

**HỘI CƠ HỌC VIỆT NAM  
HỘI CƠ HỌC THỦY KHÍ**

**TUYỂN TẬP CÔNG TRÌNH**  
**Hội nghị Khoa học**  
**Cơ học Thủy khí Toàn quốc năm 2005**

**HÀ NỘI - 2006**

# MỤC LỤC

<b>1. Ngô Huy Cẩn, Vũ Văn Đạt</b>	
Về một bài toán điều tiết hồ chứa .....	1
<b>2. Nguyễn Tiến Cường</b>	
Ứng dụng mô hình MARINE mô phỏng quá trình lũ trên thượng du hệ thống sông Hương, thành phố Huế.....	9
<b>3. Lã Hải Dũng, Thái Doãn Tường, Lê Đức Đính, Mai Xuân Cánh</b>	
Nghiên cứu quá trình flutter cánh máy bay bằng phương pháp số.....	19
<b>4. Ngô Văn Dũng</b>	
Nghiên cứu và chế tạo ống bê tông có lỗ thấm xung quanh bằng phương pháp quay ly tâm thay thế vật liệu nhập ngoại, sử dụng thoát nước thấm cho các công trình thuỷ công .....	35
<b>5. Nguyễn Văn Điện, Hà Ngọc Hiến, Nguyễn Chính Kiên</b>	
Thử nghiệm kết nối mô hình phát triển vết vỡ với mô hình thủy lực một chiều .....	43
<b>6. Nguyễn Thế Đức, Dương Ngọc Hải, Nguyễn Văn Thắng, Nguyễn Tất Thắng</b>	
Phát triển phần mềm mô phỏng dòng khí quyển trong vùng địa hình phức tạp .....	55
<b>7. Nguyễn Thế Đức</b>	
Một mô hình dòng hai pha cho mô phỏng số dòng xâm thực không dừng .....	65
<b>8. Bùi Văn Ga, Trần Thanh Hải Tùng, Nguyễn Ngọc Linh</b>	
Tính toán bức xạ bồ hóng trong ngọn lửa Diesel .....	77
<b>9. Bùi Văn Ga, Trần Văn Nam, Hồ Tân Quyền, Lê Văn Tụy</b>	
Phần mềm tính toán hệ thống cung cấp khí dầu mỏ hóa lỏng LPG cho động cơ đánh lửa cưỡng bức.....	87

## Thử nghiệm kết nối mô hình phát triển vết vỡ với mô hình thủy lực một chiều

Nguyễn Văn Đieber, Hà Ngọc Hiến, Nguyễn Chính Kiên  
Viện Cơ học, 264 Đại Cát, Hà Nội

**Tóm tắt:** Bài báo trình bày những nghiên cứu bước đầu về một số mô hình phát triển vết vỡ. Một chương trình số mô phỏng phát triển vết vỡ được xây dựng và kết nối với chương trình thủy lực một chiều TL\_1D nhằm mô phỏng hiện tượng vỡ đê trên đồng bằng Bắc Bộ. Chương trình đã chạy thử nghiệm cho một số bài toán mẫu và các ví dụ cụ thể.

### An attempt on coupling dam-break erosion model with 1D flood routing model

**Abstract:** This report presents studies on some dam-break erosion models. A computer program has been developed and coupled with the 1D flood routing program TL\_1D in order to simulate dyke break events on the Bac Bo delta. The program is tested for some test-cases and some real problems.

#### 1. Mở đầu

Trong quá trình tính toán dự báo lũ trên hệ thống các sông đồng bằng Bắc Bộ, với những cơn lũ lớn như cơn lũ năm 1996 và cơn lũ năm 1999, chương trình thuỷ lực một chiều TL\_1D [1] đã mô phỏng tốt quá trình diễn biến cơn lũ nhưng đối với cơn lũ tần suất 1/125 năm như cơn lũ năm 1971 có xảy ra hiện tượng vỡ đê tại nhiều nơi và nhiều thời điểm khác nhau thì chương trình TL\_1D chưa mô phỏng được quá trình này. Vì vậy trong quá trình hoàn thiện chương trình, vẫn đề phát triển vết vỡ cần được nghiên cứu để tính toán về hình dạng, kích thước vết vỡ, lưu lượng trao đổi qua vết vỡ... để từ đó có thể mô phỏng gần hơn nữa so với thực tế các trận lũ có xảy ra hiện tượng vỡ đê.

Trên thế giới, các nhà khoa học trong 50 năm qua cũng đã bỏ nhiều công sức nghiên cứu, các hội thảo, hội nghị, dự án quốc tế bàn về vấn đề vỡ đê, vỡ đập đã được tổ chức như hội nghị "International Dam Breach Processes Workshop, 10-11 March 1998, Stillwater, Oklahoma ", hay dự án CADAM (Concerted Action on Dam Break Waves) ...

Bài báo trình bày những nghiên cứu về một số mô hình phát triển vết vỡ, giới thiệu một chương trình số mô phỏng phát triển vết vỡ do các tác giả xây dựng dựng. Chương trình này được kết nối với chương trình thủy lực một chiều TL\_1D nhằm mô phỏng hiện tượng vỡ đê trên đồng bằng Bắc Bộ. Chương trình đã chạy thử nghiệm cho một số bài toán mẫu, so sánh với vài mô hình khác và áp dụng cho một số trường hợp cụ thể.

## 2. Cơ sở lý thuyết - Các công thức cơ bản

### 2.1. Công thức tính lưu lượng qua vết vỡ

Kiểu vỡ được phân loại phụ thuộc vào nguyên nhân gây vỡ đập. Có hai kiểu vỡ chính: vỡ tràn và vỡ dỡ. Vỡ tràn xảy ra khi nước tràn qua đỉnh đập gây xói mòn đập dỡ đến vỡ đập, vỡ dỡ xảy ra khi thân đập có lỗ thủng, nước chảy qua làm cho kích thước lỗ thủng phát triển dỡ đến vỡ đập.

