về phía hạ lưu đập, dòng chảy hội tụ về một phía máng và ở phía còn lại có thể quan sát thấy hiện tượng tách dòng. Vận tốc dòng chảy trung bình 1/3 máng bên phải cao gấp 3 đến 4 lần vận tốc trung bình 1/3 máng bên trái. Bờ phải kênh sau đập tràn xiên góc nơi dòng chảy tập trung chịu ảnh hưởng của xói lở mạnh hơn và cần những biện pháp bảo vệ thích đáng (lưu ý quy ước phải trái như hình 4.4). Từ bên này sang bên kia máng còn có nhiều sự khác nhau về đặc trưng dòng chảy. Trong những thí nghiệm với bố trí đập tràn xiên góc như thế này, mực nước trên đỉnh đập tràn phía phải máng luôn cao hơn mực nước phía bên trái, trong khi vận tốc dòng chảy qua đập phía bên trái thường cao hơn ở phía bên phải. Hiện tượng này có nghĩa thực tế trong việc thiết kế đập tràn, chọn cao trình đỉnh đập và chiều cao tường bên thích hợp.



(a) Biến đổi vận tốc



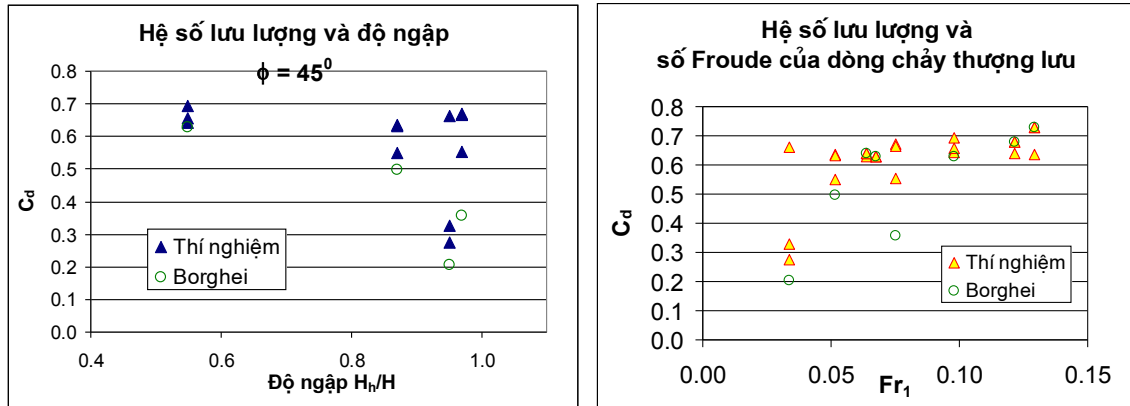
(b) Biến đổi mực nước

Hình 4.6: Sự biến đổi các đặc trưng dòng chảy theo chiều dài đỉnh đập

*** Hệ số lưu lượng:**

Lưu lượng qua đập tràn xiên góc (trong nghiên cứu này là xiên góc 45°) cao hơn nhiều so với lưu lượng qua đập tràn vuông góc với cùng mật cát đập và chiều rộng kênh. Chủ yếu là do chiều dài hiệu quả của đập xiên góc cao hơn, cùng với một hệ số lưu lượng tương đối cao. Điều này cũng đồng nghĩa với đầu nước trước đập tràn xiên góc được hạ thấp hơn so với trước đập tràn vuông góc trong trường hợp chiều rộng kênh và lưu lượng không đổi.

Từ số liệu thực đo lưu lượng và cột nước của các thí nghiệm, hệ số lưu lượng (C_d) được tính toán và tổng hợp lại cho từng loại đập tràn khác nhau. Các hệ số chảy ngập K_S được tính toán dựa trên những công thức đã đề cập ở mục II. Kết quả tính toán C_d cuối cùng được so sánh với công thức đã có của Borghei và vẽ trên cùng 1 biểu đồ như hình 4.7.



