

ỨNG DỤNG PHƯƠNG PHÁP SỐ GIẢI BÀI TOÁN SỐNG GIÁN ĐOẠN TRONG TÍNH TOÁN THỦY LỰC KHI ĐẬP BÊ TÔNG VỠ

Lê Thị Thu Hiền¹

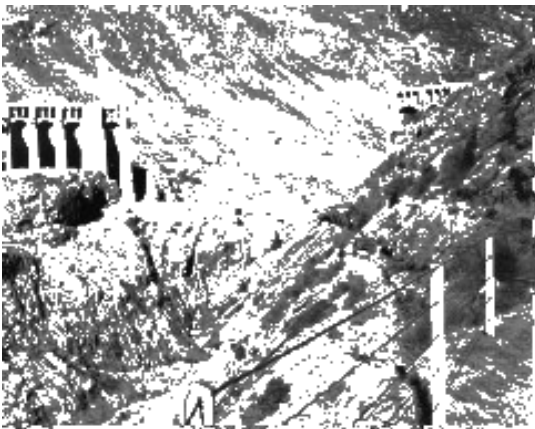
Tóm tắt: *Vỡ đập hồ chứa nước thường gây hậu quả ngập lụt nặng nề. Các giả thiết vỡ đập bê tông hoàn toàn hay một phần được chỉ ra trong các tài liệu liên quan làm căn cứ trong việc nghiên cứu bài toán sóng gián đoạn trong cả hai trường hợp này. Bài báo nêu ra phương pháp số được áp dụng để giải bài toán vỡ đập, đồng thời đưa ra các ví dụ dùng để kiểm định mô hình nhằm khẳng định tính đúng đắn, hiệu quả của chương trình trong việc mô phỏng sóng vỡ đập. Phần cuối của bài báo, tác giả ứng dụng mô hình này trong việc nghiên cứu hình dạng của hồ chứa ảnh hưởng tới quá trình lưu lượng tại đập và áp dụng tính toán cho một trường hợp cụ thể.*

Từ khóa: Vỡ đập, đập bê tông, phương pháp số, quá trình lưu lượng.

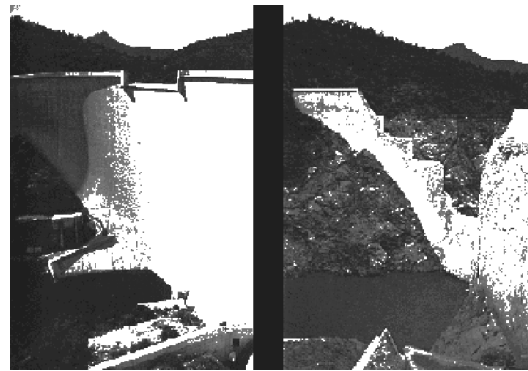
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Đập bê tông thường được xây dựng với nhiệm vụ ngăn dòng chảy tạo thành hồ chứa với mực nước lớn có nhiệm vụ cấp nước tưới, sản xuất điện, giảm thiểu lũ hạ du... Tuy nhiên, bản thân chúng cũng tiềm ẩn những nguy cơ gây nên thảm họa ngập lụt nếu đập bị vỡ và giải phóng một lượng nước lớn xuống hạ lưu. Lịch sử xây dựng đập trên thế giới có không ít những trường hợp vỡ đập bê tông gây nên những hậu quả nặng nề: đập Gleno (Italia) vỡ năm 1923 (hình 1) hay đập Malpaset (Pháp) vỡ năm 1959 (hình 2).

Việt Nam có gần 7000 hồ chứa lớn, nhỏ đã và đang được xây dựng, nên an toàn đập đang trở thành một vấn đề cấp thiết trong quản lý nguồn nước.



