

Áp dụng mô hình HEC-RESSIM mô phỏng vỡ đập hệ thống hồ chứa Đắk Yên và IA Bang Thượng

Lê Hùng¹, Đoàn Việt Long¹, Nguyễn Đức Huy

1. Khoa Xây dựng Thủy lợi-Thủy điện, trường Đại học Bách Khoa, Đại học Đà Nẵng

Tóm tắt: Hệ thống hồ chứa Đắk Yên và Ia Bang Thượng thuộc tỉnh Kon Tum được xây dựng trên 2 nhánh suối thuộc lưu vực suối Đắk Tia đổ ra sông Đắk Bla. Với tổng dung tích khoảng 8,5 triệu m³ nước, hệ thống công trình này đóng vai trò quan trọng trong việc cung cấp nước tưới cho các xã ở khu vực hạ du và thành phố Kon Tum. Đập hồ chứa Đắk Yên và IA Bang Thượng có kết cấu đập đất, được xây dựng trên lòng dẫn có độ dốc lớn và thường xuyên chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi thiên tai lũ lụt khắc nghiệt. Nguy cơ tiềm ẩn về sự cố công trình có thể gây ảnh hưởng to lớn đến dân sinh và kinh tế cho khu vực hạ du, trong đó nguy hiểm nhất là sự cố vỡ đập hồ chứa. Với mục tiêu đưa ra các kết quả tính toán vỡ đập theo các kịch bản giả định, bài báo đã tiến hành mô phỏng vỡ đập hồ chứa dựa trên phần mềm HEC-RESSIM. Trong đó, yếu tố điều tiết lũ tại đập Đắk Yên và sự vận hành của công trình hồ chứa Ia Bang Thượng trong hệ thống cũng được. Kết quả từ nghiên cứu này là cơ sở để xây dựng các cảnh báo về khả năng ngập lụt đối với khu vực hạ du khi sự cố xảy ra, giúp chính quyền địa phương và người dân đưa ra phương án phòng tránh hợp lý, giảm thiểu thiệt hại.

Từ khóa: Đập Đắk Yên, hồ IA Bang Thượng, mô phỏng vỡ đập, ngập lụt, mô hình HEC-RESSIM

Applying HEC-RESSIM model to simulate the dam-break scenarios of Dak Yen and IA Bang Thuong reservoirs system

Abstract: Dak Yen and IA Bang Thuong reservoirs system are located in Dak Tia river basin. With total water volume of about 8.5 million cubic, it plays an important role in providing irrigation and supply water for the downstream areas as well as Kon Tum City. Dak Yen and IA Bang Thuong dams are earth dams and were built approximately 10 years ago. However, this area is frequently affected by major flood disaster which causes negative impacts to environment and residents at the river downstream basin. Among of them, dam-break is the most dangerous. This paper focuses on modeling the dam-break of Dak Yen reservoir using HEC-RESSIM model in two cases of over topping and piping. In these cases, the operation of IA Bang Thuong reservoir in upstream is also considered. The results are important documents in order to give the warnings for local residents and authorities to minimize losses.

Key words: Dak Yen dam, IA Bang Thuong reservoir, dambreak simulation, flooding, HEC-RESSIM model

1. Tổng quan

Trên địa bàn tỉnh Kon Tum hiện có trên 520 công trình thủy lợi. Trong đó có 70 hồ chứa, gần 450 đập dâng và 8 trạm bơm. Nhiệm vụ chủ yếu của các hồ chứa này là cấp nước tưới, sinh hoạt cho khu vực hạ lưu. Bên cạnh lợi ích về kinh tế xã hội mà các công trình đã mang lại, nhiều hồ đập hiện tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn, chưa lập phương án phòng chống

