



NGHIÊN CỨU KẾT HỢP CÔNG CỤ GIS VÀ PHẦN MỀM HEC-RAS TRONG BÀI TOÁN LAN TRUYỀN SÓNG VỠ ĐẬP

Chu Tiến Đạt^{1*}

Tóm tắt: Nghiên cứu sự lan truyền sóng vỡ đập và xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa thủy lợi là một vấn đề thời sự, do ở nước ta hiện nay có nhiều công trình thủy lợi được xếp vào hạng nguy cơ mất an toàn cao. Việc tính toán lan truyền con sóng vỡ đập phía hạ du hồ chứa thủy lợi là khá phức tạp, đòi hỏi nhiều thông số đầu vào về khảo sát địa hình, độ nhám, các công trình nằm trên hành lang con sóng vỡ đập đi qua. Nghiên cứu này tập trung vào việc mô phỏng sự lan truyền của con sóng vỡ đập bằng cách kết hợp công cụ GIS và phần mềm HEC-RAS. Kết quả của nghiên cứu này nhằm đề xuất một hướng tiếp cận bài toán lan truyền sóng vỡ đập khi kết hợp các công cụ tính toán mã nguồn mở và phi thương mại. Đồng thời, nghiên cứu này đưa ra một số khuyến nghị về việc sử dụng các công thức kinh nghiệm và phạm vi khu vực phía hạ du cần cần nhắc thận trọng khi tính toán.

Từ khóa: Sóng vỡ đập; bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa; công cụ GIS; HEC-RAS.

Numerical study on dam-break waves propagation by coupling a GIS tool and the hydraulic software HEC-RAS

Abstract: Research on dam-break waves propagation and construction of floodplain map in the downstream of the reservoir are current issues because there are many reservoirs in Vietnam that are in high unsafe risk. Calculating of Dam-break wave propagation in downstream of a reservoir is complex, requiring a lot of inputs on terrain survey, roughness, structures nearby the region where the waves may be pass through. This study focuses on simulation of the propagation of dam-break waves by combining a GIS tool and HEC-RAS software. The results would like to propose an approach to simulation of dam-break waves by combining open source and noncommercial computing tools. At the same time, this study provides some recommendations on the use of empirical formulas and on downstream areas where designer must pay special attention to the calculation.

Keywords: Dam-break waves; inundation maps; GIS; HEC-RAS.

Nhận ngày 19/11/2017; sửa xong 10/01/2018; chấp nhận đăng 28/02/2018

Received: November 19th, 2017; revised: January 10th, 2017; accepted: February 28th, 2018



1. Giới thiệu

Các hồ đập chứa nước nhân tạo đã được xây dựng khắp nơi trên thế giới với nhiều mục đích như cấp nước, cấp điện, phòng lũ, phục vụ giao thông thủy,... Theo thống kê của Hội đập lớn thế giới, đã có hàng ngàn đập lớn nhỏ khắp nơi bị sự cố mất an toàn và vỡ đập. Các sự cố vỡ đập gây hậu quả nghiêm trọng trên thế giới có thể kể đến như: đập Malpasset (Pháp, 1961), đập Vajont (Ý, 1963), đập Bản Kiều (Trung Quốc, 1975), đập Teton (Hoa Kỳ, 1976), đập Machchu 2 (Ấn Độ, 1979), đập Fujinuma (Nhật Bản, 2012). Các sự cố vỡ đập này đã gây ra các thiệt hại lớn về con người và tài sản cho các vùng phía hạ du hồ chứa. Hình 1a dưới đây chụp lại sự cố vỡ đập Teton tại Hoa Kỳ năm 1976, một sự cố điển hình luôn được nhắc đến trong nghiên cứu về hiện tượng vỡ đập.

Việt Nam là một đất nước có địa hình phức tạp, nằm ở khu vực Đông Nam Á, nơi chịu ảnh hưởng rõ nét của khí hậu nhiệt đới gió mùa ẩm. Thiên nhiên đã tạo ra ở đây mạng lưới sông dày với hơn 2360 con sông có chiều dài lớn hơn 10 km, tiềm năng thủy điện vào khoảng 35000 MW. Ở nước ta, tính đến năm 2014, theo thống kê của Ban quản lý Trung ương các dự án thủy lợi, hiện nước ta có khoảng 6648 hồ chứa thủy lợi, trong đó có khoảng 1150 đập xuống cấp nghiêm trọng, tiềm ẩn nguy cơ rủi ro cao. Hiện tượng vỡ

¹ TS, Khoa Xây dựng Công trình thủy, Trường Đại học Xây dựng.

* Tác giả chính. E-mail: datct@nuce.edu.vn.

đập ở nước ta gần đây cũng ghi nhận một số trường hợp. Có thể kể ra một vài công trình gần đây như: đập Cửa Đạt (năm 2007 tại Thanh Hóa), đập Khe Mơ (năm 2010 tại Hà Tĩnh), đập Đakrông 3 (năm 2012 tại Quảng Trị), đập Đồng Đăng và Khe Luông (năm 2013 tại Thanh Hóa) đập Ia Krel 2 (năm 2013 và 2014 tại Gia Lai) (Hình 1b). Đặc biệt, trong hoàn cảnh nước ta chịu ảnh hưởng lớn của biến đổi khí hậu, dẫn đến sự thay đổi đáng kể về điều kiện khí tượng thủy văn của các lưu vực sông làm cho vấn đề an toàn hồ đập trong mùa mưa lũ có nhiều diễn biến phức tạp.



