

NGHIÊN CỨU MÔ PHỎNG VỠ ĐẬP BẰNG PHẦN MỀM THỦY LỰC 1 CHIỀU – ÁP DỤNG CHO CÔNG TRÌNH ĐẬP DĂNG ĐÌNH BÌNH DAMBREAK SIMULATION USING 1D HYDRAULIC MODEL – A CASE STUDY IN DINH BINH RESERVOIR

Đoàn Viết Long¹, Huỳnh Tự Hiếu², Nguyễn Quang Bình¹, Võ Trung Dũng³, Võ Ngọc Dương¹

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng; dvlong@dut.udn.vn

²Công ty TNHH Khai thác công trình thủy lợi Bình Định; tuhieu.bd@gmail.com

³Chi cục Thủy lợi Bình Định; trungdung07@gmail.com

Tóm tắt - Vào mùa mưa lũ, sự mất an toàn về công trình hồ đập có thể gây ra hậu quả hết sức nặng nề cho cơ sở hạ tầng, tài sản và tính mạng của người dân sống ở hạ du công trình. Bài báo này tập trung nghiên cứu mô phỏng vỡ đập hồ chứa theo các kịch bản khác nhau, áp dụng cho công trình hồ chứa nước Đình Bình. Với dung tích chứa khoảng 226 triệu mét khối nước, Đình Bình là công trình hồ chứa lớn nhất tỉnh Bình Định, có khả năng cung cấp nước tưới cho hơn 30.000 hecta đất nông nghiệp và cung cấp nước sinh hoạt cho khoảng 800.000 người. Công trình đập dâng Đình Bình được xây dựng trên thượng nguồn sông Côn nên thường xuyên chịu ảnh hưởng bởi các trận lũ lớn, việc xảy ra sai sót trong khâu vận hành sẽ dẫn đến nguy cơ hư hỏng công trình. Kết quả trong nghiên cứu này là tài liệu quan trọng để cung cấp các cảnh báo cần thiết để người dân và chính quyền địa phương chủ động phòng tránh, giảm thiểu thiệt hại trong trường hợp vỡ đập.

Từ khóa - vỡ đập; lũ lụt; MIKE 11; hồ Đình Bình; vận hành hồ chứa

Abstract - In flood season, the unsafety of dams and reservoirs may significantly affect human life, property of residents and the infrastructure in river downstream basins. This paper focuses on using hydraulic model MIKE 11 (produced by DHI) for dambreak simulation with many different scenarios for a case study in Dinh Binh reservoir. With capacity of about 226 million cubic metres of water, Dinh Binh is the largest reservoir in Binh Dinh province, providing water for irrigation for more than 30,000 ha and supply water for 800,000 people. Located upstream of Kon river system, this area is frequently affected by major floods, and the inaccuracy in reservoir operation may lead to the failure of this construction. Therefore, the results are important documents in order to give timely warnings for local residents and authorities to minimize losses in case of dambreak.

Key words - dambreak; flood; MIKE 11; Dinh Binh reservoir; reservoir operation

1. Tổng quan về vỡ đập hồ chứa

Trong khoảng 100 năm qua, lịch sử thế giới đã ghi nhận rất nhiều vụ vỡ đập chứa nước để lại hậu quả to lớn. Có thể kể đến một số vụ điển hình như: vỡ đập Banqiao và Shimantan (Trung Quốc - 1975) làm 171.000 người chết, đập Machchu 2 (Ấn Độ - 1919) làm 5.000 người chết, đập Vajont (Italia - 1963) với 2.000 người chết [5]. Do đó nhiều nghiên cứu đã triển khai và công bố liên quan đến vỡ đập [4, 6, 9, 10, 11].