Hình 1. Đập Gleno (Italia, 1923)



Hình 2. Đập Malpaset (Pháp, 1959)

Đập bê tông chiếm phần tương đối trong số đó. Mặc dù cho đến nay, chưa có trường hợp vỡ đập bê tông thực tế nào xảy ra ở Việt nam, nhưng những nguy cơ xảy ra vỡ đập dạng này không phải là không có. Vì vậy, việc tính toán thủy lực bài toán vỡ đập bê tông nhằm đưa ra các cảnh báo sớm cho hạ du là vấn đề cần thiết trong vấn đề an toàn đập. Phương pháp số dựa vào hệ phương trình nước nông hai chiều (Shallow Water Equations, SWE) thường được sử dụng trong việc mô phỏng các thông số thủy lực của dòng chảy lũ do đập vỡ như: mực nước, vận tốc,... Trong bài báo này, tác giả đã lựa chọn phương pháp thể tích hữu hạn (FVM) để phân rã dạng tích phân của phương trình nước nông và xây dựng một chương trình tính dựa vào ngôn ngữ Fortran nhằm mô phỏng dòng chảy do vỡ đập. Bên cạnh đó, tác giả cũng thống kê một số qui phạm, qui chuẩn trong tính toán thủy lực do vỡ đập bê tông trên thế giới.

¹ Bộ môn Thủy lực - Trường Đại học Thủy lợi.

2. CƠ SỞ XÂY DỰNG CHƯƠNG TRÌNH TÍNH

2.1. Các giả thiết về điều kiện thủy lực và kích thước vết vỡ.

Căn cứ vào tài liệu thống kê, (Lim Foo Hoat, 2012) và tiêu chuẩn đánh giá vỡ đập bê tông của Ý, (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 56 del 7 marzo 1996), các điều kiện thủy lực và giả thiết về vết vỡ đập bê tông khi tính toán thủy lực được đưa ra như sau:

a. Các giả thiết về điều kiện thủy lực

Với đập bê tông, vỡ đập thường không có liên quan nhiều đến các yếu tố thủy văn. Mục nước ban đầu trong hồ chứa được lấy là mực nước lớn nhất. Nếu hồ chứa nhỏ, cần kể tới sự thay đổi của mực nước hồ trong trường hợp có mở các cửa lấy nước. Nếu hồ chứa có dung tích lớn, để đơn giản có thể coi mực nước ban đầu trong hồ là hằng số với giả thiết đập vỡ tức thời.

Trong quá trình tính lưu lượng tháo tại vị trí vỡ đập, có thể bỏ qua lưu lượng vào hồ hay

dòng chảy qua các cửa tháo nước ra khỏi hồ.

Hạ lưu đập được coi ở điều kiện khô.

Trong tính toán, kích bản vỡ đập nguy hiểm nhất thường được xem xét: Bề rộng vết vỡ là lớn nhất, thời gian hình thành vết vỡ là ngắn nhất, (Lim Foo Hoat, 2012).

b. Các giả thiết vết vỡ của đập bê tông.

Theo tiêu chuẩn đánh giá vỡ đập bê tông của Ý:

- Nếu đập vỡ một phần, thường là phần tương ứng với độ cao đập lớn nhất với tỷ lệ diện tích vết vỡ và diện tích mặt cắt toàn bộ đập không nhỏ hơn 1/3 .

- Coi đập vỡ tức thời trong cả 2 trường hợp vỡ hoàn toàn và vỡ một phần.

- Với đập bê tông trọng lực, vết vỡ được coi là thẳng đứng, trường hợp đập vòm thì coi đập vỡ hoàn toàn.

Tuy nhiên, theo tiêu chuẩn Hoa Kỳ (Bảng 1) trong (Lim Foo Hoat, 2012), kích thước vết vỡ thường được đánh giá qua tỷ lệ giữa chiều rộng trung bình và chiều rộng toàn bộ đập.

Bảng 1. Tiêu chuẩn vết vỡ của các loại đập

Loại đập	Chiều rộng trung bình vết vỡ	Độ dốc mái vết vỡ	Thời gian vỡ (giờ)	Tiêu chuẩn
Đập đất/ Đá đổ	(0.5-5.0)×H	0-1.0	0.1-4.0	USACE(2007)
	(1.0-5.0)×H	0-1.0	0.1-1.0	FERC(1988)
Đập bê tông trọng lực	Vỡ thành nhiều khối ≤ 0.5× L	Thẳng đứng	0.1-0.5	USACE(2007)
		Thẳng đứng	0.1-0.3	FERC
Đập vòm	(0.8-1.0)×L Toàn bộ đập	0-độ dốc mái tự nhiên	≤ 0.1	USACE(2007)
		0-độ dốc mái tự nhiên	≤ 0.1	FERC
L: Chiều dài toàn bộ đập		USACE (U.S Army Corps of Engineers).		
H: Chiều cao lớn nhất của đập		FERC (Federal Energy Regulatory Commission).		

