

# MỘT SỐ NGHIÊN CỨU VỀ VỠ ĐẬP TRÊN THẾ GIỚI

**PGS.TS LÊ VĂN NGHỊ**  
**THS NGUYỄN ĐỨC DIỆN**

Phòng thí nghiệm trọng điểm về động lực học sóng biển  
Viện Khoa học Thủy lợi Việt Nam

Trong thuật ngữ kỹ thuật, chúng ta thường gọi vỡ đập là một “sự cố”, nhưng xét về những hậu quả mà nó gây ra thì có thể gọi đó là một “thảm họa”. Bởi về mức độ tàn phá, vỡ đập đôi khi còn gây hậu quả to lớn hơn rất nhiều so với các trận thiên tai lũ lụt thông thường. Vì thế, nghiên cứu về vỡ đập đã được quan tâm từ rất lâu, trên thế giới, hiện đã có nhiều nghiên cứu có giá trị về vấn đề này. Nhằm giúp bạn đọc có một cái nhìn tổng quan về vấn đề này, bài báo tổng hợp các tài liệu và trích lược một số kết quả điển hình theo từng nhóm phương pháp nghiên cứu.

## Giới thiệu chung

Vỡ đập là một hiện tượng đã từng xảy ra trong thực tế. Theo thống kê, từ thế kỷ XII đến nay, trên thế giới đã xảy ra khoảng 2.000 sự cố vỡ đập. Trong khoảng 100 năm qua, đã xảy ra hàng trăm sự cố vỡ đập, làm chết hàng trăm nghìn người và gây ra những tổn hại to lớn về kinh tế - xã hội. Những sự cố đáng tiếc về đập có thể kể đến như: đập Bản Kiều, Trung Quốc, năm 1975 đã làm 175.000 người chết, 11 triệu người mất nhà cửa; đập Kell Barnes ở bang Georgia (Mỹ), năm 1977 đã làm 39.000 người thiệt mạng và nhiều người mất nhà cửa, tài sản, thiệt hại hơn 3,8 triệu USD; đập Vaiont, Italia, năm 1963 làm 2.600 người chết; đập South Fork, Pennsylvania, năm 1889 làm 2.200 người chết; đập Machhu II, Ấn Độ, năm 1974 làm hơn 2.000 người chết và gần đây hơn nữa là các sự cố vỡ đập ở Nigeria, Hoa Kỳ, Indonesia, Trung Quốc...

Để có những biện pháp phòng, chống vỡ đập hiệu quả, cần có những nghiên cứu tổng thể và chi tiết. Các nghiên cứu trên thế giới hiện đã có nhiều, các hướng nghiên cứu cũng khác nhau nhưng phải thừa nhận, vỡ đập là một quá trình phức tạp. Qua quá trình nghiên cứu, các tác giả đã thu thập được một số tài liệu liên quan đến vấn đề này.

## Điểm qua một vài nghiên cứu trên thế giới

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về vấn đề vỡ đập, chủ yếu tập trung theo các hướng chính: nguyên nhân vỡ đập; cơ chế vỡ đập; đặc tính của sóng gián đoạn do vỡ đập; truyền lũ do vỡ đập; ngập lụt và thiệt hại do vỡ đập; phát triển và ứng dụng công nghệ mô phỏng vỡ đập.

Về nguyên nhân gây vỡ đập, chủ yếu là các nguyên nhân sau:

- Lũ lớn vượt thiết kế: đây là một trong những nguyên nhân điển hình nhất và thực tế cho thấy rằng, đa số các sự cố vỡ đập trên thế giới đều xuất phát từ nguyên nhân này.

- Động đất: trong trường hợp xảy ra động đất thì các công trình trên bề mặt đất hoàn toàn có thể bị phá hủy trong đó có hồ, đập.

- Do sinh vật có hại phá hoại thân đập: điển hình cho nguyên nhân này là đập Âm Dương Khỏa, tỉnh Quảng Tây, Trung Quốc bị vỡ ngày 13.2.1983.

- Nút, gãy vật liệu thân đập gây rò rỉ nước và dẫn đến vỡ đập.

- Do sự cố kẹt cửa van khi vận hành chống lũ.

- Nguyên nhân do thiết kế và thi công không đúng kỹ thuật.