Hình 1. (a) Sự cố vỡ đập Teton; Hoa Kỳ năm 1976, (b) Sự cố vỡ đập Ia Krel 2, tỉnh Gia Lai năm 2013

Việc nghiên cứu hiện tượng vỡ đập ở nước ta và trên thế giới đã được tiến hành từ khá lâu, từ khoảng những năm 60 của thế kỷ XX. Hình dạng vết vỡ và các kịch bản vỡ đập đã được các tác giả nghiên cứu [1-13]. Các nguyên nhân gây vỡ đập cũng đã được thống kê cho từng loại đập là đập vật liệu địa phương (VLDP) và đập bê tông [1-13]. Các nghiên cứu này bao gồm cả lý thuyết, thí nghiệm và mô phỏng để đánh giá cơ chế vỡ đập cũng như đề xuất các công thức kinh nghiệm nhằm ước lượng hình dạng vết vỡ và thời gian hình thành vết vỡ cho từng loại đập với các đặc tính vật liệu khác nhau.

Ở trong nước, cũng có một số nghiên cứu được công bố xem xét mô phỏng lại sự cố vỡ đập [15-17]. Các nghiên cứu đa số tập trung vào các phần mềm thương mại như MIKE 11, MIKE 21 và MIKE FLOOD, tính toán vùng ngập lụt cho một diện tích rộng lớn phía hạ du hồ chứa. Các phần mềm mã nguồn mở và phi thương mại chưa nhận được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học trong nước.

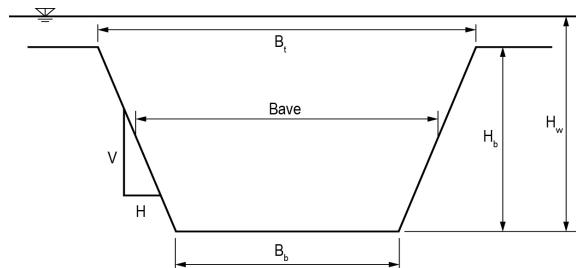
Theo số liệu thống kê [14], sự cố vỡ đập đất chiếm đến 66% trong số 1600 sự cố vỡ đập được ghi nhận trên thế giới. Như vậy có thể thấy rằng, hiện tượng vỡ đập đất hay gặp hơn so với các loại đập khác do số lượng đập đất trên thế giới chiếm đa số trong các loại đập. Ở nước ta có rất nhiều đập VLDP, đặc biệt nhiều đập được xây dựng từ lâu, tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn. Do vậy, tác giả sẽ giới hạn phạm vi nghiên cứu vào hiện tượng lan truyền sóng vỡ đập đối với đập đất. Đồng thời, các kịch bản vỡ đập cũng sẽ giới hạn trong hai kịch bản thường gặp là vỡ đập do nước tràn qua đỉnh đập và vỡ đập do xói ngầm thân đập. Trong nghiên cứu này, công cụ GIS và phần mềm tính toán thủy lực phi thương mại HEC-RAS sẽ được kết hợp với nhau để thực hiện việc tính toán. Kết quả nghiên cứu đề xuất một quy trình tính toán dựa trên các công cụ tính toán mã nguồn mở và phi thương mại. Kết quả nghiên cứu để có thể ứng dụng trong giảng dạy, đánh giá ảnh hưởng của sự cố vỡ đập tới hạ du hồ chứa, cũng như lên kế hoạch phòng ngừa, sơ tán khi cần thiết.



2. Hình dạng và kích thước vết vỡ đập đất

Đập VLDP nói chung hay đập đất nói riêng chiếm đại đa số các trường hợp vỡ đập ghi nhận trên thế giới. Về nguyên nhân vỡ đập VLDP được các nghiên cứu [13] chỉ ra và được thống kê một số nguyên nhân chính như sau: Do nước tràn qua đỉnh; Do xói ngầm qua thân đập; Do nền móng không ổn định; Do mất ổn định mái dốc; Do đập bị đứt gãy; Do hỏng các thiết bị trong thân đập.

Về hình dạng vết vỡ đập VLDP, các nhà khoa học đều thống nhất rằng hình dạng vết vỡ dạng hình thang [13] (Hình 2). Các thông số đặc trưng cho vết vỡ đập VLDP bao gồm: chiều rộng vết vỡ tại đáy B_d , trung bình B_{ave} và tại đỉnh B_t của



Hình 2. Hình dạng và các kích thước đặc trưng của vết vỡ đập VLDP [13]

vết vỡ, độ dốc mái của vết vỡ ($H:V$), chiều cao vết vỡ H_b và thời gian kể từ khi vết vỡ đập bắt đầu hình thành đến khi nó phát triển hoàn toàn T_r . Các thông số về mực nước hồ tại thời điểm vỡ so với cao độ đáy vết vỡ H_w và dung tích hồ tại thời điểm vỡ đập V_w cũng là các thông số cần được quan tâm trong quá trình tính toán.

Nhiều nghiên cứu về lý thuyết và thực nghiệm đã được tiến hành nhằm đề xuất là công thức xác định các đại lượng đặc trưng của vết vỡ đập. Nghiên cứu này tập trung vào 2 công thức được đề xuất bởi [8,12] để tính toán các đặc trưng của vết vỡ. Đây là hai nghiên cứu gần đây, đã cập nhật được cơ sở dữ liệu tương đối đầy đủ về hiện tượng vỡ đập.

Theo [8], các công thức để tính toán các thông số của vết vỡ đập như sau:

$$B_{ave} = 0,27 K_0 V_w^{0,32} H_b^{0,04} \quad (1)$$

$$T_r = 0,63, 2 \sqrt{\frac{V_w}{g H_b^2}} \quad (2)$$

$$Q = 0,607 V_w^{0,295} H_w^{1,24} \quad (3)$$

trong đó: K_0 là hằng số phụ thuộc vào nguyên nhân vỡ đập, $K_0=1$ nếu vỡ do xói ngầm trong thân đập và $K_0=1,3$ nếu vỡ do tràn đỉnh. Cũng theo [8] thì khi hình thức vỡ là do tràn đỉnh thì độ dốc mái là $H:V=1:1$; khi vỡ do xói ngầm trong thân đập thì $H:V=0,7:1$; Q là lưu lượng đỉnh của sóng vỡ đập (m^3/s).