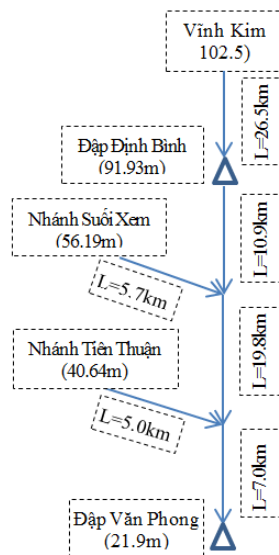
Trong nghiên cứu xây dựng kịch bản vỡ đập thì việc xác định cơ chế vỡ là hết sức quan trọng. Tùy theo loại đập và các trường hợp cụ thể, đập có thể bị vỡ do các nguyên nhân: lũ đặc biệt lớn, sạt lở bề mặt đập, sự cố về công trình, động đất và xói ngầm trong thân đập ... [1]. Bài báo này tập trung nghiên cứu xác định cơ chế vỡ cho đập bê tông. Là loại đập có kết cấu khá vững chắc, vỡ đập bê tông chủ yếu hình thành bởi sự mất ổn định cục bộ, một phần hoặc toàn bộ công trình và nền do vượt quá khả năng chịu lực, chất lượng bê tông không đảm bảo gây xói ngầm và xâm thực bê tông. Theo thống kê của Văn phòng An toàn đập thuộc Bộ Nội vụ Hoa Kỳ, thế giới đã ghi nhận nhiều vụ vỡ đập bê tông, chủ yếu do các nguyên nhân: mất ổn định tổng thể gây trượt các phân đoạn đập (điển hình như đập Austin - 1986, đập Morris Shepard - 1986), động đất (điển hình như đập Koyana - 1967, đập Pacoima - 1971) và xói ngầm trong thân đập (đập Francis - 1926) [9].

Các nghiên cứu gần đây [1, 4] đã đưa ra nhiều phương pháp tính toán mô phỏng 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. Tùy vào cấp độ phân tích tính toán vỡ đập mà lựa chọn phương án tính toán phù hợp. Tiêu chuẩn kỹ thuật TCKT 03:2015 đã đưa ra 4 cấp độ tính toán từ sơ bộ, đơn giản, trung bình đến chi tiết [1]. Trong nghiên cứu này, đối với đập Đình Bình, nhóm tác giả áp dụng cấp độ chi tiết để tính toán, sử dụng phương pháp NWS BREACH để tính toán thông số vết vỡ, tính toán lưu lượng lũ lớn nhất và tính truyền lũ bằng phần mềm MIKE 11 [2].

2. Đặc điểm khu vực nghiên cứu

2.1. Đặc điểm địa lý



Hình 1. Sơ đồ khu vực nghiên cứu

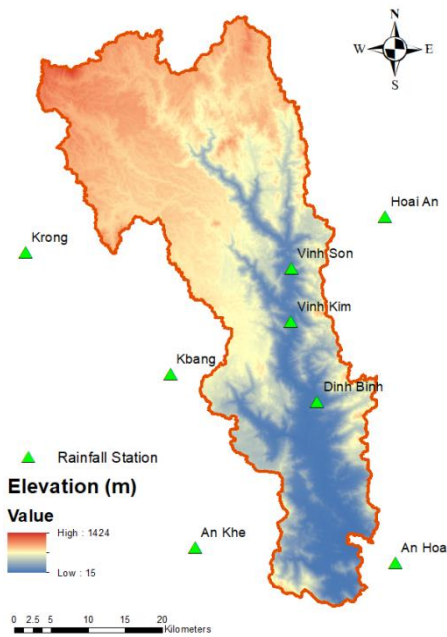
Công trình đầu mối hồ chứa nước Định Bình thuộc lưu vực sông Kôn, huyện Vĩnh Thạnh, cách thành phố Quy Nhơn khoảng 80 km và là hồ chứa nước lớn nhất tỉnh Bình Định, với dung tích khoảng 226 triệu mét khối nước. Phía sau hồ Định Bình khoảng gần 40 km là công trình đập dâng Văn Phong thuộc huyện Tây Sơn. Trong bài báo này, nhóm tác giả giới hạn phạm vi khu vực nghiên cứu từ thượng lưu hồ chứa Định Bình đến đập dâng Văn Phong.

Sơ đồ khu vực nghiên cứu và mạng lưới sông được thể hiện trong Hình 1.

2.2. Đặc điểm khí tượng, thủy văn

Bình Định thuộc vùng nhiệt đới ẩm gió mùa. Nhiệt độ trung bình 27°C. Lượng mưa trung bình hằng năm trong 5 năm gần đây là 2.185 mm. Mùa mưa (từ tháng 8 đến tháng 12) tập trung 70 - 80% lượng mưa cả năm. Mùa mưa trùng với mùa bão nên thường gây ra lũ lụt.