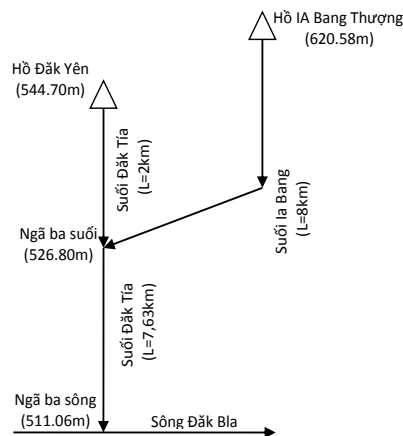
lũ cho vùng hạ du đập. Một sự cố khác cũng rất nguy hiểm nếu để xảy ra đó là vỡ đập hồ chứa. Khi xảy ra, một lượng nước rất lớn trong hồ chứa sẽ tràn xuống hạ lưu và gây ra những tổn thất nặng nề về dân sinh và kinh tế cho khu vực bị ảnh hưởng. Trên thế giới đã từng xảy ra nhiều vụ vỡ đập, gây hậu quả hết sức nghiêm trọng, điển hình là vụ vỡ đập Bangiao và Shimabtan (Trung Quốc - 1975) làm 171.000 người chết. [3]

Trong thời gian gần đây, hiện tượng thời tiết cực đoan như mưa lũ xuất hiện với tần suất mà mức độ ngày càng tăng. Để chủ động đối phó với nguy cơ tiềm ẩn do vỡ đập gây ra, Bộ nông nghiệp và phát triển nông thôn đã ban hành tiêu chuẩn TCTK 03:2015 về hướng dẫn xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập [5]. Tiêu chuẩn này được ban hành dựa trên các nghiên cứu vỡ đập của thế giới [2, 4]. Trong đó đưa ra nhiều phương pháp tính toán vỡ đập bao gồm: phương pháp so sánh, phương pháp kinh nghiệm, phương pháp dựa trên bản chất vật lý, phương pháp mô hình thủy văn và phương pháp mô hình thủy lực.

Trong bài báo này, chúng tôi áp dụng mô hình HEC-RESSIM để xây dựng đường quan hệ lưu lượng và mực nước tại vị trí vỡ đập Đắk Yên. Trong đó có xét đến sự điều tiết lưu lượng lũ của công trình và sự vận hành của hồ IA Bang thượng trong hệ thống. Các kịch bản xây dựng bao gồm vỡ đập do tràn đỉnh vào mùa lũ và do xói ngầm vào mùa khô tương ứng với tần suất tính toán. Kết quả tính toán từ mô hình này được so sánh với kết quả xác định các thông số vỡ đập dựa vào công thức kinh nghiệm. Nghiên cứu này là cơ sở quan trọng cho bài toán thủy lực xác định mực nước lũ và bản đồ ngập lụt cho khu vực hạ du.

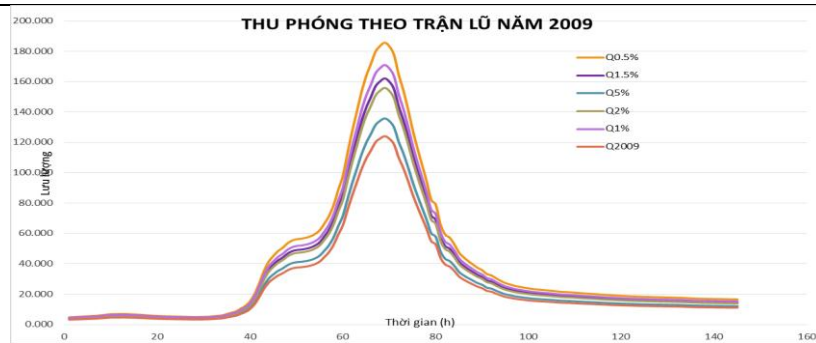
2. Khu vực nghiên cứu

Hồ IA Bang Thượng và hồ Đắk Yên là hai hồ nằm trên 02 nhánh suối thuộc lưu vực suối Đắk Tía cùng đổ ra sông Đắk Bla thuộc địa phận tỉnh Kon Tum. Hồ IA Bang Thượng nằm trên thượng lưu suối Ia Bang, và hồ Đắk Yên nằm trên thượng lưu suối Đắk Tía.