2.2 Phương pháp số mô phỏng dòng chảy do vỡ đập

Các mô hình toán được lựa chọn phải đảm bảo việc lựa chọn các thông số và điều kiện sao cho sự sai lệch của các kết quả tính thủy lực là không đáng kể. Kết quả chính thu được thường là xác định vùng ngập lụt, bao gồm các thông số:

Bản đồ ngập lụt,

Mực nước lớn nhất,

Vận tốc lớn nhất,

Đường quá trình mực nước, lưu lượng tại các vị trí, mặt cắt nghiên cứu.

Phương pháp số tính toán sự lan truyền lũ do vỡ đập dựa vào hệ phương trình nước nông (SWE) được sử dụng rộng rãi trong việc tính toán các thông số thủy lực của dòng chảy lũ như: mực nước, vận tốc,...

Hệ phương trình SWE hai chiều được viết dưới dạng:

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F(U)}{\partial x} + \frac{\partial G(U)}{\partial y} = S(U) = S_1(U) - S_2(U) \quad (1)$$

Trong đó:

$$\mathbf{U} = \begin{bmatrix} h \\ hu \\ hv \end{bmatrix}; \mathbf{F}(\mathbf{U}) = \begin{bmatrix} hu \\ hu^2 + 0,5gh^2 \\ huv \end{bmatrix}; \mathbf{G}(\mathbf{U}) = \begin{bmatrix} hu \\ hu^2 + 0,5gh^2 \\ huv \end{bmatrix}; \mathbf{S}_1(\mathbf{U}) = \begin{bmatrix} 0 \\ ghS_{0x} \\ ghS_{0y} \end{bmatrix}; \mathbf{S}_2(\mathbf{U}) = \begin{bmatrix} 0 \\ ghS_{fx} \\ ghS_{fy} \end{bmatrix}$$

$$S_{0x} = -\frac{\partial z_b}{\partial x}; S_{0y} = -\frac{\partial z_b}{\partial y}; S_{fx} = \frac{n^2 u \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}; S_{fy} = \frac{n^2 v \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

\mathbf{U} là véc tơ biến, dạng bảo toàn; \mathbf{F} và \mathbf{G} là các thông lượng theo các phương x, y ; \mathbf{S} là số hạng nguồn gồm 2 thành phần: \mathbf{S}_1 là độ dốc đáy và \mathbf{S}_2 đại diện cho ảnh hưởng của ma sát.

z_b là cao trình đáy; n là hệ số nhám Manning; g là gia tốc trọng trường; x, y biến là tọa độ Đềcác; t là thời gian.

Gọi $\mathbf{A}(\mathbf{U})$ là ma trận Jacobian của thông lượng

$\mathbf{F}(\mathbf{U})$ theo phương x : $\mathbf{A}(\mathbf{U}) = \frac{d\mathbf{F}}{d\mathbf{U}}$. Vì vậy:

$$\mathbf{A}(\mathbf{U}) = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ c^2 - u^2 & 2u & 0 \\ -uv & v & u \end{bmatrix}$$

Với $c = \sqrt{gh}$ là tốc độ lan truyền sóng

Giá trị riêng và véc tơ riêng của với ma trận

\mathbf{A} là:

$$\begin{cases} \lambda_{1,A} = u - c \\ \lambda_{2,A} = u \\ \lambda_{3,A} = u + c \end{cases} \quad (2)$$

$$\mathbf{U}_{i,j}^{n+1} = \mathbf{U}_{i,j}^n - \frac{\Delta t}{\Delta x} \left[\mathbf{F}_{i+1/2,j} - \mathbf{F}_{i-1/2,j} \right] - \frac{\Delta t}{\Delta y} \left[\mathbf{G}_{i,j+1/2} - \mathbf{G}_{i,j-1/2} \right] \quad (5)$$

Trong đó $\mathbf{F}_{i\pm 1/2,j}$ và $\mathbf{G}_{i,j\pm 1/2}$ là các xấp xỉ Riemann của các thông lượng \mathbf{F} , \mathbf{G} trên mỗi một cạnh ô lưới tính toán trong mỗi bước thời gian Δt . Trong bài báo này, các giá trị trên được tính theo phương pháp Roe, (Roe, 1981).