Theo [12], xuất phát từ số liệu đo đạc thực tế của 182 đập đất và bê tông vỡ, các tác giả này đề xuất công thức tính chiều rộng trung bình của vết vỡ như sau:

$$\frac{B_{ave}}{H_b} = 0,787 \left(\frac{H_d}{H_r} \right)^{0,133} \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w} \right)^{0,652} e^{B_3} \quad (4)$$

Ngoài các ký hiệu đã nêu như trên, trong công thức của Xu và Zhang, H_d là chiều cao của đập (m); $H_r=15$ m là chiều cao đập tham chiếu; $B_3 = b_3 + b_4 + b_5$ là các hệ số đặc trưng cho đập, $b_3 = -0,041|0,026|-0,026$ cho các đập có lõi giữa, bê tông bản mặt hay đập đất đồng nhất, $b_4=0,149|-0,389$ cho dạng vỡ lần lượt là do tràn đỉnh hay do xói ngầm trong thân đập, $b_5=0,291|-0,14|-0,391$ cho đập có tính xói mòn cao, trung bình và thấp.

Công thức tính chiều rộng đỉnh vết vỡ:

$$\frac{B_t}{H_b} = 1,062 \left(\frac{H_d}{H_r} \right)^{0,092} \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w} \right)^{0,508} e^{B_2} \quad (5)$$

trong đó: $B_2 = b_3 + b_4 + b_5$ là các hệ số đặc trưng cho đập, $b_3=0,061|0,088|-0,089$ cho các đập có lõi giữa, bê tông bản mặt hay đập đất đồng nhất, $b_4=0,299|-0,239$ cho dạng vỡ lần lượt là do tràn đỉnh hay do xói ngầm trong thân đập, $b_5=0,411|-0,062|-0,289$ cho đập có tính xói mòn cao, trung bình và thấp.

Thời gian phát triển vết vỡ được tính theo công thức sau đây:

$$\frac{T_r}{T_r} = 0,304 \left(\frac{H_d}{H_r} \right)^{0,707} \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w} \right)^{1,228} e^{B_5} \quad (6)$$

trong đó: $T_r=1$ giờ, T_r tính bằng giờ; $B_5 = b_3 + b_4 + b_5$ là các hệ số đặc trưng cho đập, $b_3=-0,327|-0,674|-0,189$ cho các đập có lõi giữa, bê tông bản mặt hay đập đất đồng nhất, $b_4=-0,579|-0,611$ cho dạng vỡ lần lượt là do tràn đỉnh hay do xói ngầm trong thân đập, $b_5=-1,205|-0,564|0,579$ cho đập có tính xói mòn cao, trung bình và thấp.

Lưu lượng đỉnh của sóng vỡ đập được tính bằng công thức sau:

$$\frac{Q}{\sqrt{g V_w^{5/3}}} = 0,175 \left(\frac{H_d}{H_r} \right)^{0,199} \left(\frac{V_w^{1/3}}{H_w} \right)^{-1,274} e^{B_4} \quad (7)$$

trong đó: $B_4 = b_3 + b_4 + b_5$ là các hệ số đặc trưng cho đập, $b_3=-0,503|-0,591|-0,649$ cho các đập có lõi giữa, bê tông bản mặt hay đập đất đồng nhất, $b_4=-0,705|-1,039$ cho dạng vỡ lần lượt là do tràn đỉnh hay do xói ngầm trong thân đập, $b_5=-0,007|-0,375|-1,362$ cho đập có tính xói mòn cao, trung bình và thấp.

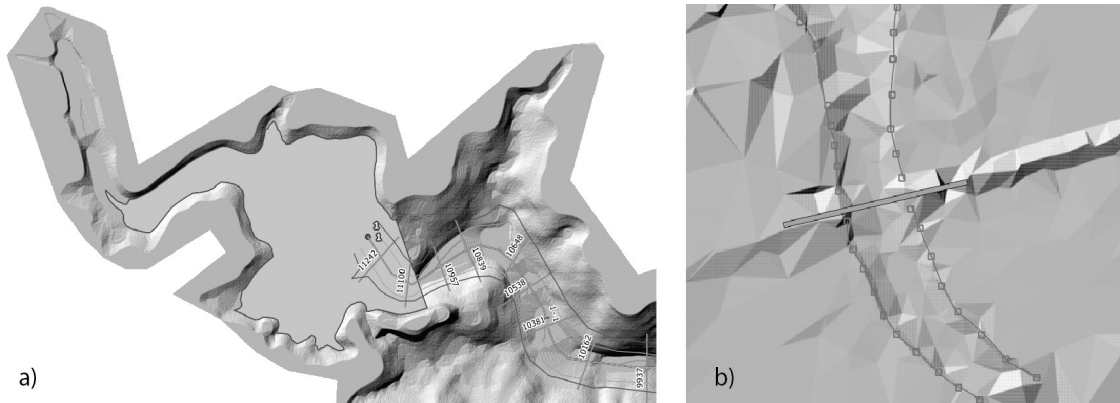


3. Áp dụng kết quả nghiên cứu

3.1 Công cụ GIS và ứng dụng trong bài toán truyền sóng vỡ đập

Hệ thống thông tin địa lý (Geographic Information System-GIS) được hình thành từ những năm 60 của thế kỷ XX và được phát triển rộng rãi trong khoảng 20 năm trở lại đây. Công cụ GIS là một công cụ đã

được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau. GIS hỗ trợ rất hiệu quả cho việc đánh giá hiện trạng các quá trình, các thực thể tự nhiên, kinh tế-xã hội thông qua các chức năng thu thập, quản lý, truy vấn, phân tích và tổng hợp các thông tin được gắn với một bản đồ đã số hóa trên cơ sở tọa độ của các dữ liệu đầu vào. Theo cách tiếp cận truyền thống, GIS là công cụ máy tính để lập bản đồ và phân tích các sự vật, hiện tượng thực trên bề mặt Trái đất.