- Do công tác khảo sát địa chất không tốt dẫn đến

việc thiết kế không đảm bảo, gây sự cố nứt, gãy thân đập hoặc liên kết kém giữa thân đập và các khối đất, đá tự nhiên: điển hình cho nguyên nhân này là sự cố vỡ đập Malpasset (Pháp).

- Nguyên nhân vỡ đập đôi khi còn do phá hủy có chủ đích của con người, như năm 1943 người Anh đã ném bom xuống 3 con đập của Đức quốc xã. Trong cuộc tấn công này, 2 con đập Mohne và Edersee đã bị vỡ, gây ra lũ lụt tàn phá vùng hạ lưu.

Khi xảy ra vỡ đập, dòng chảy tràn qua vết vỡ và chuyển động với vận tốc lớn về hạ lưu. Trạng thái dòng chảy là không ổn định, thay đổi gấp, dòng chảy hình thành sóng biến đổi liên tục gọi là sóng gián đoạn. Theo kết quả của một số nghiên cứu, nếu đập vỡ nhanh, tại chân đập sóng có thể cao bằng 1/2 độ chênh lệch mực nước thượng hạ lưu. Sóng gián đoạn tích tụ năng lượng lớn di chuyển về phía hạ du nên sức phá hoại rất lớn.

Hiện tượng sóng vỡ đập kể từ lúc hình thành, phát triển vết vỡ cho tới giai đoạn chuyển động, phản xạ, biến dạng của sóng lũ thoát qua vết vỡ về phía hạ lưu là một quá trình vật lý hết sức phức tạp. Sóng vỡ đập gồm hai phần: đầu sóng và thân sóng. Đầu sóng là phần dòng chảy thay đổi đột ngột và tại đây thể hiện tính chất gián đoạn của sóng. Phần thân sóng của dòng chảy chuyển động thay đổi dần, có các tham số biến đổi liên tục theo không gian và thời gian. Sau khi vỡ đập, đầu sóng giảm dần chiều cao, cách vết vỡ một đoạn nhất định thì giảm nhanh và dòng chảy là dòng biến đổi liên tục, cùng với sự phát triển của vết vỡ làm mực nước hạ lưu

dâng cao nhanh chóng. Đầu sóng gây phá hoại trên đường chuyển động rất lớn, còn dòng chảy có thân sóng với lưu tốc lớn tiếp tục vừa làm xói trôi các vật cản, vừa gây ngập lụt. Vì vậy, sóng vỡ đập tích tụ một năng lượng khổng lồ, di chuyển về hạ lưu với sức phá hoại khủng khiếp, nên là một thảm họa uy hiếp nghiêm trọng trong đời sống xã hội.

Sự nguy hiểm của lũ do vỡ đập còn là tính bất ngờ, tốc độ truyền lũ nhanh, mất kiểm soát... nên cần thiết phải xây dựng những kế hoạch hành động khẩn cấp để ứng phó. Bên cạnh đó còn có các biện pháp khác để phòng chống lũ do vỡ đập, như xác định các vùng ngập lũ, xây dựng bản đồ ngập lụt và phát những cảnh báo về nguy cơ xảy ra lũ do vỡ đập.

Hiện trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về vỡ đập và lũ do vỡ đập. Các công cụ tính toán, mô phỏng vỡ đập và lũ do vỡ đập cũng đã được phát triển và dần hoàn thiện. Các mô hình mô phỏng vỡ đập cũng đã được phát triển từ đơn giản đến phức tạp, mục đích của những mô hình này là xác định các đặc tính của lũ do vỡ đập (như lưu lượng đỉnh lũ, tổng lượng lũ và thời gian truyền sóng lũ). Cách đơn giản nhất để xác định lưu lượng đỉnh lũ và sự suy giảm trong quá trình truyền lũ xuống hạ lưu là dựa vào những số liệu lịch sử, một trong những nhà nghiên cứu đi theo hướng này là Costa (1985).

Khi nghiên cứu về vỡ đập, người ta thường phân làm 2 mục tiêu nghiên cứu chính:

**Xác định khả năng gây vỡ đập và mô phỏng sự phát triển của lũ vỡ**

Từ trước tới nay, đã có nhiều nghiên cứu nhằm xác định đặc tính của lũ vỡ (thời gian, kích thước và hình dạng) nhưng đều kết luận rằng đó là một nhiệm vụ khó khăn.