Tích phân số hạng nguồn $\mathbf{S}(\mathbf{U})$ trong mỗi ô lưới được xử lý theo phương pháp Flux Difference Splitting Method, giới thiệu bởi (Jha và nnk, 1995;

$$\begin{aligned} \mathbf{U}_i^{n+1} = & \mathbf{U}_i^n - \frac{\Delta t}{\Delta x} (\mathbf{F}_{i+1/2,j} - \mathbf{F}_{i-1/2,j}) - \frac{\Delta t}{\Delta y} (\mathbf{G}_{i,j+1/2} - \mathbf{G}_{i,j-1/2}) \\ & + \Delta t [(\mathbf{S}_{1x}^+)_{i+1/2,j} + (\mathbf{S}_{1x}^-)_{i-1/2,j} + (\mathbf{S}_{1y}^+)_{i,j+1/2} + (\mathbf{S}_{1y}^-)_{i,j-1/2} - \mathbf{S}_2] \end{aligned} \quad (6)$$

$$\mathbf{R}_{1,A} = \begin{bmatrix} 1 \\ u - c \\ v \end{bmatrix}; \mathbf{R}_{2,A} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}; \mathbf{R}_{3,A} = \begin{bmatrix} 1 \\ u + c \\ v \end{bmatrix} \quad (3)$$

Tương tự, ta cũng tìm được ma trận Jacobian $\mathbf{B}(\mathbf{U})$ của thông lượng $\mathbf{G}(\mathbf{U})$; giá trị riêng và véc tơ riêng tương ứng.

Giải hệ phương trình nước nông (1) theo phương pháp thể tích hữu hạn trong hệ lưới hai chiều Cartesian. Lấy tích phân phương trình (1) trong trường hợp $\mathbf{S}(\mathbf{U})=0$ trong trong một ô lưới có kích thước $A_{i,j} = \left[x_{i-1/2}, x_{i+1/2} \right] \times \left[y_{j-1/2}, y_{j+1/2} \right]$ và diện tích là $|A_{i,j}| = \Delta x \times \Delta y$, với $\Delta x = x_{i+1/2} - x_{i-1/2}$;

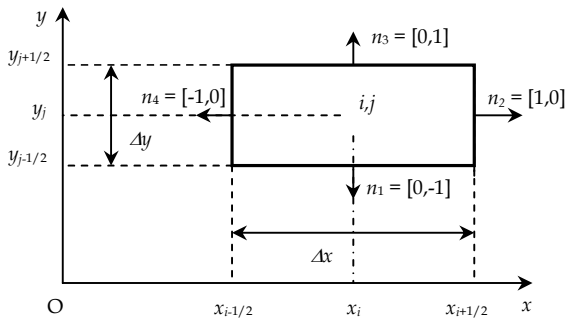
$\Delta y = y_{j+1/2} - y_{j-1/2}$, (hình 3).

$$\frac{\partial}{\partial t} \int_V \mathbf{U} dV + \int_{\Omega} \mathbf{n} \cdot \mathbf{E}(\mathbf{U}) d\Omega = 0 \quad (4)$$

Hubbard và nnk, 2000) nhằm đảm bảo sự cân bằng giữa sự chênh lệch thông lượng qua mỗi ô tính toán với chênh lệch do số hạng nguồn tạo ra.

Bên cạnh đó, để loại bỏ các kết quả không hợp lý khi xử lý biên khô, ướt, cách xử lý dùng cao độ đáy giả giới thiệu bởi (Brufau và nnk, 2000) được áp dụng.

Phương trình cuối cùng:



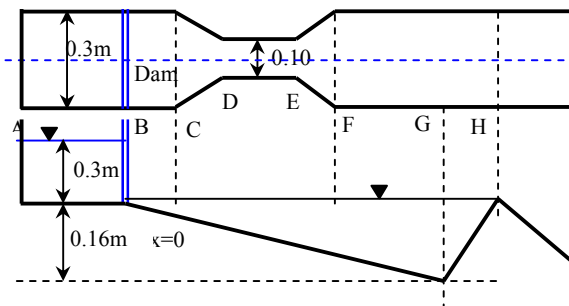
Hình 3. Ô lưới tính toán trong hệ Cartesian.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

Áp dụng phương pháp số đã nêu ở trên, tác giả dùng ngôn ngữ lập trình Fortran 90 lập một chương trình tính. Để kiểm tra tính đúng đắn và hiệu quả của phương pháp số được lựa chọn, hai ví dụ nêu trong mục 3.1 được dùng để so sánh kết quả thu được khi ứng dụng chương trình tác giả lập với kết quả thí nghiệm (mục a) và kết quả của các tác giả khác (mục b). Cả hai ví dụ đều cho kết quả phù hợp.