Hình 3. Sử dụng công cụ GIS trong xử lý số liệu đầu vào cho bài toán sóng vỡ đập và truyền lũ:

- (a) Xác định các thông số về hồ chứa, đập và lòng sông trong phần mềm GIS;
(b) Xác định các thông số về cầu qua đường và đê bao sông trong phần mềm GIS

Trong bài toán tính toán lan truyền sóng vỡ đập hay bài toán lan truyền lũ nói chung, việc ứng dụng công cụ GIS cho phép chúng ta xử lý số liệu đầu vào và trích xuất số liệu đầu ra một cách nhanh chóng và thuận lợi. Hiện nay, có nhiều phần mềm xử lý số liệu GIS thương mại nổi tiếng như: ArcGIS, MapInfo Professional, AutoCAD Map 3D,... Phần mềm xử lý số liệu GIS nổi tiếng nhất hiện nay có lẽ là ArcGIS. Phần mềm này, hỗ trợ nhiều tính năng mạnh mẽ như phân tích không gian (Spatial Analysis), phân tích 3D (3D Analysis),... Tuy nhiên, đây là một phần mềm thương mại có giá thành khá cao.

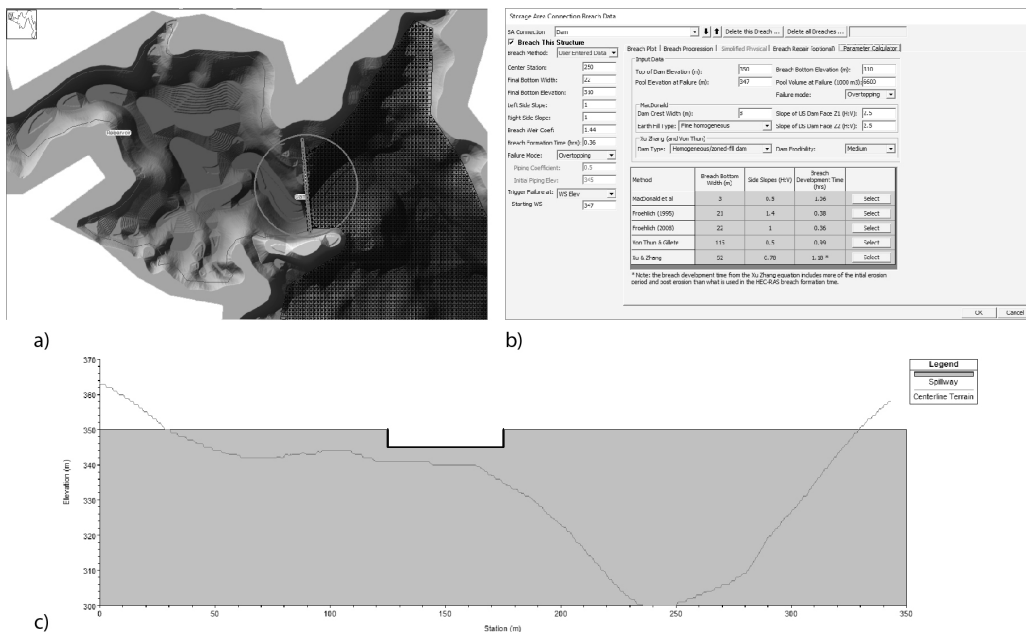
Bên cạnh các phần mềm GIS thương mại, cộng đồng người dùng cũng đã phát triển nhiều phần mềm mã nguồn mở, có thể kể ra đây một số phần mềm tiêu biểu như: QGIS, GRASS GIS, SAGA GIS,... Nghiên cứu này sử dụng QGIS một phần mềm mã nguồn mở, được đông đảo người dùng trên thế giới và ở Việt Nam đánh giá cao, để xử lý số liệu cho tính toán thủy lực. Hình 3 thể hiện việc xử lý số liệu đầu vào cho bài toán lan truyền sóng vỡ đập trong phần mềm QGIS trên nền bản đồ độ cao đã số hóa (bản đồ DEM-Digital Elevation Model). Bằng việc xây dựng bản đồ DEM của khu vực nghiên cứu, sử dụng công cụ GIS chúng ta có thể trích xuất ra các thông tin cần thiết là số liệu đầu vào cho bài toán lan truyền lũ và lan truyền sóng vỡ đập như: thông số lòng hồ thủy lợi, mặt cắt ngang tại mọi vị trí, mặt cắt dọc tuyến lòng dẫn, các vùng có độ nhám khác nhau, các khu vực cản trở dòng chảy, khoanh vùng các khu vực có đê, cầu cống qua đường, các khu vực phân thủy, hợp thủy;...

Toàn bộ số liệu trích xuất từ phần mềm xử lý QGIS được chuyển thành số liệu đầu vào cho phần mềm tính toán thủy lực, mà trong bài nghiên cứu này, là phần mềm HEC-RAS để tính toán sự lan truyền của lũ, của sóng vỡ đập theo thời gian.