Khu vực nghiên cứu hiện có khoảng 10 trạm quan trắc các yếu tố khí tượng thủy văn, được phân bố theo Hình 2 [3].



Hình 2. Mạng lưới khí tượng, thủy văn

2.3. Đặc điểm công trình đập Định Bình

Công trình đập Định Bình có kết cấu bê tông trọng lực, các thông số chính được cho ở Bảng 1.

Bảng 1. Các thông số đập Định Bình

Nội dung	Đơn vị	Trị số
Mức nước dâng bình thường	m	91,93
Dung tích toàn bộ, W_{TB}	$10^6 m^3$	226,2
Cao trình đỉnh đập, Z_d	m	95,70
Trần xả lũ có 6 cửa $\times (B \times H)$	m	$6 \times (4 \times 11)$

3. Nội dung tính toán và kết quả nghiên cứu

3.1. Các trường hợp tính toán

Căn cứ vào tiêu chuẩn kỹ thuật TCKT 03:2015 [1], bài báo xây dựng các kịch bản vỡ đập trên cơ sở xác định cơ chế vỡ đập và điều kiện dòng chảy tại thời điểm vỡ. Cơ chế vỡ đập bê tông Định Bình được giả định là do mất ổn định

tổng thể, bị trượt 1 phân đoạn đập tràn (bề rộng 37 m) hoặc 2 phân đoạn đập tràn (bề rộng 74 m) về hạ lưu, dẫn đến vỡ đập. Thời gian phát triển vết vỡ đập bê tông theo quy định là từ 0,1 giờ đến 0,5 giờ. Điều kiện dòng chảy tại thời gian vỡ được giả định là công trình trong trạng thái lũ với tần suất lũ kiểm tra 0,1%, mực nước hồ tại thời điểm vỡ bằng mực nước lũ kiểm tra. Trên cơ sở đó, nghiên cứu thiết lập 4 trường hợp tính toán như Bảng 2.

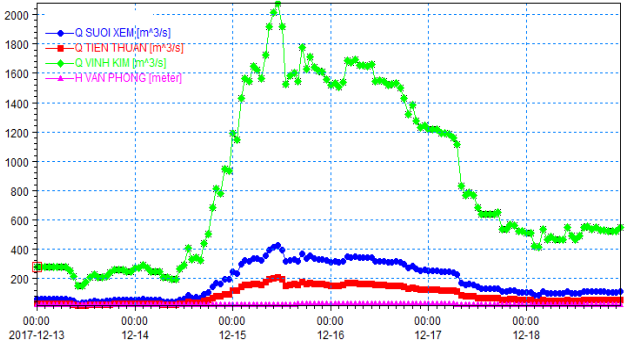
Bảng 2. Các trường hợp tính toán

Trường hợp (TH)	Thông số về vết vỡ				
	Bề rộng (m)	Cao trình đáy (m)	Cao trình đỉnh (m)	Thời gian bắt đầu vỡ	Thời gian phát triển (giờ)
TH1	37	52,37	95,3	15/12 12:00:00	0,1
TH2	37	52,37	95,3	15/12 12:00:00	0,5
TH3	74	52,37	95,3	15/12 12:00:00	0,1
TH4	74	52,37	95,3	15/12 12:00:00	0,5

3.2. Các thông số thủy văn

Thông số về thủy văn là giá trị cần thiết để thiết lập điều kiện biên cho bài toán thủy lực. Theo sơ đồ tính ở Hình 1, cần xác định biên lưu lượng tại thượng lưu hồ Định Bình, cụ thể là tại Vĩnh Kim (cách đập Định Bình 26,5 km) và tại các nhánh Suối Xem và Tiên Thuận. Điều kiện biên hạ lưu là đường quá trình mực nước tại hồ Văn Phong. Chi tiết sơ đồ mạng lưới sông xem tại Hình 1.

Nghiên cứu này sử dụng kết quả tính toán thủy văn từ bài báo “Nghiên cứu mô phỏng vỡ đập hồ chứa nước Định Bình, Việt Nam” được đăng trên Tuyển tập Công trình Hội nghị khoa học Cơ học thủy khí lần thứ 20 [3]. Kết quả dòng chảy lũ ứng với tần suất kiểm tra 0,1% được thể hiện trong Hình 3.