#### a. Dạng vỡ tràn:

Công thức tính lưu lượng qua vết vỡ tràn tổng quát được sử dụng hầu hết trong các phần mềm như Mike, Hecras, Fldwav, Dambrk:

$$Q_b = c_v k_s c_d \sqrt{2g} \left[ \frac{2}{3} b b \left( h_s - h_b \right)^{1.5} + \frac{8}{15} z \left( h_s - h_b \right)^{2.5} \right] \quad (1)$$

trong đó : cv là hệ số hiệu chỉnh vận tốc, ks là hệ số hiệu chỉnh chảy ngập, cd là hệ số hiệu chỉnh lưu lượng, bb là chiều rộng đáy vết vỡ tức thời, hs là cao trình mực nước tức thời trước đập, hb là cao trình đáy vết vỡ tức thời, z là độ nghiêng cạnh vết vỡ.

#### b. Dạng vỡ dỡ:

Công thức tính lưu lượng khi vết vỡ có dạng hình ống

$$Q_b = A \left[ 2 g \Delta H_p / \left( 1 + \frac{fL}{D} \right) \right]^{0.5}$$

trong đó: f là hệ số ma sát lấy theo thực nghiệm và được xác định bởi giá trị  $D_{50}$  của vật liệu đập  $f = 0.086137 (D_{50}/D)^{1/6}$ , A là diện tích mặt cắt vết vỡ,  $\Delta H_p = h_s - h_p =$  nếu  $h_p > h_0$  và  $\Delta H_p = h_s - h_0$  nếu  $h_0 > h_p$ ,  $h_p$  là cao trình tâm ống vỡ (tâm hình tròn), D là đường kính lỗ vỡ, L là độ dài ống vỡ,  $D_{50}$  là đường kính 50% của hạt vật liệu đê.

### 2.2. Công thức tính lưu lượng vận chuyển bùn cát

Công thức Meyer-Peter & Muller trong [4] tính qs : dòng đơn vị (trên đơn vị độ rộng 1m) của lưu lượng thể tích vận chuyển bùn cát :

$$q_s = \frac{8\sqrt{g}}{\rho_w^{0.5} \rho} (\tau - \tau_c)^{1.5} \quad (2)$$

trong đó  $\rho_w$  là mật độ nước ( thường lấy bằng 1000 kg/m<sup>3</sup> ),  $\rho_s$  là mật độ bùn cát ( thường lấy bằng 2650 kg/m<sup>3</sup> ),  $\rho' = \rho_s - \rho_w$ , g là gia tốc trọng trường,  $\tau$  là ứng suất tiếp,  $\tau_c$  là ứng suất tiếp tối hạn. Ứng suất tiếp được tính theo công thức  $\tau = \rho_w R_{bre} S$ , ở đây  $R_{bre}$  là bán kính thủy lực vết vỡ, S là độ dốc ma sát

được tính theo công thức Chezy  $S = \frac{U_{bre}^2}{C^2 R_{bre}}$ , Ubre là tốc độ dòng chảy qua vết vỡ và được lấy trung bình trên toàn diện tích mặt cắt Ubre=Qbre/A, C là hệ số Chezy.

### 2.3. Công thức tính các đại lượng hình học vết vỡ

#### a. Phương trình liên tục vận chuyển bùn cát

$$\frac{\partial h_b}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \frac{\partial q_s}{\partial x} = 0$$

trong đó  $\lambda$  là độ xốp vật liệu đập.

Chuyển từ dạng vi phân sang dạng sai phân, kết hợp với giả thiết qs là hằng số tại mỗi thời điểm trên toàn bộ chu vi ướt Pb, phương trình sai phân có dạng:

$$\frac{\Delta h_b}{\Delta t} = - \frac{q_s}{P_b(1-\lambda)} \quad (3)$$

#### b. Các đại lượng hình học của mô hình

Tùy theo các dạng phát triển vết vỡ mà quan hệ giữa các đại lượng hình học của vết vỡ được xác định. Các trường hợp đơn giản sau đây được sử dụng:

- Trường hợp 1: vết vỡ có dạng hình chữ nhật và chiều rộng vết vỡ tỉ lệ với chiều cao của vết vỡ  $b_b = \alpha \cdot h_b$

Hệ số  $\alpha$  là hệ số thực nghiệm được lấy trong khoảng  $0.84 < \alpha < 10.93$ .

Nếu vết vỡ hình chữ nhật và  $\alpha \gg 1$  thì ta có:  $R_b = h_b$ ,  $P_b = h_b + 2b_b$ ,