Hình 1: Sơ đồ khu vực nghiên cứu

Do đặc thù của hai hồ là hồ song song, nên khi vận hành, lưu lượng xả lũ của hồ Đắk Yên đổ ra suối Đắk Tía, sau đó hợp lưu với lưu lượng xả lũ vận hành của hồ Ia Bang Thượng tại ngã ba suối Ia Bang – suối Đắk Tía và cùng đổ về sông Đắk Bla. Do vậy khi xét đến ảnh hưởng ngập lụt của hồ Đắk Yên đến hạ du ta không thể tách riêng hồ IA Bang



Hình 3: Đường quá trình lũ với các tần suất đến hồ Đăk Yên

3.2. Tính toán vỡ đập bằng phương pháp kinh nghiệm

Căn cứ phụ lục A của TCTK 03:2015 [5] và đặc điểm kết cấu công trình đập Đăk Yên và hình thức vỡ, bài báo sử dụng công thức của MacDonald & Langrdige-Monopolis (1984) để tính các thông số vỡ đập. Các thông số cần tính toán được thực hiện trong bảng 2.

Bảng 2: Công thức kinh nghiệm tính toán các thông số vỡ đập

Thông số	Vỡ đập do tràn đỉnh	Vỡ đập do xói ngầm
Hệ số mái vết vỡ	2 :1	0.7 :1
Thể tích xói (m ³)	$V_x=0.0261(VH)^{0.769}$	$V_x=0.0261(VH)^{0.769}$
Bề rộng đáy vết vỡ (m)	$B=\frac{(V_x-H_b^2(CZ_b+\frac{H_bZ_bZ_3}{3}))}{(H_b(C+H_bZ_3/2))}$	$B=\frac{(V_x-H_b^2(CZ_b+\frac{H_bZ_bZ_3}{3}))}{(H_b(C+H_bZ_3/2))}$
Thời gian phát triển vết vỡ (giờ)	$T=0.0179*(V_x)^{0.364}$	$T=0.0179*(V_x)^{0.364}$
Lưu lượng vỡ (m ³ /s)	$Q=1.154(V.H)^{0.412}$	$Q=1.154(V.H)^{0.412}$

Trong đó V và H lần lượt là dung tích hồ và độ sâu mực nước hồ tại thời điểm vỡ.

3.3. Điều tiết hồ chứa và tính vỡ đập bằng mô hình HEC-RESSIM

Mô hình HEC-RESSIM được xây dựng để đánh giá vai trò điều tiết của hồ chứa trong hệ thống, nhằm hỗ trợ nghiên cứu bài toán quy hoạch nguồn nước, đặc biệt trong vai trò kiểm soát lũ. Việc tính toán điều tiết dòng chảy trong hồ chứa dựa trên hệ phương trình cân bằng nước và phương trình động lực cùng với các đường đặc trưng, tham số mô tả đặc tính của hệ thống công trình. [1]

Phương trình cân bằng nước:

$$\frac{dV}{dt} = Q_d(t) - q_r(t) \tag{2}$$

Trong đó:

$Q_d(t)$: là đường quá trình lũ đến;

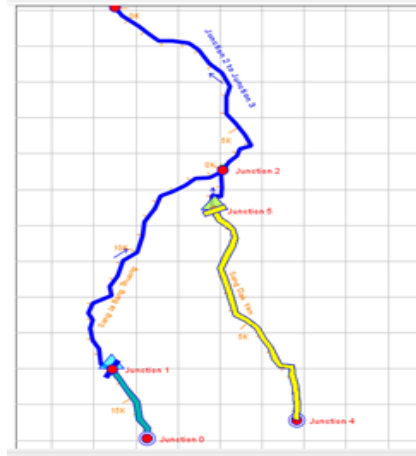
$q_r(t)$ là quá trình lưu lượng xả khỏi hồ.