Hình 3. Lưu lượng tại các trạm ứng với $P = 0,1\%$ [3]

3.3. Tính toán vỡ đập và truyền lũ

Mô hình thủy lực MIKE 11 được sử dụng mô phỏng vỡ đập và tính toán truyền lũ về hạ du [2]. Mô hình thủy lực 1 chiều được thiết lập dựa trên tài liệu về địa hình (gồm mạng lưới sông và các mặt cắt ngang), tài liệu về công trình đập Định Bình, tài liệu về hệ số nhám lòng dẫn ($n = 0,03$ đến $0,05$), điều kiện biên thượng lưu và hạ lưu lấy từ kết quả tính toán thủy văn ở Mục 3.2 [3].

Các thông số vỡ đập được thiết lập trong mô hình dựa vào số liệu tại Bảng 2 tương ứng với các trường hợp tính toán. Trước khi vỡ đập, giả định hồ mất chức năng điều

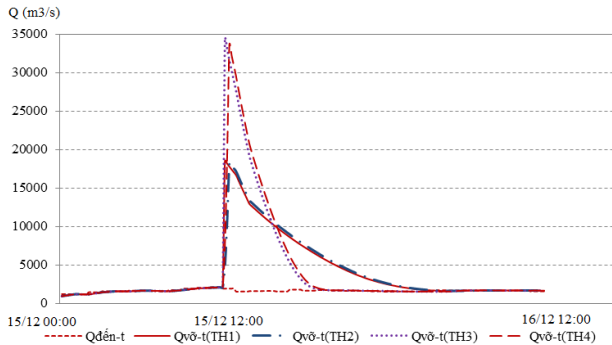
tiết, lưu lượng xả qua công trình bằng lưu lượng về hồ.

Quá trình tính toán truyền lũ được thực hiện bằng mô hình MIKE 11 từ Vĩnh Kim đến đập Văn Phong.

3.4. Kết quả và phân tích

Trên cơ sở 4 trường hợp tính toán, nghiên cứu này đưa ra các so sánh và phân tích như sau:

3.4.1. Đường quá trình lưu lượng và mực nước tại cửa vỡ

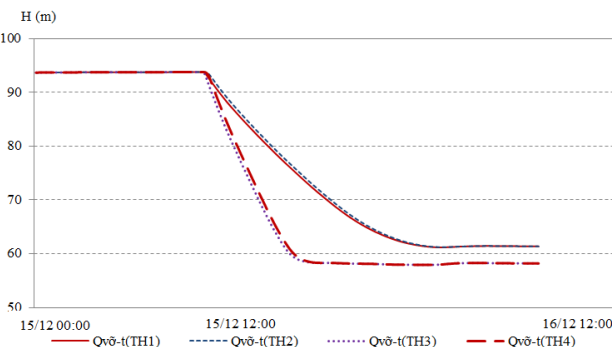


Hình 4. Đường quá trình lưu lượng tại cửa vỡ trong các trường hợp

Dựa vào kết quả mô phỏng quá trình lưu lượng ở Hình 4, ta thấy:

- Đối với TH1 và TH2, khi tăng thời gian phát triển vết vỡ từ 0,1 giờ lên 0,5 giờ thì lưu lượng vỡ lớn nhất giảm không đáng kể (từ 17.952 m³/s xuống 17.158 m³/s), TH3 và TH4 cho kết quả tương tự (giảm từ 33.093 m³/s xuống 31.952 m³/s). Có thể thấy rằng, khi tăng thời gian phát triển vết vỡ, lưu lượng vỡ lớn nhất có giảm nhưng không đáng kể.

- Khi tăng bề rộng cửa vỡ lên gấp đôi (từ 34 m ở TH1, TH2 lên 74 m ở TH3, TH4) thì lưu lượng vỡ đập lớn nhất cũng tăng gần gấp đôi (từ 17.952 m³/s ở TH1 lên 33.093 m³/s ở TH3, từ 17.158 m³/s ở TH2 lên 31.952 m³/s ở TH4).