$$U_b = \frac{Q_b}{b_b h_b}.$$

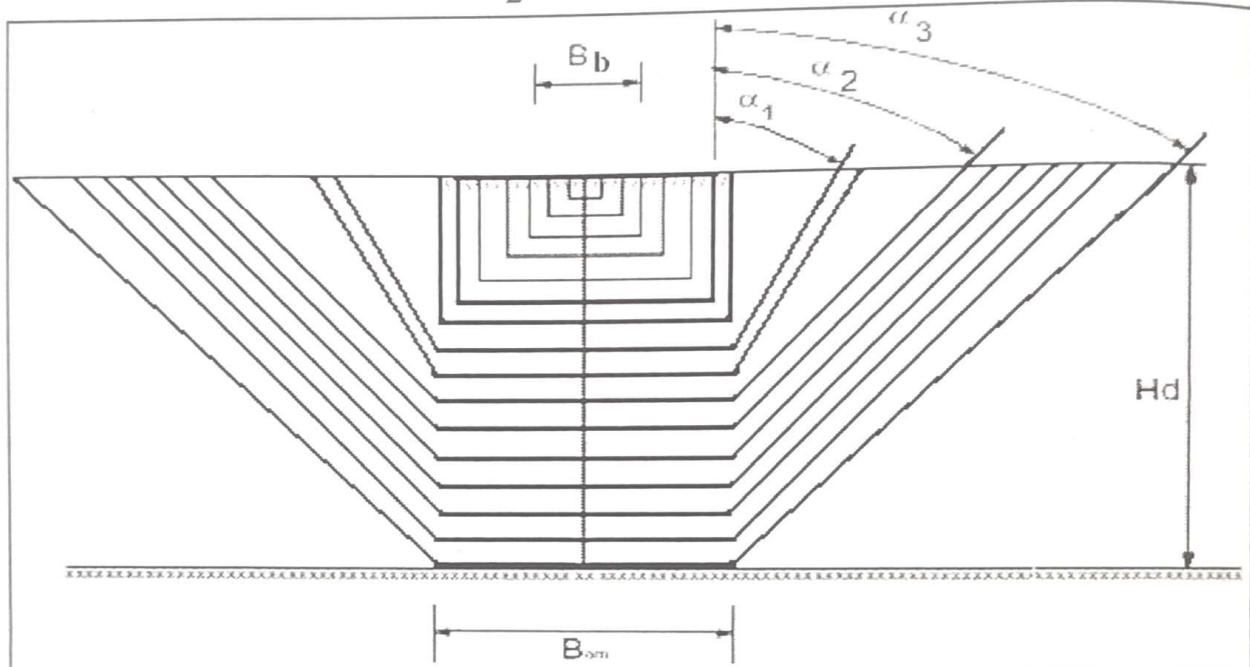
- Trường hợp 2: vết vỡ ban đầu phát triển hình chữ nhật sau khi đạt một chiều cao tối hạn sẽ chuyển sang dạng hình thang.

Giả thiết vết vỡ phát triển theo 3 bước thể hiện trong hình 1. Ta tính trước 3 giá trị chiều cao tối hạn là  $H'_1$ ,  $H'_2$ ,  $H'_3$  phụ thuộc vào tính chất vật liệu đập: góc ma sát trong ( $\phi$ ), độ dính (C) và mật độ khối lượng khô của vật liệu đập  $\gamma$  ( $\gamma = \rho'$ ):

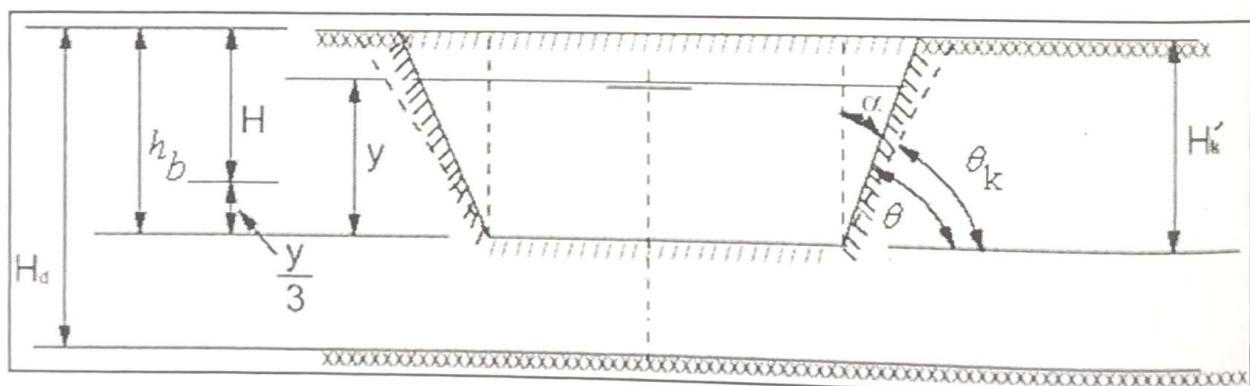
$$H'_k = \frac{4C \cos\phi \sin\theta'_{k-1}}{\gamma [1 - \cos(\theta'_{k-1} - \phi)]} \dots k = 1, 2, 3$$

và các giá trị góc tạo bởi cạnh vết vỡ và trục nằm ngang  $\theta'_1, \theta'_2, \theta'_3$ :

$$\theta'_k = \frac{(\theta'_{k-1} + \varphi)}{2}, k=1,2,3, \theta'_0 = \frac{\pi}{2}$$



Hình 1. Mặt cắt ngang đập với các chuỗi dạng vết vỡ phát triển theo thời gian



Hình 2. Mặt cắt ngang đập với giá trị tức thời của vết vỡ tại thời điểm chuyển ngưỡng.

Tại mỗi bước thời gian ta tính được độ sâu vết vỡ  $h_b$  từ đó tính được giá trị  $H$  (hình 2):

$$H = h_b - \frac{y}{3} \text{ với } y = \frac{2}{3}(h_s - h_b)$$

Nếu:

$$H < H'_1 \text{ thì: } b_b = B_r y \text{ và } \alpha = 0$$

$$H > H'_1 \text{ và } H < H'_2 \text{ thì: } b_b = B_{om} \text{ và } \alpha = \frac{\pi}{2} - \theta'_1$$

$$H > H'_2 \text{ và } H < H'_3 \text{ thì: } b_b = B_{om} \text{ và } \alpha = \frac{\pi}{2} - \theta'_2$$

$$H > H_3' \text{ thì } b_b = B_{om} \text{ và } \alpha = \frac{\pi}{2} - \theta_3'$$

trong đó Bom được xác định như sau:  $Bom = Br.y$  khi  $H = H_1'$ ;  $Br = 2$  cho kiểu vỡ tràn và  $Br = 1$  cho kiểu vỡ dẫn.