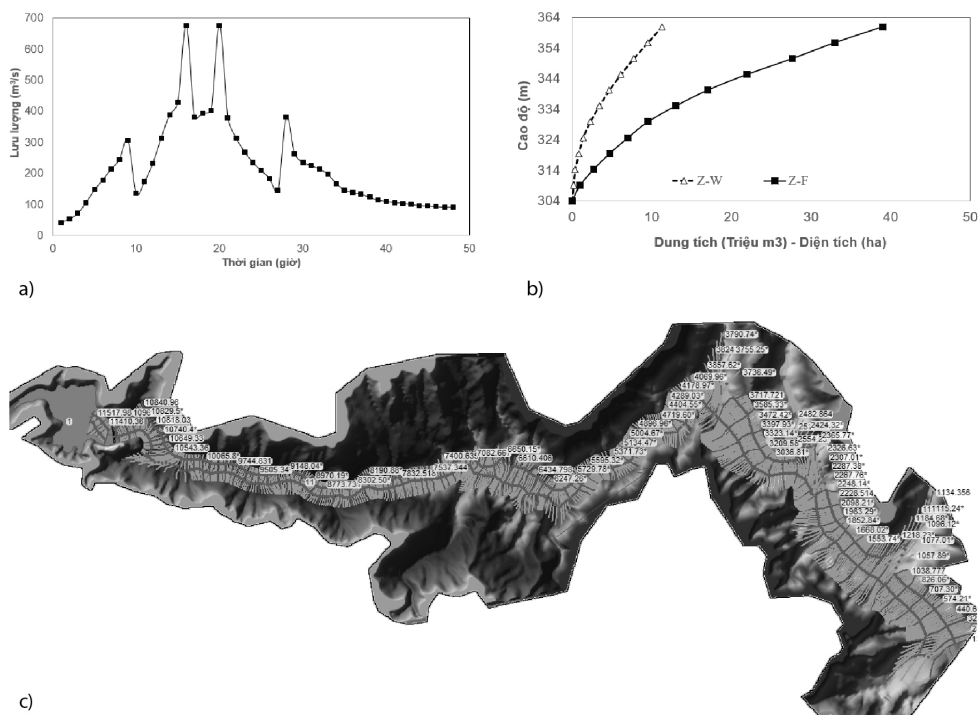
3.2 Phần mềm tính toán thủy lực HEC-RAS

HEC-RAS (River Analysis System) là phần mềm chuyên về phân tích thủy lực của hệ thống sông, kênh mương được phát triển bởi Trung tâm kỹ thuật thủy văn (Hydrologic Engineering Center-HEC), Bộ Công binh quân đội Hoa Kỳ (US Army Corps of Engineers). Đây là phiên bản thay thế cho HEC-2 được cải tiến đáng kể cả về lý thuyết thủy lực, kỹ thuật tính toán. Phiên bản đầu tiên của HEC-RAS là bản 1.0 được hoàn thành vào tháng 7 năm 1995. Cho đến nay, trải qua 20 năm phát triển, phiên bản hiện tại của HEC-RAS là 5.0 với nhiều tính năng được cải tiến. Phần mềm bao gồm 4 mô đun thủy lực được thiết kế riêng biệt cho 4 bài toán lớn trong hệ thống sông: (i) Tính toán dòng chảy ổn định; (ii) Tính toán dòng chảy không ổn định; (iii) Tính toán vận chuyển bùn cát và hình thái lòng sông và (iv) Phân tích chất lượng nước.

Điểm nổi trội của HEC-RAS là có khả năng mô phỏng tốt sự làm việc của các công trình thủy công trên tuyến dòng chảy hoặc ngang tuyến dòng chảy, như là đập, công trình tràn, cống lấy nước có điều tiết bằng cửa van, bãi, đề kè, cống chia nước, các loại cầu trên sông. Việc mô phỏng hồ chứa và trạm bơm cũng rất thuận tiện. Sự kết hợp với mô đun HEC-GeoRAS cho phép HEC-RAS giải quyết tốt các bài toán



Hình 4. Thông số về đập dâng trong HEC-RAS sau khi đã xử lý số liệu đầu vào bằng QGIS:
(a) Vị trí đập dâng trên bình đồ nhập vào từ QGIS, (b) Thiết lập thông số vết vỡ đập dâng trong HEC-RAS, (c) Hình dạng mặt cắt dọc đập dâng trong HEC-RAS



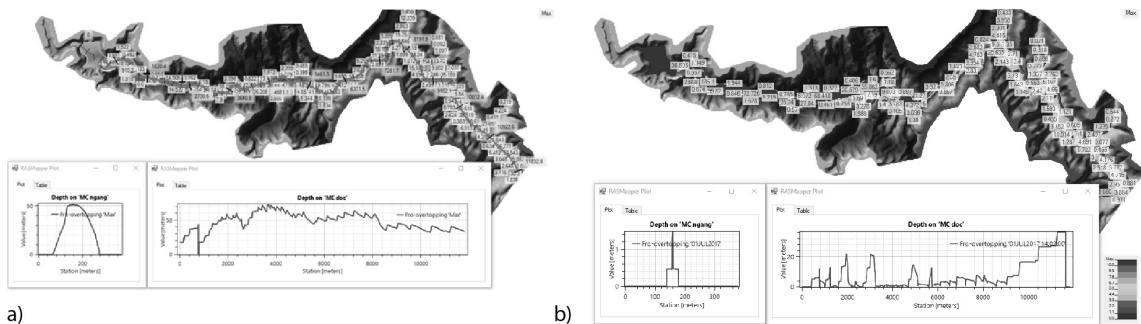
Hình 5. (a) Đường quá trình lũ đến hồ; (b) Đường đặc tính lòng hồ; (c) Các thông số về hồ chứa và lòng dẫn cùng đập dâng được nhập vào phần mềm HEC-RAS từ số liệu xuất ra từ công cụ GIS

trong sông ngòi, hệ thống kênh rạch trong bài toán 1 và 2 chiều. Hình 4 thể hiện các thông số về đập dâng, vị trí của đập trên bình đồ, thông số về vết vỡ đập tính bằng các công thức đề xuất của [8] và [12] trong phần mềm HEC-RAS và mặt cắt dọc đập.