Phương trình động lực cho các công trình xả lũ có dạng tổng quát là hàm của 3 tham số:

$$q_{xi}(t) = f_i[A_i, Z_{ui}(t), Z_{hi}(t)], \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

Trong đó: Giải hệ phương trình trên ta xác định được đường quá trình lưu lượng xả $q_{xi}(t)$, sự thay đổi mực nước và dung tích của hồ chứa.

Mô hình được thiết lập điều hành hệ thống 2 hồ chứa gồm hồ Đăk Yên và IA Bang Thượng. Khi tính toán vỡ đập hồ chứa Đăk Yên thì giả thiết hồ IA – Bang Thượng làm việc bình thường. Việc thiết lập mạng lưới sông hệ thống hồ chứa lưu vực sông khu vực nghiên cứu bằng mô hình HEC-RESSIM được thể hiện trong hình 4.



Hình 4: Sơ đồ tính toán điều tiết hệ thống hồ Đăk Yên và IA Bang Thượng

4. Các trường hợp tính toán và kết quả nghiên cứu

4.1. Các trường hợp tính toán

Nghiên cứu thực hiện tính toán mô phỏng vỡ đập hồ chứa Đăk Yên trong 2 trường hợp như sau:

Bảng 3: Các trường hợp tính toán vỡ đập hồ chứa Đăk Yên

Trường hợp tính toán	Tần suất lũ đến hồ chứa	Tần suất mưa trên các lưu vực hạ du	Mức nước ban đầu của hồ chứa	Tình trạng đập đất
TH1	1,5%	1,5%	MNDBT	Đập đất bị vỡ do sự cố tràn xả lũ 1 cửa bị kẹt (vỡ do tràn đỉnh, kịch bản đánh giá mức độ ảnh hưởng do vỡ đập vào mùa mưa)
TH2	Không có lũ	Không có lũ	MNDBT	Đập đất vỡ khi bị xói ngầm (đánh giá mức độ ảnh hưởng do vỡ đập)

4.2. Kết quả nghiên cứu

a. Kết quả tính toán vỡ đập bằng công thức kinh nghiệm

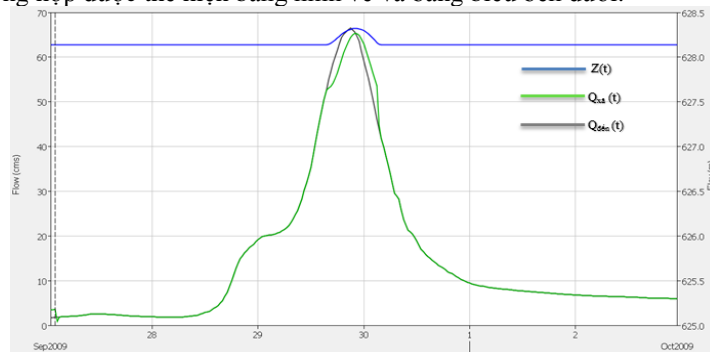
Dựa vào các công thức tính được cho ở bảng 2, thực hiện tính toán cho 2 trường hợp nêu trên. Kết quả thu được như sau:

Bảng 3: Kết quả tính toán thông số vỡ đập theo công thức kinh nghiệm

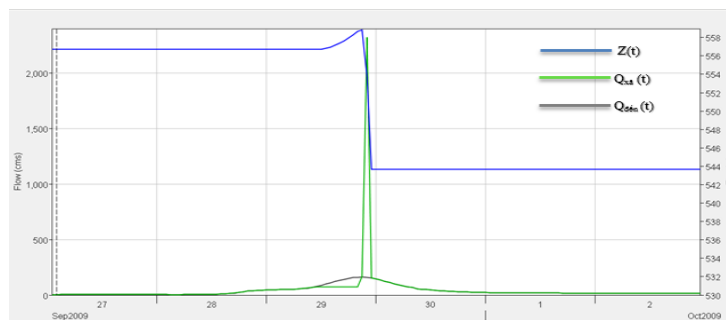
Thông số	Vỡ đập do tràn đỉnh	Vỡ đập do xói ngầm
Độ sâu mực nước hồ (m)	18.8	16.7
Dung tích hồ (10^6m^3)	7.875	6.122
Hệ số mái vết vỡ	2 : 1	0.7 : 1
Thể tích xói (m^3)	83,233	61,984
Bề rộng đáy vết vỡ (m)	71.50	67.04
Thời gian phát triển vết vỡ (giờ)	1.10	0.994
Lưu lượng vỡ lớn nhất (m^3/s)	2,681	2,302