### 3. Xây dựng mô hình tính, kiểm định và so sánh

#### 3.1. Cách giải và thuật toán

Với giả thiết kiểu vỡ tràn, các phương trình (1), (2), (3) và 2 quan hệ hình học để tính các đại lượng chưa biết, đó là:  $Qb$ ,  $hb$ ,  $Rb$ ,  $Ub$ ,  $qs$ . Tuy nhiên các quan hệ hình học thường đơn giản, trong thực tế chương trình cần giải hệ 3 phương trình 3 ẩn số là:  $Qb$ ,  $hb$ ,  $qs$ . Phương pháp Newton giải hệ phương trình phi tuyến được sử dụng để tìm ra các đại lượng cần tính.

#### 3.2. Khảo sát độ nhạy các tham số mô hình

Chi tiết việc khảo sát độ nhạy các tham số mô hình được trình bày trong luận văn Thạc sĩ [5]. Một số kết quả chính được tóm tắt như sau:

- Hệ số độ dính vật liệu  $C$ :

Do hệ số độ dính vật liệu chỉ xuất hiện trong công thức tính các giá trị tới hạn nên đồ thị biểu diễn quan hệ giữa các đặc trưng của vết vỡ với giá trị hệ số độ dính vật liệu là gián đoạn (ứng với một miền giá trị của hệ số độ dính vật liệu thì các đặc trưng vết vỡ là không đổi).

- Đường kính hạt trung bình vật liệu đập  $D_{50}$ .

Với đường kính hạt càng lớn thì vết vỡ phát triển càng nhanh, nên tổng lưu lượng qua vết vỡ càng lớn, tuy nhiên quy luật phụ thuộc này không tuyến tính mà có dạng hàm kiểu logarit.

- Mật độ bùn cát  $ps$ :

Khi mật độ bùn cát (vật liệu đập) tăng, thời gian để kích thước vết vỡ đạt giá trị cực đại cũng tăng, điều này đúng về mặt định tính, phù hợp với thực tế.

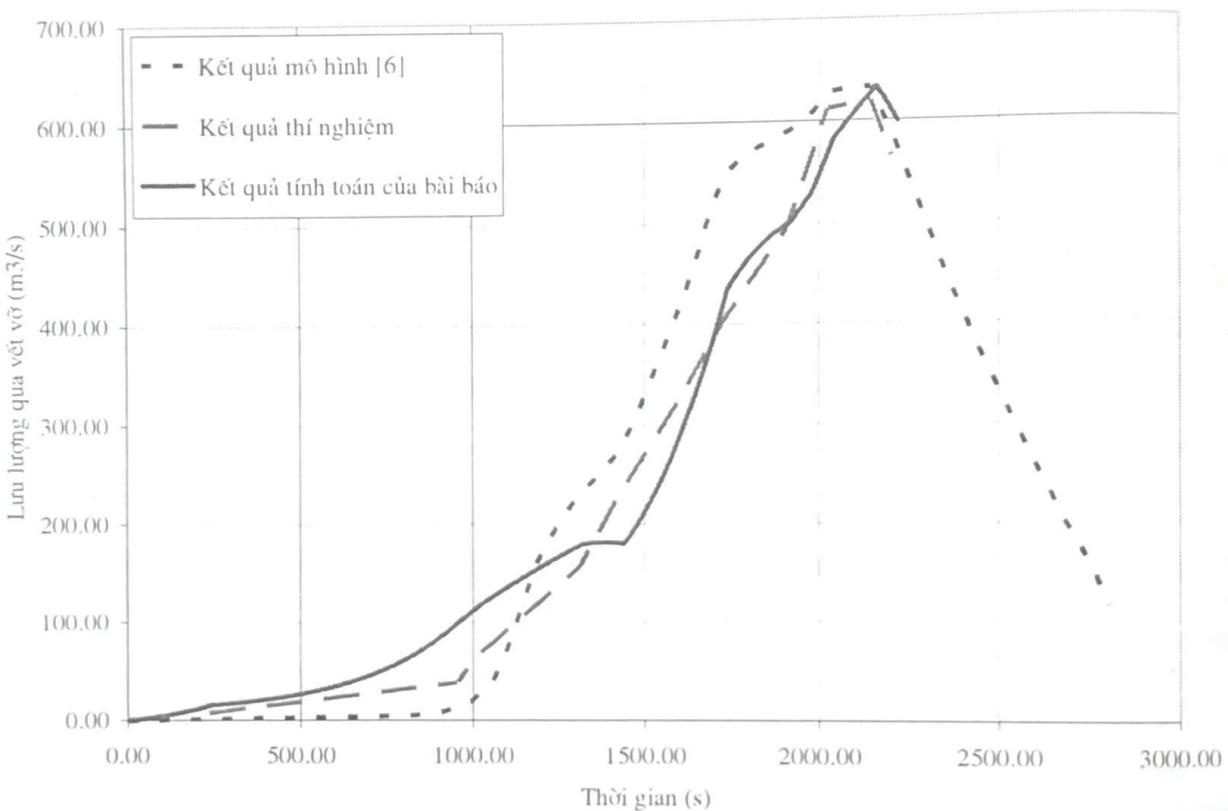
#### 3.3. Kiểm định mô hình

Các bài toán về mô hình phát triển vết vỡ thường là không có lời giải giải tích và cũng có rất ít thí nghiệm để kiểm định vì đòi hỏi phải có đầu tư rất lớn về mặt thời gian và kinh phí. Một trong những thí nghiệm được quan tâm nhiều là bài toán kiểm định vỡ đập Yahekou.