(a) C_d và độ ngập H_n/H (b) C_d và số Froude thượng lưu Fr_1
 Hình 4.7: Hệ số lưu lượng của dòng chảy qua đập tràn thành mỏng xiên góc

*** Các chế độ chảy:**

Với mực nước hạ lưu thấp, chế độ chảy là chảy tự do, phía sau đập thường có nước nhảy hoàn chỉnh. Bên dưới lớp mặt của dòng chảy sau đập tràn là một dòng chảy xoáy cuộn với chiều tiến về phía chân đập (lớp đáy), rời xa đập (lớp mặt) và chiều tiến từ bên phải máng về phía trái. Nước nhảy chiếm ưu thế ở phần bên phải máng, về phía bên trái, dòng chảy có dạng êm hơn. Khi tăng mực nước hạ lưu, nước nhảy sẽ dần biến mất và thay vào đó là nước nhảy sóng, rồi đến dòng chảy ngập, chảy êm. Với cả đập tràn xiên góc thành mỏng và đỉnh rộng, năng lượng dòng chảy tiêu hao qua đập đạt giá trị lớn nhất trong trường hợp nước nhảy hoàn chỉnh, và nhỏ nhất cho trường hợp dòng chảy ngập hoàn toàn. Dòng chảy rối và hỗn loạn sau đập là tác nhân tiêu hao năng lượng.

V. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy dòng chảy có xu hướng thay đổi hướng của nó tiến tới vuông góc với hướng đỉnh đập. Hiện tượng này còn kéo theo sự khác nhau về mực nước ở hai đầu đập tràn xiên góc, sự hội tụ dòng chảy về một phía máng thí nghiệm ở hạ lưu đập và sự biến đổi trong phân bố vận tốc dòng chảy. Trong chế độ dòng chảy tự do qua đập tràn, năng lượng bị tiêu tán và tổn thất cột nước lớn hơn ở trường hợp chảy ngập, tuy nhiên dòng chảy cũng trở nên hỗn loạn hơn và khá phức tạp, khó có thể triển khai các đo đạc với độ chính xác cao. Những hiện tượng thủy lực xảy ra ở lân cận đập tràn đỉnh rộng về cơ bản giống với trường hợp đập tràn thành mỏng, tuy nhiên cũng tồn tại một số khác nhau đáng chú ý'.

Trong cùng một điều kiện (chiều rộng kênh, chiều cao đập, lưu lượng), hệ số lưu lượng của dòng chảy qua đập tràn xiên góc (C_d) luôn cao hơn hệ số lưu lượng của dòng chảy qua đập tràn vuông góc (C_d^*). Kết quả thí nghiệm cho thấy tỷ lệ này tương đối phù hợp với $C_d/C_d^* = 1/\cos\phi$ với ϕ là góc xiên của trục đập với dòng chảy (hình 4.4).

Đối tượng nghiên cứu của các thí nghiệm này là dòng chảy nông trong kênh hở, vì vậy các kết quả phân tích đánh giá thu được chủ yếu là với dòng chảy mặt. Nó giúp ta thu được những hiểu biết quan trọng về biểu hiện và các đặc tính của dòng chảy qua đập tràn xiên góc cùng các hiện tượng đáng chú ý của nó. Tuy nhiên cấu trúc không gian 3 chiều của dòng chảy và các biểu hiện của nó nói chung, cũng như sự phân bố vận tốc và chuyển động xoáy cuộn dưới lớp dòng chảy mặt sau đập tràn nói riêng mới chỉ được mô tả sơ bộ trong nghiên cứu này. Đó là những chủ đề cần tiếp tục được nghiên cứu với sự trợ giúp của một công nghệ đo đạc 3D hoàn chỉnh.

Một giải pháp khả thi là việc ứng dụng hệ thống nhiều camera kết hợp với chùm tia laze và thuật toán xác định vận tốc bằng phương pháp theo dấu phân tử trong không gian 3 chiều (3D-PTV).