Trong vấn đề lan truyền lũ nói chung và vấn đề lan truyền sóng vỡ đập nói riêng, việc giải quyết bài toán dạng này phải trả lời được ba câu hỏi: (i) Vị trí nghiên cứu có bị lụt do sóng vỡ đập (lũ) hay không; (ii) Nếu có bị ngập thì độ sâu ngập lớn nhất là bao nhiêu và diễn biến ngập tại vị trí đó theo thời gian như thế nào; (iii) Trong thời gian bao lâu kể từ khi hiện tượng vỡ đập (bắt đầu hình thành lũ) xảy ra thì vị trí nghiên cứu bị ngập. Các thông số đầu vào cần khai báo bao gồm: Thông số về dòng chảy đến hồ, ở đây là đường quá trình lũ đến hồ chứa (Hình 5a), các đường đặc tính lòng hồ (Hình 5b) và toàn bộ thông tin địa hình phía hạ du hồ chứa được nhập vào từ số liệu xử lý công cụ GIS (Hình 5c). Quy trình vận hành của công trình tháo lũ, các thông số về mực nước hồ lúc bắt đầu xuất hiện vết vỡ cũng là các thông số đầu vào cần phải khai báo.

3.3 Phân tích một số kịch bản vỡ đập và ảnh hưởng đến vùng hạ du hồ chứa

Trong phần này, bài toán lan truyền sóng vỡ đập được đặt ra đối với một vùng hạ du hồ chứa thủy lợi dài 11,7 km. Bản đồ DEM được xây dựng từ các khảo sát địa hình thực tế. Công trình đập dâng được giả thiết là đập đất đồng chất có chiều cao lớn nhất là 50 m, có bố trí một công trình tràn tự do có chiều dài là 50 m. Mặt cắt tràn là mặt cắt thực dụng Criger-Ofixerov phi chân không. MNDBT bằng đỉnh ngưỡng tràn ở cao độ 345 m, dung tích toàn bộ của hồ chứa đo đạc được là 6,2 triệu m³. Cao trình đỉnh đập là 350 m. Kết quả mô phỏng dòng chảy 2 chiều của HEC-RAS có thể cho chúng ta thông tin về mức độ ngập lụt, vận tốc dòng nước tại thời điểm bất kỳ, tại một vị trí bất kỳ hoặc giá trị lớn nhất tại một vị trí nghiên cứu hay trong toàn bộ khu vực nghiên cứu (Hình 6).



Hình 6. (a) Bản đồ độ ngập sâu lớn nhất trong toàn bộ khu vực nghiên cứu;
(b) Bản đồ vận tốc dòng nước lớn nhất trong toàn bộ khu vực nghiên cứu

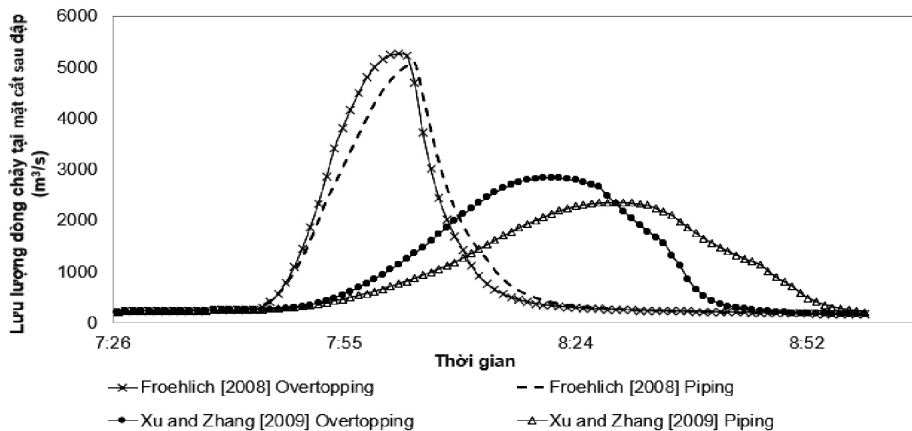
Bảng 1. Thông số vết vỡ đập và các kết quả tính toán - mô phỏng

TT		Dạng vỡ đập	Chiều rộng đáy vết vỡ (m)	Độ dốc mái vết vỡ H:V	Thời gian hình thành vết vỡ (giờ)	Q lớn nhất tại MC sau đập theo công thức (3) và (7) (m ³ /s)	Q lớn nhất tại MC sau đập theo HEC-RAS (m ³ /s)
1	Công thức Froehlich (2008)	Tràn đỉnh	22	1	0,36	5489	5256
2	Công thức Froehlich (2008)	Xói ngầm	20	0,7	0,36	5489	5077
3	Xu và Zhang (2009)	Tràn đỉnh	52	0,78	1,18	5441	2835
4	Xu và Zhang (2009)	Xói ngầm	30	0,45	1,18	3427	2353

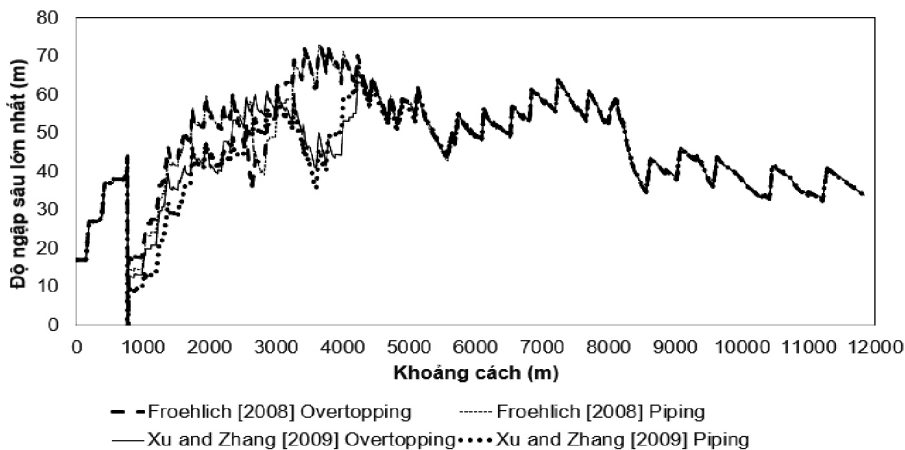
Các trường hợp tính toán được thống kê trong bảng sau sử dụng các công thức kinh nghiệm [8] và [12] và được thống kê trong Bảng 1 cùng với một số kết quả mô phỏng từ phần mềm HEC-RAS.