Thí nghiệm vỡ đập này được thực hiện năm 1982 ở Trung Quốc và được báo cáo trong "Chinese - Finnish cooperative research work on dam break hydrodynamics "- Helsinki 1993 [6]. Hồ Yahekou thuộc địa phận tỉnh Henan Trung Quốc. Cao trình của đoạn vết vỡ đập của hồ Yahekou là 11.2m. Đoạn vết vỡ kiểm định là một đập đất, cao 5.6m, chiều dài đỉnh 41m, chiều rộng đáy

31m, chiều dày của đinh đập là 4m tạo nên 1 hồ chứa có thể tích là 46000m<sup>3</sup>, hồ chứa rộng khoảng 318m<sup>2</sup> và sâu khoảng 60m. Góc nghiêng thượng du đập là 1:3 còn góc nghiêng hạ du đập là 1: 2.5. Lõi được làm bởi đất sét nặng, rộng 0.8m ở đỉnh và 2.5m ở đáy. Góc nghiêng thượng và hạ du của lõi là 1: 0.17. Đỉnh của lõi thấp hơn đỉnh đập 0.5m. Thân đập được bảo vệ bởi 1 lớp đá tảng 0.3m ở thượng du và 1 lớp đất sét nặng cũng dày 0.3m ở hạ du.

Thí nghiệm bắt đầu khi hồ được ngăn đầy nước. Vết vỡ dạng tam giác, rộng 8m ở đỉnh và sâu 2m. Sau khi đáy của vết vỡ rộng 10m, xói mòn chỉ xảy ra ở hai cạnh bên của vết vỡ.



Hình 3. Biểu đồ lưu lượng dòng chảy qua vết vỡ thực đo và tính toán của thí nghiệm Yehakou

Hình 3 biểu diễn kết quả so sánh lưu lượng nước chảy qua vết vỡ của bài toán kiểm định vỡ đập Yahekou đã giới thiệu ở trên. Biểu đồ bao gồm 3 đường lưu lượng qua vết vỡ theo thời gian: kết quả lưu lượng thực đo của thí nghiệm, kết quả tính toán bằng mô hình của hai tác giả Erkki Loukola và Mikko Huokuna thuộc Viện nghiên cứu môi trường Phần Lan tính [4] và kết quả tính toán bằng mô hình xây dựng trong bài báo. Có thể nhận thấy rằng về mặt định lượng và định tính, kết quả tính toán phù hợp khá tốt với kết quả đo đạc. Sự khác nhau xuất phát từ giả thiết của mô hình về đập có cấu tạo đồng nhất, trong khi đó thực tế đập có cấu tạo phức tạp.

### 3.4. So sánh với mô hình Dybreach

Kết quả tính toán của mô hình ở đây cũng được so sánh với mô hình phát triển vết vỡ Dybreach của LNEC – phòng thí nghiệm thủy lực quốc gia Bồ Đào

Nhà trong việc thử nghiệm mô phỏng vết vỡ cống Vân Cốc xảy ra năm 1986 trong khuôn khổ dự án FLOCODS của liên minh châu Âu [7].

#### a. Đặc điểm địa hình khu Vân Cốc

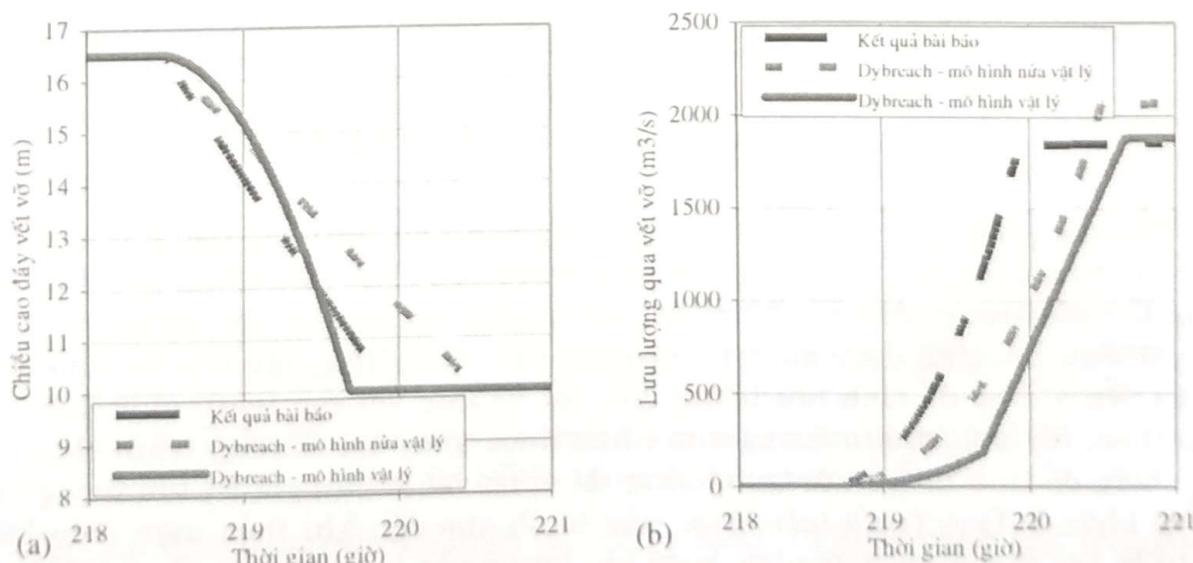
Khu hồ Vân cốc có chiều dài khoảng 12 km, chiều rộng chỗ rộng nhất khoảng 4km, có diện tích khoảng 2430ha, dung tích khoảng 196 triệu m<sup>3</sup> (tương ứng với cao trình 14m). Hồ tiếp giáp với sông Hồng ở đê Hát Môn thượng, cống Vân Cốc, đê Hát Môn hạ và tiếp giáp với sông Đáy ở Đập Đáy.

#### b. Các dữ kiện đầu vào

Mực nước trong sông lấy mực nước thực do năm 1986 do cục quản lý đê điều cung cấp. Các hệ số thực nghiệm (hệ số ma sát...) và các thông số thực tế (đường kính hạt vật liệu đê, độ xốp vật liệu ...) hay các giả thiết thực nghiệm về dạng vết vỡ và tỉ lệ chiều rộng và chiều cao vết vỡ sẽ được hiệu chỉnh trong khoảng cho phép để khảo sát độ nhạy của mô hình.