b. Kết quả điều tiết lũ và tính toán vỡ đập bằng phần mềm HEC-RESSIM

Mô hình HEC-RESSIM cho phép tính toán các thông số tại cửa vỡ bao gồm đường quá trình mực nước và đường quá trình lưu lượng. Ngoài ra mô hình còn cho phép tính toán điều tiết lũ tại hồ IA Bang Thượng nằm trong hệ thống với hồ Đăk Yên. Kết quả tính toán cho hai trường hợp được thể hiện bằng hình vẽ và bảng biểu bên dưới.



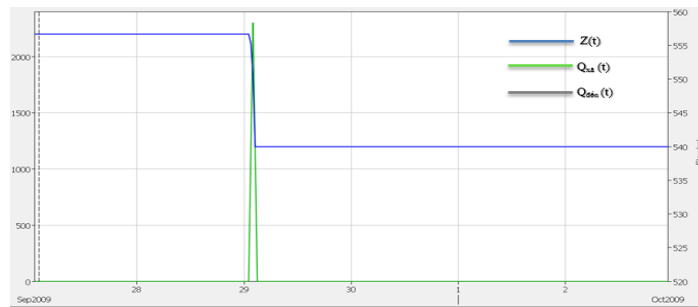
Hình 5: Hồ chứa IA Bang Thượng điều tiết lũ ứng với tần suất lũ $P = 1.5\%$.



Hình 6: Đường quá trình mực nước và lưu lượng của hồ chứa Đăk Yên trong THI

Từ hình vẽ số 5 có thể thấy rằng, sự cố kẹt cửa van đã làm ảnh hưởng đến khả năng điều tiết của hồ. Ban đầu hồ ở mực nước dâng bình thường, sự cố kẹt của van dẫn đến công trình tràn không thể xả hết lưu lượng lũ đến, làm mực nước hồ dâng tới cao vượt quá cao trình đỉnh đập (588.7 m) gây tràn đỉnh và vỡ đập. Sự cố làm cho lưu lượng tháo qua công

trình tăng đột biến lên đến 2,324 m³/s so với lưu lượng của đỉnh lũ thiết kế khoảng 160 m³/s, tăng xấp xỉ 15 lần.



Hình 7: Đường quá trình mực nước và lưu lượng của hồ chứa Đăk Yên trong TH2

Các đồ thị trong hình 7 chỉ ra rằng, lưu lượng đến vào mùa kiệt không đáng kể, hồ đang ở mực nước dâng bình thường thì xảy ra sự cố vỡ đập do xói ngầm. Sự cố này làm cho lưu lượng tháo qua công trình tăng đột biến từ giá trị 0 đến 2,300 m³/s và mực nước hồ hạ nhanh chóng về cao trình 540 m.

Bảng 4: Tổng hợp kết quả mô phỏng vỡ đập hồ chứa Đăk Yên

Trường hợp tính toán	Mực nước ban đầu (m)	Mực nước hồ lớn nhất (m)	Lưu lượng lũ đến lớn nhất (m ³ /s)	Lưu lượng xả lớn nhất (m ³ /s)	Lưu lượng qua lỗ vỡ (m ³ /s)
TH1	556.7	558.8	162.17	75.0	2,324
TH2	556.7	556.7			2,300

4.3. Phân tích kết quả

Từ kết quả tính toán thông số vỡ đập bằng công thức kinh nghiệm của MacDonald & Langrdige-Monopolis (1984) và bằng mô hình HEC-RESSIM, nghiên cứu đưa ra một số phân tích sau :

Lưu lượng vỡ đập lớn nhất trong TH1 theo công thức kinh nghiệm là 2,681 m³/s lớn hơn khi tính toán theo mô hình HEC-RESSIM (2,324 m³/s), tương đương với độ chênh lệch khoảng 15%. Sự chênh lệch này là do ảnh hưởng của quá trình điều tiết lưu lượng hồ IA Bang Thượng trong hệ thống và lưu lượng lũ đến hồ Đăk Yên.