Kết quả của bài toán cho thấy, bản đồ lan truyền sóng vỡ đập về phía hạ du đã xác định được phạm vi bị ảnh hưởng bởi con sóng vỡ đập, mức độ ngập tại từng điểm và thời gian sóng vỡ đập lan truyền đến vị trí nghiên cứu. Ngoài ra, một số thông tin hữu ích khác mà phần mềm còn có thể cung cấp như phân bố ứng suất trên lòng dẫn, hướng vận tốc dòng chảy, năng lượng của sóng vỡ đập, tỷ lệ thời gian ngập tại một vị trí bất kỳ,... cũng có thể sử dụng trong một số nghiên cứu chuyên sâu hơn. Bằng hai dạng kịch bản vỡ đập và hai công thức kinh nghiệm sử dụng, bốn kết quả liên quan đến đường quá trình dòng chảy tại mặt cắt hạ du của đập khi con sóng vỡ đập truyền qua.

Hình 7 thể hiện các đường quá trình lưu lượng sóng vỡ đập được mô phỏng bằng HEC-RAS. Các đường quá trình lưu lượng được tính từ các thông số của [8] là tương đối giống nhau cho 2 cách vỡ đập tràn đỉnh và xói ngầm trong thân đập. Các đường quá trình lưu lượng sóng vỡ đập của công thức của [12] có một sự khác biệt rõ rệt hơn giữa 2 kịch bản vỡ đập. Đặc biệt, giữa 2 công thức kinh nghiệm khác nhau thì đường quá trình lưu lượng sóng vỡ đập lại có sự khác nhau rất lớn. Bởi vì thời gian phát triển vết vỡ đập tính theo công thức của [12] là 1,18 giờ chậm hơn rất nhiều so với thời gian hình thành vết vỡ theo công thức của [8] là 0,36 giờ. Trong quan điểm của [12], thời gian hình thành vết vỡ đập có bao gồm cả thời gian xói mòn trước khi bắt đầu xuất hiện vết vỡ và sự xói mòn thêm sau khi vết vỡ đã cơ bản hình thành nên thời gian này lâu hơn so với thông lệ chung về quan điểm thời gian vỡ. Điều này cũng đã được HEC-RAS khuyến cáo trong quá trình sử dụng công thức của [12] để tính toán thời gian phát triển vết vỡ đập. Do thời gian phát triển vết vỡ đập dài hơn theo quan điểm của [12] nên đường quá trình lưu lượng sóng vỡ đập tính theo [12] sẽ thoải hơn các đường mô phỏng bởi công thức của [8].



Hình 7. So sánh đường quá trình sóng tràn qua mặt cắt ngay phía sau đập dâng bằng 2 kịch bản vỡ đập tràn đỉnh và xói ngầm trong thân đập [8] và [12]



Hình 8. So sánh độ ngập sâu lớn nhất cho mặt cắt dọc tuyến nghiên cứu bằng 2 kịch bản vỡ đập (tràn đỉnh và xói ngầm thân đập) theo hai công thức kinh nghiệm [8] và [12]

Lưu lượng đỉnh sóng vỡ đập tính theo [8] là $5256 \text{ m}^3/\text{s}$ cho kịch bản vỡ tràn đỉnh và $5077 \text{ m}^3/\text{s}$ cho vỡ do xói ngầm trong thân đập (Bảng 1). Các giá trị này khá sát với giá trị do công thức kinh nghiệm của [8] tính toán được là $5489 \text{ m}^3/\text{s}$ [công thức (3)]. Các giá trị lưu lượng đỉnh sóng vỡ đập do mô phỏng bằng HEC-RAS sử dụng công thức [12] là $2835 \text{ m}^3/\text{s}$ cho kịch bản tràn đỉnh và $2353 \text{ m}^3/\text{s}$ do xói ngầm trong thân đập (Bảng 1). Các giá trị này khác khá nhiều so với giá trị được dự báo bởi chính công thức kinh nghiệm của 2 tác giả đó, có giá trị là $5441 \text{ m}^3/\text{s}$ và $3427 \text{ m}^3/\text{s}$ cho hai kịch bản vỡ tương ứng [công thức (7)]. Do đó, chúng ta thấy bản thân công thức dự báo của [12] trong trường hợp này có sự phân kỳ khá lớn. Sự khác biệt này có thể được giải thích là do thời gian phát triển vết vỡ của [12] là dài hơn trong khi công thức tính lưu lượng đỉnh sóng vỡ đập của hai tác giả này lại không đề cập đến yếu tố thời gian hình thành vết vỡ. Lưu lượng đỉnh sóng vỡ đập mô phỏng trong HEC-RAS bị ảnh hưởng bởi thời gian hình thành vết vỡ nên có thể là nguyên nhân đến sự sai khác này. Các giá trị lưu lượng đỉnh sóng vỡ đập thì lớn hơn rất nhiều giá trị lưu lượng tràn qua đập tràn (khoảng $250\text{-}300 \text{ m}^3/\text{s}$).