#### c. Mô hình Dybreach

Mô hình Dybreach bao gồm các thông tin cho việc phát triển vết vỡ dòng chảy thông qua vết vỡ ở đê bao. Các số liệu cho mô hình sử dụng để tính toán lưu lượng dòng chảy qua vết vỡ là thông tin về mực nước trong lòng sông Hồng, chiều rộng và chiều cao cuối cùng của vết vỡ tương ứng với thời gian vỡ đê. Mô hình sử dụng hai dạng công thức tính toán quá trình phát triển của vết vỡ. Công thức nửa vật lý dựa trên phát triển hình học tuyến tính: kích thước của vết vỡ phát triển tuyến tính theo thời gian. Công thức vật lý dựa trên bản chất vật lý của hiện tượng, việc tăng kích thước vết vỡ là được tính toán dựa trên các điều kiện thuỷ lực và địa chất của vết vỡ thông qua sử dụng phương trình xói mòn, phát triển vết vỡ phụ thuộc trực tiếp vào loại đê và vật liệu làm đê.



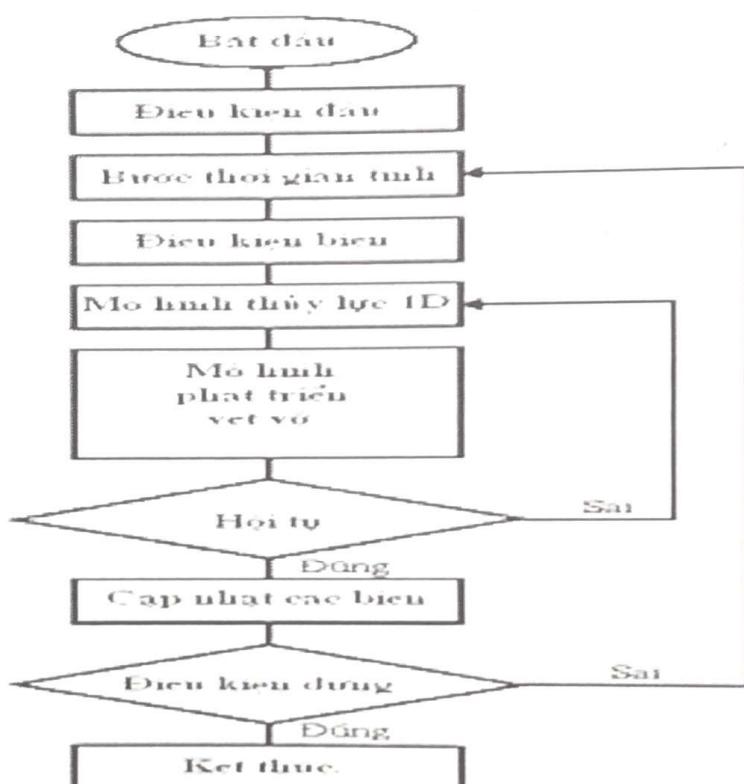
Hình 4. Biểu đồ so sánh chiều cao đáy vết vỡ (a),  
lưu lượng qua vết vỡ (b) theo thời gian

Kết quả tính toán của các mô hình được trình bày trên hình 4. Nhìn chung có sự phù hợp khá tốt giữa các mô hình về phát triển kích thước vết vỡ cũng

như quá trình lưu lượng qua vết vỡ. Sai số về giá trị lưu lượng cực đại nhỏ hơn 10%. Sai số về thời điểm chiêu sâu vết vỡ đạt cực đại là khoảng 30% giữa mô hình "nửa vật lý" và mô hình "vật lý" của Dybreach. Điều này chứng tỏ sự hạn chế của mô hình nửa vật lý, trong đó các số liệu về vật liệu đê không được tính đến.

#### 4. Kết nối mô hình phát triển vết vỡ với chương trình thủy lực một chiều và thử nghiệm ứng dụng

##### 4.1. Kết nối mô hình 1D và mô hình phát triển vết vỡ



Hình 5. Sơ đồ kết nối mô hình phát triển vết vỡ và mô hình thủy lực 1D

Phương pháp ghép nối ở đây là phương pháp ẩn, giải lặp đến khi các điều kiện hội tụ thoả mãn. Trước tiên chương trình thủy lực một chiều xác định giá trị mực nước trong sông tại vị trí vết vỡ khi lưu lượng qua vết vỡ ban đầu coi bằng 0. Sau khi tính được giá trị mực nước này ta lấy làm đầu vào cho mô hình phát triển vết vỡ để tính lưu lượng qua vết vỡ ứng với cao trình mực nước đó. Tiếp theo, lấy giá trị lưu lượng vừa nhận được quay lại chương trình thủy lực một chiều để tính mực nước trong sông tại vị trí vết vỡ khi giá trị lưu lượng qua vết vỡ khác 0. Quá trình trên được tiến hành cho đến khi thỏa mãn điều kiện hội tụ là sai số giá trị mực nước hoặc lưu lượng của bước tính trước so với bước tính sau nhỏ hơn một giá trị sai số mà ta định trước.