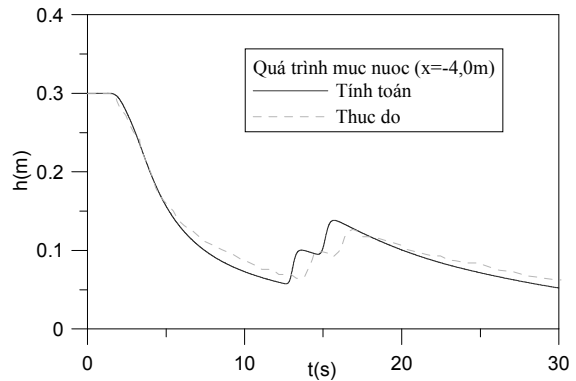
3.1. Các ví dụ kiểm nghiệm chương trình.

a. Dòng chảy lũ do đập vỡ tức thời, hoàn toàn

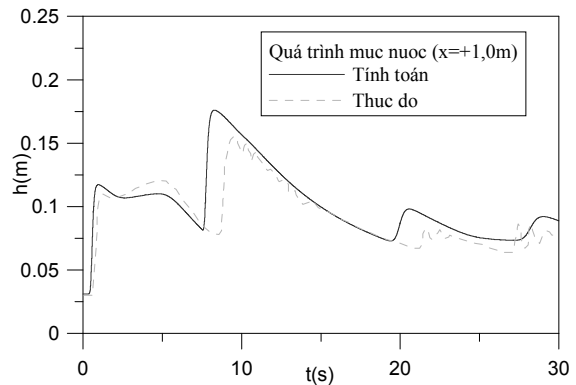


Hình 4. Mặt bằng và cắt dọc của thí nghiệm Chervet and Dalleves

Ví dụ này được giới thiệu lần đầu tiên vào năm 1970 bởi Chervet and Dalleves nhằm nghiên cứu dòng chảy do vỡ đập trên kênh bị thu hẹp đột ngột đồng thời có độ dốc thay đổi. Mặt khác, ví dụ này cũng được dùng để kiểm chứng kết quả của phương pháp số khác trong (Aureli và nnk, 2000). Mức nước hạ lưu đập là 0.02m và mức nước thượng lưu là 0.3m. Độ nhám $n = 0.014$.



Hình 5. Quá trình mực nước tại $x = -4.0m$



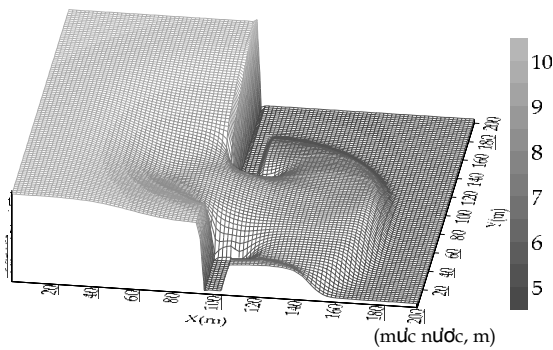
Hình 6. Quá trình mực nước tại $x = +1.0m$

So sánh kết quả giữa phương pháp số và số liệu thực đo về đường quá trình mực nước tại các mặt cắt trước đập $x = -4.0m$ và sau đập $x = +1.0m$ trên hình 5 và 6 hoàn toàn phù hợp nhau, (tại đập, $x = 0$). Vì vậy, phương pháp số lựa chọn hoàn toàn phù hợp trong việc “bắt” sóng gián đoạn do đập vỡ tức thời, hoàn toàn.

b. Dòng chảy lũ do đập vỡ tức thời, một phần

Một trong những ví dụ phổ biến nhất về bài toán vỡ đập một phần là ví dụ được giới thiệu bởi Chaudhry – Fennema nhằm đánh giá khả năng mô phỏng sóng gián đoạn của phương pháp số. Ví dụ này được sử dụng nhiều trong các bài báo của (Brufau và nnk, 2000; Liang và nnk, 2009) v.v...