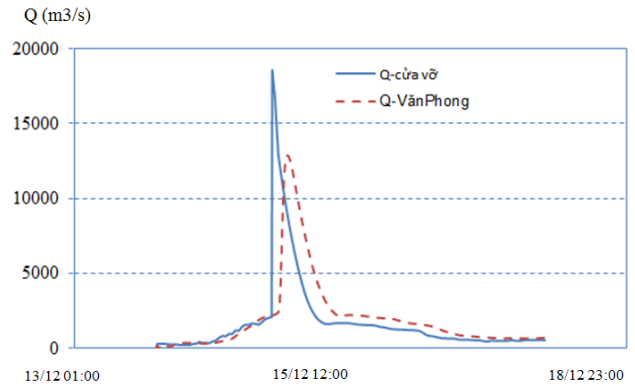


Hình 5. Đường quá trình mực nước tại cửa vỡ trong các trường hợp

Kết quả ở Hình 5 cho thấy với cùng một kích thước vết vỡ, khi tăng thời gian phát triển vết vỡ từ 0,1 giờ lên 0,5 giờ thì đường mực nước hạ xuống chậm hơn (TH2 xuống chậm hơn TH1, TH4 xuống chậm hơn TH3). Khi tăng kích thước bề rộng vết vỡ lên gấp đôi thì đường mực nước tại cửa vỡ hạ nhanh rõ rệt, TH1 và TH2 mất khoảng 10 giờ mới có thể đạt mực nước ổn định, trong khi TH3 và TH4 chỉ mất khoảng 5 giờ.

3.4.2. Thời gian truyền lũ

Thời gian truyền lũ từ vị trí vỡ đến hồ Văn Phong ở TH1 được mô tả trong Hình 6.

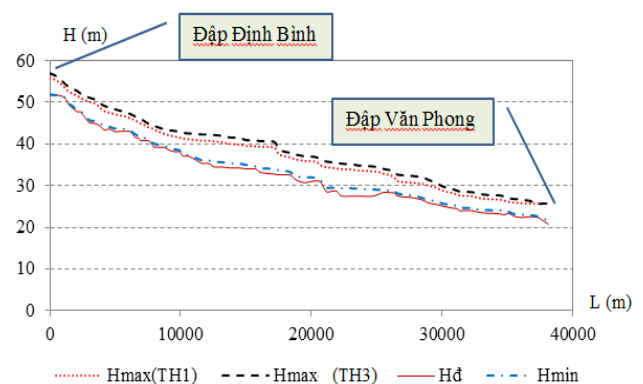


Hình 6. Quá trình lưu lượng tại cửa vỡ và cửa ra hồ Văn Phong trong TH1

Hình 6 cho thấy thời gian truyền lũ từ cửa vỡ đến cửa ra hồ Văn Phong trong TH1 mất khoảng 4,6 giờ. Theo kết quả từ mô hình, thời gian truyền lũ trong TH2 là khoảng 4,5 giờ, TH3 là 4 giờ và TH4 mất khoảng 3,85 giờ. Như vậy, có thể thấy rằng với cùng một kích thước vết vỡ, thời gian phát triển vết vỡ không ảnh hưởng nhiều đến thời gian truyền lũ. Khi tăng bề rộng vết vỡ lên gấp đôi thì thời gian truyền lũ về hạ lưu tại hồ Văn Phong nhanh hơn (TH3 nhanh hơn 0,6 giờ so với TH1, TH4 nhanh hơn 0,65 giờ so với TH2).

3.4.3. Mực nước lớn nhất trong sông

Theo kết quả tính toán, cùng một kích thước cửa vỡ thì thời gian phát triển vết vỡ không ảnh hưởng nhiều đến mực nước lớn nhất trong sông. Khi kích thước bề rộng vết vỡ thay đổi gấp đôi thì mực nước lớn nhất trong sông mới thay đổi đáng kể.



Hình 7. Mực nước lớn nhất trong sông

Hình 7 cho thấy khi tăng kích thước bề rộng vết vỡ từ 37 m (TH1) lên 74 m (TH2) thì mực nước lớn nhất tăng lên trung bình khoảng hơn 1 m. Xét tại vị trí cách đập Định Bình khoảng 17,15 km cao trình mực nước lớn nhất ở TH1 và TH2 lần lượt là 39,18 m và 40,56 m, độ chênh mực nước lớn nhất giữa 2 trường hợp là 1,38 m.