Có 2 phương pháp thường được sử dụng để nghiên cứu sự phát triển của lũ vỡ, đó là: phương pháp phân tích thống kê và phương pháp mô hình hóa (mô hình vật lý và mô hình toán).

- Phương pháp phân tích thống kê sử dụng các số liệu quan trắc trong lịch sử để phân tích khả năng vỡ và đặc tính lũ vỡ của từng loại đập. Điển hình cho phương pháp này là công trình nghiên cứu của 2 nhóm tác giả Johnson và Illes (1976) và Macdonald và Langridge - Monopolis (1984) đã nghiên cứu, mô tả và tổng hợp những đặc tính của các vết vỡ đập đã xảy ra trong lịch sử, qua đó rút ra những kết luận về sự hình thành phổ biến của vết vỡ trong từng loại đập (đập đất, đập bê tông, đập đá đổ...). Trong một nghiên cứu khác, một nhóm tác giả Trung Quốc là X.Y. He, Z.Y. Wang và J.C. Huang (2008) đã nghiên cứu sự phân bố theo thời gian và không gian của các sự cố vỡ đập ở Trung Quốc và một số nước khác. Qua đó, đưa ra những nhận định về chu kỳ của các sự cố vỡ đập, quan hệ giữa tuổi đập và nguy cơ vỡ đập, quan hệ giữa các yếu tố khí hậu với khả năng vỡ đập ở các vùng, miền thuộc Trung Quốc.

- Phương pháp mô hình hóa: đây là phương pháp được sử dụng phổ biến để nghiên cứu khả năng vỡ đập và mô phỏng sự phát triển của lũ vỡ. Phương pháp này bao gồm:

**Mô hình vật lý:** được sử dụng để nghiên cứu mô phỏng sự phát triển của lũ vỡ qua các thí nghiệm. Đến nay, trên thế giới đã có nhiều công trình nghiên cứu thí nghiệm mô hình vật lý nhằm xác định đặc tính của lũ vỡ, như: ở Trung Quốc đã tiến hành nghiên cứu thí nghiệm nhiều công trình vỡ đập và đưa ra quy trình nghiên cứu thí nghiệm mô hình vật lý về vỡ đập (SL164-95) nhằm thống nhất phương pháp và yêu cầu kỹ thuật trong nghiên cứu thí nghiệm mô hình vật lý về vỡ đập, nâng cao tính chính xác và độ tin cậy của kết quả nghiên cứu thí nghiệm để dự báo cho thực tế các công trình tương tự. Quy trình này đã nêu ra các tiêu chuẩn thiết kế mô hình vỡ đập, đáp ứng được các yêu cầu tương tự, đồng thời nêu ra phương pháp thí nghiệm, nội dung thí nghiệm và các yếu tố cần quan trắc đo đạc. Mỹ, Canada và nhiều quốc gia khác cũng đã tiến hành các thí nghiệm trên mô hình vật lý trong phòng thí nghiệm.

Từ 2001 đến 2004, Ủy ban châu Âu đã thành lập dự án IMPACT để nghiên cứu về lũ cực hạn, vỡ đập và an toàn công trình. Trong đó, vấn đề vỡ đập được quan tâm nghiên cứu trong hợp phần WP2. Trong hợp phần này, đã tiến hành nhiều thí nghiệm mô hình vật lý công phu cả trong phòng thí nghiệm và ngoài hiện trường. Đặc biệt, dự án đã sử dụng dòng sông Rossvass ở Thụy Điển để tiến hành xây đập và tiến hành thí nghiệm. Có 7 mẫu thí nghiệm được thực hiện cho các loại đập khác nhau với những thiết bị đo đạc hiện đại nhất nhằm xác định cơ chế, kích thước và sự phát triển của lũ vỡ (bảng 1).