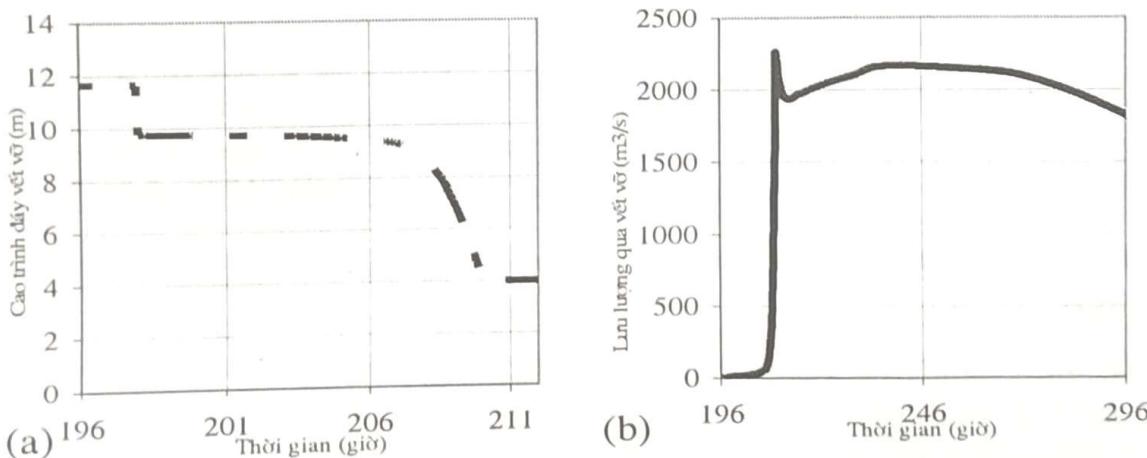
Vấn đề cần giải quyết khi ghép nối hai mô hình chính là sự sai khác của bước thời gian tính. Đối với mô hình 1 chiều, bước thời gian tính là khá lớn, trung bình là 1 giờ trong khi đó bước thời gian để tính cho mô hình phát triển vết vỡ tính bằng giây. Có hai cách giải quyết: thứ nhất là giảm bước thời gian

tính của mô hình một chiều bằng bước thời gian tính của mô hình phát triển vết vỡ, hoặc hai là trong mỗi bước thời gian của mô hình một chiều ta tính gộp rất nhiều bước tính mô hình phát triển vết vỡ, sau đó tính tổng lưu lượng qua vết vỡ của nhiều bước tính đó trả lại cho mô hình một chiều.

Trong việc thử nghiệm của mình, các tác giả chọn cách một: giảm bước thời gian tính của mô hình một chiều xuống phù hợp với bước thời gian tính của mô hình phát triển vết vỡ. Tuy nhiên, cần phải giảm bước thời gian tính của mô hình vào các thời điểm hợp lý để không lãng phí thời gian mô phỏng. Ví dụ khi một vết vỡ bắt đầu phát triển, ta giảm bước thời gian của mô hình kết nối xuống, cho đến khi vết vỡ đó phát triển đến giá trị cực đại hình học ta lại tăng trả lại bước thời gian tính của mô hình một chiều. Khó khăn ở chỗ, trong các bài toán thực tế, không chỉ có 1 vết vỡ mà số lượng vết vỡ cần tính trên toàn đồng bằng lên đến 13 vết vỡ như năm 1971, và việc xác định trạng thái của tất cả các vết vỡ để tăng giảm bước thời gian tính hợp lý cũng rất phức tạp. Sơ đồ khối của mô hình kết nối được thể hiện trên hình 5.

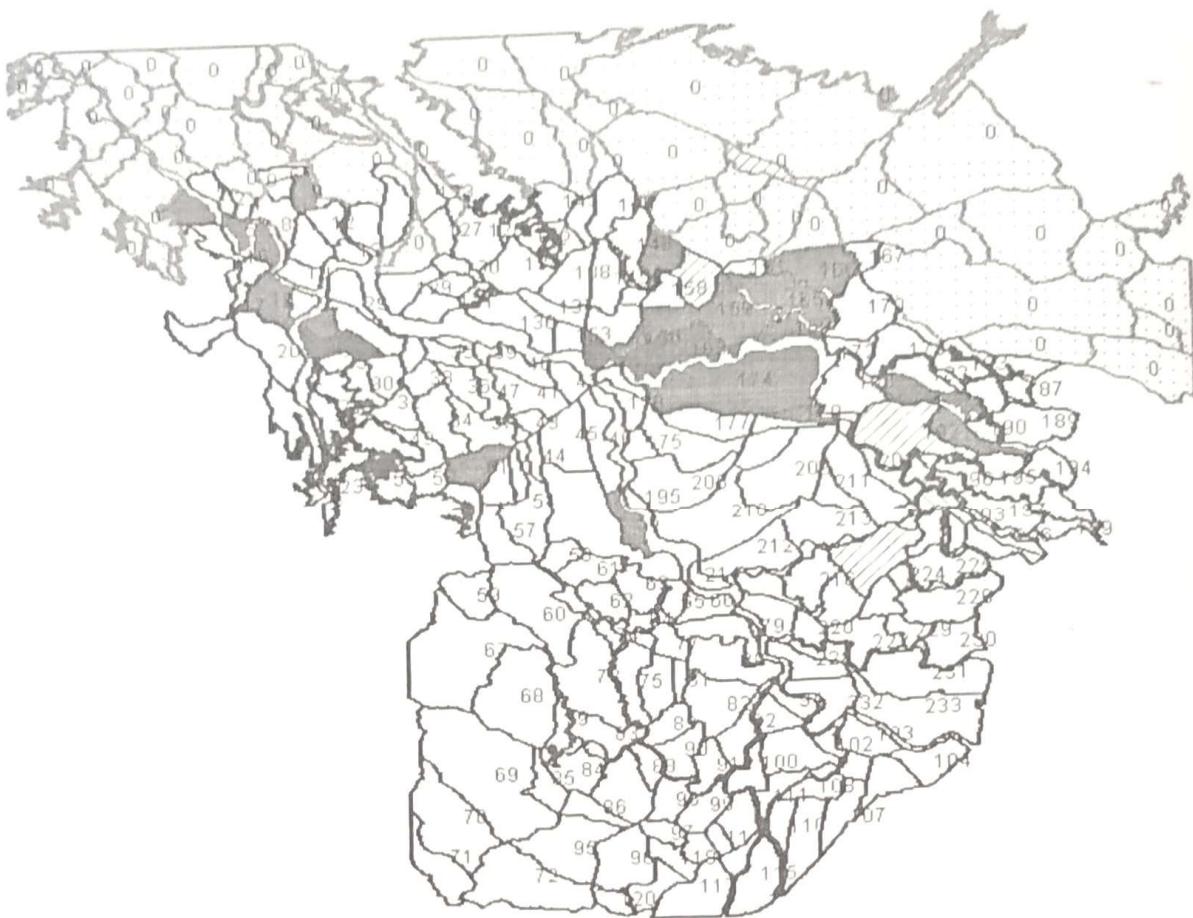
#### 4.2. Áp dụng tính cho cơn lũ năm 1971 trên toàn đồng bằng Bắc Bộ