Hình 8 so sánh độ ngập sâu lớn nhất của toàn bộ khu vực nghiên cứu bằng 2 công thức kinh nghiệm của [8] và [12] cho 2 kịch bản vỡ đập do tràn đỉnh và do xói ngầm trong thân đập. Trong hình vẽ này, vị trí đồ thị gần như thẳng đứng ở khoảng cách gần 1000 m là vị trí của đập bị vỡ. Chúng ta nhận thấy rằng độ ngập sâu lớn nhất có sự khác nhau đáng kể trong khoảng 4000 m kể từ vị trí đập, sau khoảng cách này độ ngập sâu lớn nhất tính cho các công tác khác nhau và các kịch bản khác nhau thì giá trị này khác nhau không đáng kể. Sự khác nhau trong khoảng 4000 m sau chân đập được giải thích là do hình dạng con sóng vỡ đập truyền ra với các kịch bản vỡ đập và công thức tính đặc trưng vết vỡ là khác nhau, tuy nhiên do ma sát với lòng dẫn thì về phía xa hạ du hồ chứa, sự khác biệt về độ ngập sâu lớn nhất lại trở nên không rõ nét. Do vậy, trong quá trình tính toán lan truyền con sóng vỡ đập, chúng ta phải chú ý đến vùng ngay sau chân đập để đưa ra các đánh giá về độ ngập sâu lớn nhất, phân bố vận tốc,... trong một biên độ nào đó do các phương pháp tính khác nhau và các kịch bản khác nhau đem lại. Việc xác định khoảng cách mà sự khác biệt về độ ngập sâu do các công thức tính toán kích thước vết vỡ khác nhau đem đến cần phải được tính toán cho từng khu vực riêng biệt. Trong vùng gần đập này, chúng ta nên sử dụng các công thức tính toán vết vỡ khác nhau để từ đó đưa ra được một khoảng giá trị về lưu lượng, về độ ngập sâu và về vận tốc truyền lũ.



4. Kết luận

Việc kết hợp công cụ GIS và phần mềm tính toán thủy lực HEC-RAS trong nghiên cứu này đã giúp giải quyết một cách trọn vẹn bài toán lan truyền sóng vỡ đập nói riêng, hay bài toán lan truyền lũ xác định phạm vi ngập lụt nói chung. Các công cụ mã nguồn mở và phi thương mại, nếu được đầu tư nghiên cứu, cũng có thể tiến hành giải quyết được các bài toán phức tạp tương đương các phần mềm thương mại. Nghiên cứu này đã sử dụng hai công thức kinh nghiệm gần đây là của Froehlich (2008) và Xu và Zhang (2009) với hai kịch bản vỡ đập thường xuyên xảy ra do nước tràn đỉnh và do xói ngầm trong thân đập. Các công thức của Froehlich (2008) tỏ ra cho kết quả hội tụ hơn so với các công thức của Xu và Zhang (2009). Đồng thời, khi tính toán bài toán lan truyền sóng vỡ đập ngay phía sau hồ chứa cần thận trọng sử dụng nhiều công thức ước lượng đặc trưng vết vỡ khác nhau để có một đánh giá toàn diện vì đó là vùng rất nhạy cảm với công thức kinh nghiệm sử dụng và kịch bản vỡ đập xảy ra.

Tài liệu tham khảo

1. Cristofano E.A. (1965), "Method of computing erosion rate for failure of earthfill dams", *US bureau of Reclamation, Engineering and Research Center*, Denver, CO.
2. Johnson F.A., Illes P. (1976), "A classification of dam failures", *Water power and dam construction*, 43-45.
3. Brown R.J., Rogers D.C. (1977), "A simulation of the hydraulic events during and following the Teton dam failure", *Proceedings of Dam-break flood routing model workshop*, Bethesda, MD, 131-163.
4. Costa J.E. (1985), "Floods from dam failure, US Department of Interior", *Geological Survey*, Open-file report 85-560, Denver, CO.
5. Evans E.G. (1986), "The maximum discharge of outburst floods caused by breaching of man-made and natural dams", *Canadian Geotechnical Journal*, 23(3):385-387.

6. Froehlich D.C. (1995a), "Embankment dam breach parameters revisited", *First International Conference, Water Resources Engineering, Environmental and Water Resources Institute (EWRI)*, ASCE, Water Resources Engineering Proceeding, 887-891.
7. Froehlich D.C. (1995b), "Peak outflow from breached embankment dams", *ASCE Journal of Water Resources Planning and Management*, 21(1):90-97.
8. Froehlich D.C. (2008), "Embankment dam breach parameters dans their uncertainties", *ASCE, Journal of Hydraulic Engineering*, 134(12):1708-1721.
9. Hason G.J., Cook K.R., Britton S.L. (2003), "Observed erosion processes during embankment overtopping tests", *ASAE, Annual Metting, Proceedings*, 03-2066.
10. Hassan M., Morris M., Hason G.J., Lakhal K. (2004), "Breach formation : Laboratory and numeral modeling of breach formation", *Proceedings of the Annual Conference of the Association of State Dam Safety Officials (ASDSO)*, Phoenix, AZ, 1321-1337.
11. MacDonald T.C., Langridge-Monopolis J. (1984), "Breaching characteristics of dam failure", *ASCE Journal of Hydraulic Engineering*, 110(5):567-586.
12. Xu Y., Zhang L.M. (2009), "Breaching parameters for earth and rockfill dams", *ASCE Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 135(12):1957-1970.
13. Hydrologic Engineering Center (HEC) (2014), *Using HEC-RAS for dam break studies*, US Army Corps. Of Engineers.
14. Zhang L.M., Xu Y., Jia J.S. (2009), "Analysis of earth dam failures: A database approach", *Georisk*, 3(3):184-189.
15. TCKT 03:2015/TCTL, *Công trình thủy lợi - Hướng dẫn xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập*.
16. Vũ Hữu Hải, Nguyễn Thượng Bằng (1998), "Bài toán vỡ đập - Mô hình toán và phần mềm ứng dụng", *Tạp chí: Thông tin chuyên đề KHCN Thủy lợi*, 9-17.
17. Phạm Thị Hương Lan, Nguyễn Cảnh Thái, Trần Ngọc Huân (2011), "Nghiên cứu ảnh hưởng tình huống vỡ đập Hồ Kẻ Gỗ - Hà Tĩnh đến hạ du", *Tạp chí Khoa học kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường*, 18-25.
18. Đỗ Đức Dũng (2009), "Nghiên cứu, đánh giá mô hình vỡ đập Hàm Thuận-Đa Mi đến hạ lưu sông La Ngà, đề xuất biện pháp phòng tránh, giảm thiểu thiệt hại", *Tạp san Khoa học và công nghệ quy hoạch Thủy lợi*, Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam, 124-133.