Song song với nghiên cứu này, một mô phỏng dòng chảy không gian 3 chiều sử dụng chương trình FINEL 3D gồm mô hình phi thủy tĩnh 3D và mô hình chảy rối $k-\epsilon$ cũng đã được tiến hành bởi nhóm nghiên cứu của B.A. Wols (RIZA, Hà Lan). Tuy còn một số điểm khác nhau nhỏ nhưng các kết luận quan trọng thu được từ mô hình đã khẳng định các kết luận trong nghiên cứu này được trình bày ở trên. Các điểm khác nhau là đầu mối để phát triển các nghiên cứu tiếp theo cho thực nghiệm như vừa nêu, và cho mô hình dòng chảy để có thể thích ứng tốt hơn với những biến đổi đột ngột trong hình học, mô phỏng dòng chảy chính xác hơn. Cũng cần tiến hành các nghiên cứu rộng hơn cho đập tràn xiên góc với các dạng mặt cắt và các góc nghiêng khác nhau để có được cái nhìn toàn diện và hiểu biết chi tiết về loại công trình này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Chow, V.T., "Open-channel hydraulics", McGraw-Hill International editions, Civil Engineering series, 1959.
- [2] French, Richard H., "Open-channel hydraulics", McGraw-Hill Book Company, 1985.
- [3] Munson, Young & Okiishi, "Fundamentals of Fluid Mechanics" tái bản lần thứ 3, John Wiley & Sons, Inc., 2002.
- [4] S.M. Borghei, Z. Vatannia, M. Ghodsian and M. R. Jalili, "Oblique rectangular sharp-crested weir" – Water & Maritime Engineering số 156, 2003.
- [5] Frank M.White, "Fluid Mechanics", Tái bản lần thứ 2, Mc. Grao-Hill, Inc, 1994.
- [6] S.M. Borghei, M. R. Jalili and M.Ghodsian, "Discharge coefficient for sharp-crested side weir in subcritical flow", Water & Maritime Engineering 156, tháng 6 năm 2003 ấn phẩm WM2, trang 185-191.
- [7] M.A.Sarker, D.G.Rhodes, "Calculation of free-surface profile over a rectangular broad-crested weir", Sciendirect Journal, Tháng 2 năm 2004, trang 215-219.
- [8] Hubert Chanson, "Environmental Hydraulics of open channel flows", Elsevier Butterworth Heinemann, 2004.
- [9] B.A. Wols, W.S.J. Uijttewaal, R.J. Labeur, "Scheve overlaten" – Simulieren van de stroming over scheve overlaten met FINEL3D, Faculteit Civiele Techniek, TU Delft tháng 12 năm 2005.
- [10] Chương trình PTV của Kadota. (*) Kadota là một nhà nghiên cứu Nhật bản đã từng làm công việc xử lý dữ liệu bằng công nghệ PTV tại TU Delft. Ông đã viết 1 chương trình chạy trên nền Matlab để thực hiện nhiệm vụ này. Những script này đã và đang được sử dụng bởi một số nhà nghiên cứu tại Phòng thí nghiệm thủy lực, Đại học công nghệ Delft.

ABSTRACT

This report is the conclusion of a series of experiments, which were performed on weirs placed obliquely in a shallow flow. Its purpose is to report on laboratory investigation on the flow over different types of oblique weirs, including behaviour and hydraulic characteristic of the flow, different phenomena in the neighbourhood of the weir, hydraulic parameters and physical laws that govern the process. Two different types of impermeable weirs, a rectangular sharp-crested weir and a rectangular broad-crested weir, both placed 45° obliquely to the flow direction, were tested under various flow conditions. Flow velocities were measured using PTV - Particle Tracking Velocimetry technique. In conjunction with Matlab we can get almost necessary statistical information. This report also aims at a quantitative view on the energy loss and the discharge coefficient.

Various phenomena like vortex, hydraulic jump, undulation, flow divergence, flow concentration, etc. were observed. It was shown that the flow tends to change its direction to

perpendicular direction with the weir crest, and causes different flow behaviours, namely the difference in water levels at two ends of the weir, the flow concentration at on one side of the flume behind weir, and the variation in flow velocity distribution. Generally speaking, the hydraulic phenomena that happen to a broad-crested weir are similar to those occur in the neighbourhood of a sharp-crested weir, although there are some remarkable differences.