Miền tính toán có kích thước $200m \times 200m$, đáy bằng. Phần đập vỡ lệch về bên phải như hình 7 có chiều rộng là 75m. Mức nước ban đầu trong hồ chứa là 10m, mức nước hạ lưu là 5m. Cho rằng 4 biên của miền tính toán đều là biên đóng. Lưới tính toán được chia với kích thước là $\Delta x \times \Delta y = 1m \times 1m$, hệ số Courant $C_r = 0.9$.



Hình 7. Vỡ đập tức thời, một phần.

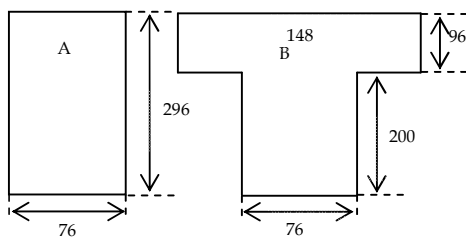
Kết quả dạng 3D của phương pháp số trong việc mô phỏng “bắt” sóng vỡ đập lan truyền ở thời điểm $t=7.1s$ được mô tả như hình 7. Kết quả này cũng phù hợp với các nghiên cứu trước đây của các tác giả đã nêu ở trên.

3.2. Hình dạng hồ chứa ảnh hưởng tới đặc tính đường quá trình lưu lượng tại mặt cắt đập

a. Hồ chứa hình chữ nhật và hồ chứa hình chữ nhật có phần mở rộng.

Để đánh giá hình dạng của hồ chứa ảnh hưởng tới quá trình lưu lượng tại đập, các tác giả đã mô phỏng lại ví dụ được nêu trong (Pilotti và nnk, 2013). Hồ chứa A có hình chữ nhật có chiều dài 296m, rộng 76m, đáy bằng. Hồ chứa B có phần mở rộng phía thượng lưu như hình 8. Mực nước ban đầu trong hai hồ là $h_0=30m$. Đập đặt ở biên cuối 2 hồ. Bỏ qua ma sát, cho rằng hạ lưu đập không có nước.

Ban đầu, giả thiết đập của 2 hồ vỡ hoàn toàn. Quá trình lưu lượng tại mặt cắt đập của hai hồ được tính toán như hình 9.



Hình 8. Hình dạng, kích thước 2 hồ chứa A, B (đơn vị m)

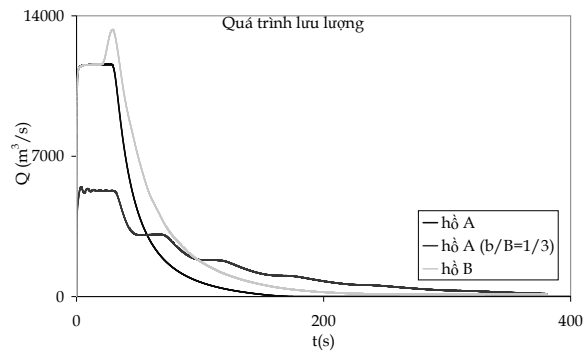
Nếu kênh dẫn dài vô hạn, lưu lượng đơn vị tại mặt cắt đập là hằng số và được tính theo bài toán vỡ đập cơ bản Ritter.

Trong khoảng 30 giây đầu, khi phía thượng lưu hồ A chưa ảnh hưởng tới sự lan truyền của sóng gián đoạn, lưu lượng tại đập chính bằng $Q_p = q_R \times b$.

$$q_R = \frac{8}{27} h_0 \sqrt{gh_0} \quad (7)$$

Khi chiều rộng vết vỡ bằng 1/3 bề rộng toàn bộ đập của hồ chứa A, đường quá trình lưu lượng tại đập như hình 9.

Với hồ B, tại những giây ban đầu khi phần hồ chứa mở rộng chưa chảy về đến đập, lưu lượng dòng chảy tại mặt cắt đập chính là lưu lượng Q_p . Khi ảnh hưởng của phần mở rộng này lan truyền đến mặt cắt đập, lưu lượng dòng chảy tăng lên nhanh chóng và đạt đỉnh.

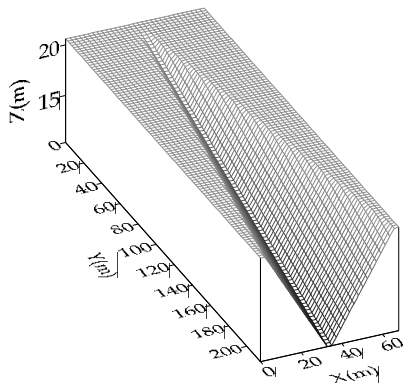


Hình 9. Quá trình lưu lượng tại mặt cắt đập của 2 hồ chứa A và B.