Trong TH2 cho kết quả về lưu lượng vỡ đập lớn nhất của 2 phương pháp gần như tương đương (2302 m³/s trong công thức kinh nghiệm và 2300 m³/s trong mô hình). Có thể thấy rằng chính giá trị lưu lượng về hồ Đăk Yên không đáng kể dẫn đến sự tương đồng về kết quả tính của 2 phương pháp.

Như vậy phương pháp tính vỡ đập bằng mô hình HEC-RESSIM phù hợp hơn khi tính toán sự cố xảy ra trong mùa lũ. Ngoài ra mô hình còn cho kết quả đường mực nước và đường quá trình lưu lượng, trong khi phương pháp kinh nghiệm chỉ cho giá trị lưu lượng lớn nhất.

Kết quả thể hiện ở hình 6 và hình 7 cho thấy rằng trong trường hợp vỡ đập do xói ngầm thì mực nước hồ hạ nhanh hơn trường hợp tràn đỉnh. Điều này được lý giải là dưới áp lực nước trong hồ chứa, lưu lượng tháo qua cửa vỡ ở đáy công trình sẽ lớn hơn khi tràn qua đỉnh đập.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã đưa ra được các kết quả tính toán thông số vỡ đập hồ chứa Đăk Yên bằng phương pháp công thức kinh nghiệm và bằng mô hình thủy văn.

Phương pháp tính toán bằng phần mềm HEC-RESSIM thể hiện nhiều ưu điểm hơn phương pháp kinh nghiệm, đặc biệt là khả năng tính toán điều tiết lũ và điều tiết liên hồ.

Kết quả từ nghiên cứu này là cơ sở để thiết lập bài toán truyền lũ về hạ du bằng mô hình thủy lực 1 chiều hoặc 2 chiều như : HEC-RAS, MIKE 11, MIKE FLOOD ... Ngoài ra có thể kết hợp với phần mềm ArcGIS để thiết lập bản đồ ngập lụt.

Kết quả tính toán vỡ đập và bản đồ ngập lụt khi sự cố xảy ra là cơ sở quan trọng để đề xuất các cảnh báo cần thiết và tính toán phương án phòng tránh cũng như đánh giá thiệt hại.

Tài liệu tham khảo

- [1] Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers (2012). “Manual HEC-RESSIM 3.01”. <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ressim/>
- [2] Federal Emergency Management Agency (2013). “Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risk Associated with Dam Incidents and Failures, First Edition”. *Federal Emergency Management Agency, USA*, July 2013, 145 pgs.
- [3] List of major dam failure (May 2017), https://en.wikipedia.org/wiki/Dam_failure
- [4] MacDonald, T.C., and Langridge-Monopolis, J., (1984). “Breaching Characteristics of Dam Failures”. *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 110, No.5, May, Pgs 567-586.
- [5] Bộ Nông nghiệp và PTNT. “Công trình thủy lợi – Hướng dẫn xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa nước trong tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập” – *TCTK 03:2015*
- [6] Hà Văn Khôi và cộng sự (2012). *Giáo trình Thủy văn công trình*. Nhà xuất bản Khoa học tự nhiên và công nghệ. Hà Nội.
- [7] Phòng Thí Nghiệm trọng điểm Quốc gia về ĐLH sông Biển (2013). “Khảo sát, tính toán phổ cập bổ sung các thông số về dòng chảy các sông suối trên địa bàn tỉnh KonTum”. *Báo cáo tổng hợp, Hà Nội*