Bảng 1: các trường hợp thí nghiệm của dự án IMPACT

TT	Kiểu đập	Kích thước đập	Mục đích thí nghiệm
1	Đập đá đổ đồng chất	H = 6 m, B = 3 m Mặt cắt hình thang	Kiểm tra tính ổn định và nghiên cứu cơ chế vỡ
2	Đập đất đồng chất	H = 6 m, B = 2 m Mặt cắt hình thang	Nghiên cứu cơ chế vỡ của đập làm bằng vật liệu kết dính
3	Đập sỏi đồng chất	H = 5 m, B = 2 m Mặt cắt hình thang	Kiểm tra tính ổn định của đập sỏi và cơ chế vỡ của đập bằng vật liệu không kết dính
4	Đập đá đổ nhưng chiều rộng đỉnh đập nhỏ hơn và vật liệu là đá thô hơn trường hợp 1	H = 6 m, B = 2 m Mặt cắt hình thang	Kiểm tra tính ổn định của đập trong trường hợp dòng chảy tràn qua đỉnh đập và nghiên cứu cơ chế vỡ
5	Đập đá đổ có lõi sét. Đập bị vỡ trong trường hợp nước tràn qua đỉnh đập	H = 6 m, B = 3 m Mặt cắt hình thang	Nghiên cứu cơ chế vỡ
6	Đập đá đổ có lõi sét. Đập bị vỡ trong trường hợp xói bên trong thân đập	H = 6 m, B = 3 m Mặt cắt hình thang	Nghiên cứu cơ chế vỡ
7	Đập đồng chất với các vật liệu khác nhau và có lõi sét như trường hợp 5 và 6. Đập bị vỡ trong trường hợp xói bên trong thân đập	H = 6 m, B = 2 m Mặt cắt hình thang	So sánh quá trình vỡ với trường hợp 6



**Mô hình toán:** dựa trên những cơ sở khoa học nghiên cứu về vết vỡ, qua những thí nghiệm trên mô hình vật lý và những số liệu quan trắc trong lịch sử, một số mô hình toán đã ra đời nhằm tính toán và mô phỏng quá trình phát triển của lũ vỡ. Các mô hình này, kể cả những công thức kinh nghiệm cũng được đánh

giá là chưa đủ độ tin cậy trong việc mô phỏng quá trình và sự phát triển của lũ vỡ. Đến nay, các mô hình toán tiếp tục được nghiên cứu, phát triển và dần hoàn thiện. Mô hình BREACH (Fread, 1988) và mô hình SEED (Singh và Scarlatos, 1985) dựa trên công thức kiểu xói lòng dẫn, được đánh giá là phù hợp cho

một số giai đoạn trong quá trình phát triển của lũ vỡ nhưng không phù hợp với nhiều quá trình phát triển của lũ vỡ đã được nghiên cứu trong phòng thí nghiệm (Wahl, 1988). Tuy nhiên, trong nhiều trường hợp, các mô hình này được sử dụng để dự báo các thông số của vết vỡ dựa trên sự kết hợp với các số liệu đo đạc thực tế.

Một số nỗ lực đang được tiến hành nghiên cứu để hiểu rõ hơn về sự hình thành và quá trình vật lý của lũ vỡ, có thể kể đến như các chương trình nghiên cứu: ARS (2004), CADAM (Concerted Action on Dam-Break Modeling) được tài trợ bởi Ủy ban châu Âu (Morris, 2000) và Wang and Bowles (2004). Trong khi đó, mô hình NWS DAMBRK lại tiến hành mô phỏng lũ vỡ bằng các công thức thực nghiệm được thành lập qua số liệu quan trắc trong lịch sử hoặc trên mô hình vật lý.

#### **Mô phỏng sóng vỡ đập và lũ do vỡ đập**

Tính toán dự báo dòng chảy khi có sự cố sau vỡ đập là một việc rất quan trọng trong quy trình thiết kế, thi công và xây dựng các hồ chứa nước lớn, trong đó có các đập thủy điện. Hầu hết các nước trên thế giới đều chú trọng quan tâm đến vấn đề này. Tại Pháp, các đập có chiều cao lớn hơn 20 m được xếp vào loại đập lớn. Do đó, tất cả các đập có độ chênh lệch mực nước thượng hạ lưu lớn hơn 20 m đều phải thiết lập mô hình tính toán dự báo để đánh giá sự cố vỡ đập và đánh giá mức độ ngập lụt do vỡ đập gây ra, xây dựng bản đồ ngập lụt và xác định các phương án sơ tán khi có sự cố. Trên thế giới, nhiều nước đã đưa việc tính toán lũ do vỡ đập trở thành các yêu cầu bắt buộc trong việc thiết kế các công trình thủy điện lớn.

Năm 1999, tại châu Âu chương trình nghiên cứu với tên gọi CADAM được thiết lập và trong các báo cáo của chương trình này có hàng

loạt các bài báo nói về các phương pháp tính toán dòng chảy một và hai chiều. Chương trình cũng đã đưa ra một tập hợp các bài toán mẫu nhằm để kiểm tra các chương trình trước khi đưa vào sử dụng.