4. Kết luận

Từ việc nghiên cứu tổng quan về vỡ đập hồ chứa, kết quả tính toán mô phỏng vỡ đập Định Bình theo 4 kịch bản và các phân tích ở trên, bài báo đi đến một số kết luận:

- Xây dựng kịch bản vỡ đập là thực sự cần thiết đối với các công trình hồ chứa nước, đặc biệt là các công trình có quy mô và tầm ảnh hưởng lớn như hồ chứa nước Định Bình.

- Mô hình MIKE 11 tích hợp mô-đun tính vỡ đập là phù hợp để tính toán vỡ đập hồ chứa và truyền lũ đối với sông ở vùng đồi núi và trung du, phạm vi nghiên cứu trong bài báo này từ hồ Định Bình đến đập dâng Văn Phong là phù hợp. Tuy nhiên, khi truyền lũ về đồng bằng, mô hình này nên kết hợp với các mô hình thủy lực 2 chiều như MIKE 21, MIKE FLOOD để nâng cao tính chính xác.

- Đối với sự cố vỡ đập bê tông thì thời gian phát triển vết vỡ nhanh (từ 0,1 đến 0,5 giờ), do đó giá trị lưu lượng lớn nhất qua vết vỡ và thời gian truyền lũ không bị ảnh hưởng nhiều bởi thời gian phát triển vết vỡ. Tuy nhiên, giá trị này lại phụ thuộc rất lớn vào kích thước bề rộng vết vỡ.

- Các kết quả về thời gian truyền lũ, mực nước lũ lớn nhất là những số liệu hết sức cần thiết để xây dựng bản đồ ngập lụt cho hạ du để đưa ra các cảnh báo cần thiết cho chính quyền và người dân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, *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*.
- [2] DHI Software, *A Modelling System for River and Channels MIKE11 – Reference Manual*, September 2013, <https://mikebydhi.com/>.
- [3] Đoàn Việt Long, Huỳnh Tự Hiếu, Nguyễn Quang Bình, Võ Trung Dũng, Võ Ngọc Dương, “Nghiên cứu mô phỏng vỡ đập hồ chứa nước Định Bình, Việt Nam”, *Tuyển tập Công trình Hội nghị khoa học Cơ học thủy khí lần thứ 20*, 2017, trang 485-493.
- [4] Federal Emergency Management Agency, *Federal Guidelines for Inundation Mapping of Flood Risk Associated with Dam Incidents and Failures, First Edition*, Federal Emergency Management Agency, USA, July 2013, 145 pages.
- [5] *List of major dam failure*, May 2017, https://en.wikipedia.org/wiki/Dam_failure.
- [6] Mateo Postacchini, Ilya K. Othman, Maurizio Brocchini, Tom E. Baldock, “Sediment Transport and Morphodynamics Generated by Dam Break Swash Uprush: Coupled and Uncoupled Modeling”, *Coastal Engineering*, 89, 2014, pp. 99-105.
- [7] Nguyễn Hoàng Sơn, Hoàng Thanh Tùng, Lê Kim Truyền, Trần Kim Châu, “Xây dựng công cụ cảnh báo lũ đến hồ và cảnh báo ngập lụt khi xả lũ và do vỡ đập gây ra cho hồ chứa vừa và nhỏ”, *Tạp chí Khoa học Thủy lợi và Môi trường*, Số 44, 03/2014, trang 95-103.
- [8] Soil and Water Research Laboratory - Agricultural Research Service Blackland Research Center – Texas Agrilife Research, *Soil and Water Assessment Tool – SWAT, Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406*, Texas 77843-2118, September 2011.
- [9] U.S. Department of Interior – Bureau of Reclamation – Dam Safety Office, *Concrete Dam, Case History of Failures and Nonfailures with Back Conculations*, DSO-98-05, 1998.
- [10] Wang Bo, Zhang Ting, Zhou Qin, “A Case Study of Tangjiashan landslide Dam Break”, *Science Direct*, 27(2), 2015, pp. 223-233.
- [11] Wang Li-Hui, “An Analysis of Dam Break Flow on Slope”, *Science Direct*, 26(6), 2014, pp. 902-911.

(BBT nhận bài: 02/5/2018, hoàn tất thủ tục phản biện: 22/6/2018)