Cơn lũ xảy ra năm 1971 là cơn lũ lớn trong lịch sử của đồng bằng Bắc Bộ. Trên toàn hệ thống sông xảy ra rất nhiều điểm vỡ đê. Chương trình thử nghiệm mô phỏng lại cơn lũ năm 1971 với các điểm vỡ đê được lấy dựa vào số liệu ghi nhận thực tế ví dụ như vết vỡ tại vị trí SDG\_25 có thời điểm vỡ (tính từ thời điểm cơn lũ bắt đầu xảy ra) là giờ thứ 193, STH\_34 là giờ thứ 219, SHG\_09 là 219, SHG\_17 là giờ thứ 249,... Đây là bài toán có số lượng các vết vỡ lớn, phức tạp lại ở các thời điểm khác nhau, bước thời gian tính toán mô phỏng vết vỡ giảm xuống khá nhỏ, cỡ khoảng 10 giây.



Hình 7. Biểu đồ biểu diễn cao trình đáy (a) và lưu lượng vết vỡ (b) tại vị trí SDG\_15 theo thời gian.

Kết quả tính toán của mô hình tại vết vỡ SDG\_15 được trình bày trên hình 7. Lưu lượng chảy qua vết vỡ của vết vỡ SDG\_15, giá trị lưu lượng lớn nhất trong 13 vết vỡ đã đưa vào mô hình.



Hình 8. Bản đồ tính toán diện tích ngập lụt đồng bằng Bắc Bộ năm 1971  
(mầu sẫm là ô ngập nước)

Trong 13 vết vỡ đã xác định ở bảng, vết vỡ tại vị trí SDG\_15 có lưu lượng chảy qua cao nhất đạt  $2170\text{m}^3/\text{s}$ , vết vỡ số 5 có lưu lượng chảy qua ít nhất chỉ đạt lớn nhất là  $70\text{ m}^3/\text{s}$ . Về mặt thời gian phát triển vết vỡ, các vết vỡ phát triển dưới 5 tiếng chiếm khoảng 38% (5/13 vết vỡ), từ 10 tiếng đến 20 tiếng cũng chiếm 38% (5/13 vết vỡ), còn lại là trên 20 tiếng, đặc biệt vết vỡ thứ 3 có thời gian bắt đầu xói mòn đến khi đạt giá trị cực đại hình học là 56 tiếng. Bản đồ diện tích ngập lụt chương trình tính cho cơn lũ năm 1971 được thể hiện trong hình 8.

## Kết luận

Mô hình phát triển vết vỡ mà các tác giả xây dựng qua kết quả so sánh, kiểm định và áp dụng thử nghiệm ban đầu cho thấy khả năng áp dụng vào thực tế. Chương trình kết nối mô hình phát triển vết vỡ với mô hình thuỷ lực một chiêu đã được chạy với các bài toán từ đơn giản đến phức tạp cho thấy độ ổn định cao. Mặc dù mô hình phát triển vết vỡ còn đơn giản chưa phản ánh đầy đủ bản chất vật lý phức tạp của quá trình phát triển vết vỡ, tuy nhiên việc lựa chọn các tham số thích hợp có thể đạt được kết quả với độ chính xác chấp nhận được.

Việc tiếp tục mở rộng và phát triển mô hình phát triển vết vỡ là cần thiết để phục vụ cho dự báo quá trình ngập lụt nhằm đưa ra các phương án cứu hộ

hợp lý trong tình trạng khẩn cấp, giảm thiểu thiệt hại về người và của do lũ lụt gây ra.

Báo cáo này được hoàn thành với sự tài trợ của Chương trình Nghiên cứu Cơ bản ngành Cơ học.

## Tài liệu tham khảo

1. Báo cáo Đề tài : Xây dựng công nghệ mô phỏng số phục vụ cho việc đề xuất đánh giá và điều hành các phương án phòng chống lũ lụt trên đồng bằng sông Hồng-Thái Bình, Trung tâm khoa học tự nhiên và công nghệ quốc gia, Viện Cơ học, 2001.
2. Báo cáo dự án Flocods, 2003, Modelling dyke-break flows, the National Laboratory of Civil Engineering (LNEC) and the Technical University of Lisbon (IST).
3. BREACH: AN EROSION MODEL FOR EARTHEN DAM FAILURES by D.L. Fread, 1986.
4. "A Numerical Erosion Model for Embankment Dams Failure and Its Use For Risk Assessment " by Erkki Loukola and Mikko Huokuna Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland, 1991.
5. Nguyễn Chính Kiên, Kết nối mô hình tính toán thủy lực một chiều với mô hình phát triển vết vỡ, Luận văn Thạc sĩ, 2005.
6. PAN SHUIBO (ed.) & ERKKI LOUKOLA (ed.) (1993) PETER REITER co-author, Chinese-Finnish Research Work on Dam-Break Hydrodynamics, Publications of the Water and Environment Administration - series A 167, Helsinki 1993.
7. Báo cáo dự án: "Hệ thống ra quyết định kiểm soát lũ lụt, cải thiện hệ sinh thái đầm bảo phát triển bền vững chung châu thổ sông Hồng. Giai đoạn thử nghiệm". Dự án Cộng đồng Châu Âu FLOCODS, 2003.