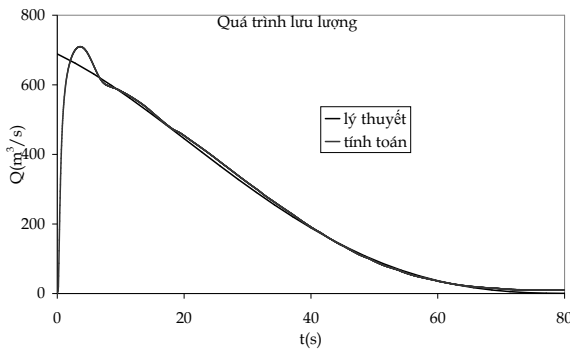
Kết quả này cũng hoàn toàn phù hợp với kết quả phân tích trong (Pilotti và nnk, 2013).

b. Hồ chứa hình nêm

Hai trường hợp trên hồ chứa có dạng đáy bằng nên chưa đánh giá được ảnh hưởng của độ dốc đáy hồ tới đường quá trình lưu lượng. Xét trường hợp hồ chứa có dạng hình nêm như hình 10. Đường quá trình lưu lượng tại mặt cắt đập (hình 11) thu được từ phương pháp số rất phù hợp với kết quả theo phương pháp Simplified method (SM) đã giới thiệu trong (Aureli và nnk, 2014; Piloti và nnk, 2010) càng khẳng định tính đúng đắn của phương pháp số giới thiệu ở trên.



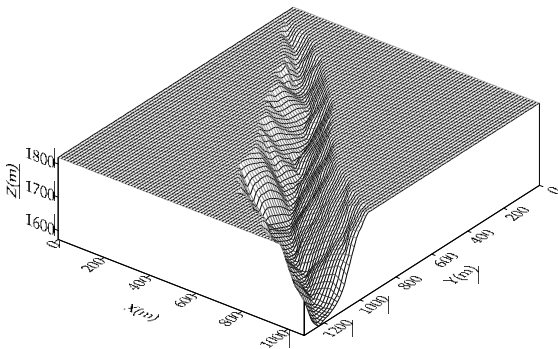
Hình 10. Hồ chứa dạng hình nêm



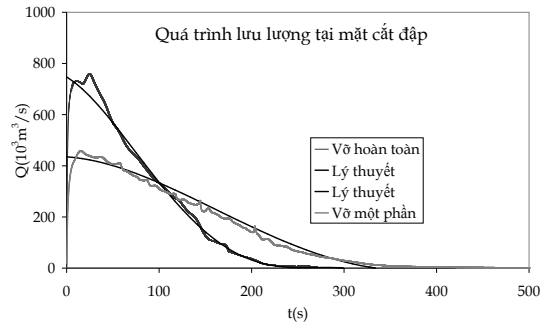
Hình 11. Đường quá trình lưu lượng của hồ chứa hình nêm.

c. Hồ chứa Ridanna2 (Italia)

Hồ chứa Ridanna2 ở vùng phía Bắc nước Ý. Hình dạng và đặc tính của hồ chứa này khá giống với trường hợp hồ chứa có dạng hình nêm ở trên. Vì vậy hình đường quá trình lưu lượng của hồ Ridanna2 khá giống với kết quả ở hình 11.



Hình 12. Địa hình lòng hồ Ridanna2



Hình 13. Quá trình lưu lượng tại đập khi đập vỡ hoàn toàn và một phần ($b/B=0.38$).

Ngoài ra, kết quả trường hợp đập vỡ một phần của hồ chứa Ridanna2 cũng rất phù hợp với kết quả của (Pilotti và nnk, 2010). Mặt khác, tác giả cũng tính toán đường quá trình lưu lượng cho trường hợp đập vỡ hoàn toàn. Kết quả tính toán cũng rất giống với kết quả lý thuyết được suy ra từ phương pháp SM.

4. KẾT LUẬN

Thông qua 2 ví dụ trong mục 3.1 cho thấy giá trị tính toán theo phương pháp số rất phù hợp với giá trị thực đo và kết quả của các tác giả khác đã công bố trước đó nên có thể kết luận phương pháp số đảm bảo mô phỏng được các dòng chảy lũ cả trong trường hợp đập vỡ hoàn toàn hay đập vỡ một phần trên các địa hình phức tạp.