Nhiều mô hình toán cũng đã được thiết lập để tính toán dòng chảy và có thể áp dụng để mô phỏng lũ do vỡ đập như: DWOPER, HEC-1, FLDWAY, DAMBREAK của Mỹ; SOGREAH, TELEXA của Pháp; MIKE 11, MIKE 21 và MIKE FLOOD của Đan Mạch, DHM của Nhật Bản và nhiều mô hình khác. Chương trình HEC-1 mặc dù chỉ là mô hình mô phỏng một chiều, nhưng cũng được ứng dụng vào nghiên cứu vấn đề vỡ đập - an toàn hồ chứa cho công trình thủy điện tại bang Texas (Mỹ). Các tác giả đã mô hình hoá bài toán của hiện tượng vỡ đập, ứng dụng chương trình giải quyết bài toán để xác định các quy luật chuyển động và các thông số thủy lực của sóng gián đoạn.

Dự báo các trận lũ quét gây ra bởi vỡ đập là một áp dụng quan trọng của diễn toán lũ và đã thu hút sự chú ý của nhiều nhà nghiên cứu. Mô hình sóng vỡ đập được dùng phổ biến nhất ở Mỹ là mô hình DAMBRK của Cục Khí tượng Mỹ do Fread thiết lập (1977, 1980, 1981). Mô hình này gồm 3 phần chức năng: mô tả vết vỡ theo hình dạng hình học và theo thời gian; tính đường quá trình lưu lượng chảy qua vết vỡ; diễn toán đường quá trình này xuống hạ lưu.

Ngoài ra, còn có một số nghiên cứu khác như: nghiên cứu vỡ đập Barna, Ấn Độ của Viện Thủy văn quốc gia Ấn Độ, năm 1996-1997, các tác giả đã sử dụng mô hình NWS DAMBRK để tính toán và mô phỏng lũ do vỡ đập; nghiên cứu vỡ đập Khlong Tha Dan, Thái Lan của Công ty Progress Technology Consultants Co.Ltd, năm 2000-2001, ở đây, ngoài việc tính toán và mô phỏng vỡ đập, các tác giả còn

xây dựng kế hoạch hành động khẩn cấp để ứng phó với sự cố vỡ đập...

#### **Nhận xét, kết luận**

Điểm qua các nghiên cứu về vỡ đập trên thế giới, có thể nhận thấy rằng:

Vỡ đập là một đề tài lớn, đã có nhiều nghiên cứu quy mô (như dự án IMPACT hoặc CADAM) nhưng những kết quả thu được còn hạn chế và tồn tại nhiều vấn đề chưa được làm sáng tỏ, nhất là sự hình thành và phát triển của lũ vỡ. Việc sử dụng mô hình toán để nghiên cứu khả năng truyền sóng lũ và ngập lụt hạ lưu trong điều kiện hiện nay, với những mô hình hiện đại và đủ độ tin cậy là có thể thực hiện được. Tuy nhiên, do việc nghiên cứu về cơ chế phát triển của lũ vỡ chưa được sáng tỏ nên các quá trình này chỉ được thành lập dựa vào giả thiết hay kịch bản. Quá trình lan truyền sóng gián đoạn gây ra bởi vỡ đập mới chỉ là một quá trình có thể nhận thấy theo lý thuyết, các mô hình toán hiện tại chưa đủ mạnh để có thể mô phỏng được quá trình này.

Trong các nghiên cứu trên, chưa thấy một đề tài nào nghiên cứu về vỡ đập đối với hệ thống hồ chứa bậc thang và đánh giá sự tác động của hiện tượng vỡ đập đối với bậc thang phía trên và bậc thang phía dưới.

Từ những nhận xét trên cho thấy, vấn đề vỡ đập là một đề tài lớn nhưng cũng mang tính mở, có thể triển khai nhiều nghiên cứu khác nhau. Tuy nhiên, việc nghiên cứu cần được đầu tư lớn về kinh phí cũng như nguồn nhân lực. Nhưng trước thực trạng hồ chứa ngày càng nhiều và nguy cơ rủi ro do vỡ đập lớn thì việc nghiên cứu về vỡ đập là cần thiết, cấp bách và cần được quan tâm đầu tư nghiên cứu.