Trong phần hai của bài báo, sử dụng chương trình đã được kiểm nghiệm này để mô phỏng đường quá trình lưu lượng của một số trường hợp hình dạng hồ chứa khác nhau theo giả thiết đập vỡ tức thời, hoàn toàn hay một phần. Từ đó đưa ra những kết luận về đặc điểm hình dạng hồ chứa ảnh hưởng đến đặc tính của quá trình lưu lượng này. Độ tin cậy của kết quả tính bằng phương pháp số có thể thấy bằng cách so sánh kết quả tính được với kết quả tính bằng phương pháp (SM) đã giới thiệu trong (Le, 2014).

Ngoài ra, phương pháp số này cũng được áp dụng để mô phỏng quá trình lưu lượng tại vị trí vỡ đập của hồ chứa Ridanna2 (Italia) trong cả 2 trường hợp: vỡ hoàn toàn và vỡ một phần. Kết quả này phù hợp với kết quả áp dụng phương pháp số khác trong (Pilotti và nnk, 2010) đồng thời cũng phù hợp với kết quả theo phương pháp (SM).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Aureli F, Mignosa P, Tomirotti M (2000). “Numerical simulation and experimental verification of dam break flows with shocks”. J. Hydraulic research, 38(3), p197-205.
- Aureli F, Maranzoni A, Mignosa P (2014), “A semi-analytical method for predicting the outflow hydrograph due to dam-break in natural valleys”. Adv. Water Resour., 63, p38-44.
- Brufau P, Garica-Navarro P (2000), “Two dimensional dam break flow simulation”. Int. J. Numer. Meth. Fluids, 33, p35-57.
- Circolare 13 Dicembre 1995, n. DSTN/2/22806 (Pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 56 del 7 marzo 1996). *Disposizioni attuative e integrative in materia di dighe*.
- Hubbard M.E, Garcia Navarro P (2000), “Flux difference splitting and the balancing of source terms and flux gradients”. J. Comput. Physics, 165, p89-125.
- Jha A.K, Akiyama J, Ura K (1995), “First and second order flux difference splitting schemes for dam break problem”. J. Hydraul. Eng, 121(12), p877-884.
- Le T.T.H (2014), “2D Numerical modeling of dam break flows with application to case studies in Vietnam”, Ph.D thesis, University of Brescia, Italia.
- Liang D, Falconer R.A, Lin B (2007), “Coupling surface and subsurface flows in a depth averaged flood wave model”. Journal of Hydrology, 337, p147-158.
- Liang Q, Marche F (2009), “Numerical resolution of well balanced shallow water equations with complex source terms”. Advances in Water Resources, 32, p873-884.
- Lim Foo Hoat (2012), “Dam break Risk Assesment”. Seminar pengurusan risiko dalam pengurusan Projek.
- Pilotti M, Tomirotti M, Valerio G và Bacchi B (2010), “Simplified Method for the Characterization of the Hydrograph following a Sudden Partial Dam break”. J. Hydraul. Eng., (ASCE), 136(10), p693-704.
- Pilotti M, Tomirotti M, Valerio G, Milanesi L (2013), “Discussion of Experimental investigation of reservoir geometry effect on dam-break flow by A. Feizi Khankandi, J. Hydraulic Res. 50(4), 2012, 376-387”. J. Hydraulic Res, 51(2), p220-222.
- Roe P.L (1981), “Approximate Riemann Solvers, parameter vectors and difference schemes”. J. Comput. Phys., 43, p357-372.

Abstract:

NUMERICAL SIMULATION OF FLOOD WAVE WHEN CONCRETE DAM BREAK

Dam break flow often causes huge damage. The hypothesis of total or partial concrete dam break shown in official reports is considered as fundamental documents in study the flow due to dam collapsed. The article indicates a numerical method which is used to solve the shallow water equations to simulate shock wave due to dam break. Besides that, the paper also gives some test cases to verify the effectiveness and robustness of the numerical scheme in shock capturing capacity. In the last part, the author applied this scheme in studying the influence of different geometry sharps of reservoirs on the breach hydrographs. A real case study in Italy is selected to demonstrate this research.

Keywords: Dam break, concrete dam, numerical method, breach hydrograph.

BBT nhận bài: 26/8/2015

Phản biện xong: 17/9/2015