

TÍNH TOÁN BỒI LẮNG HỒ CHỨA CỦA HỆ THỐNG THỦY ĐIỆN BẬC THANG THƯỢNG LƯU SÔNG ĐÀ

Trần Kim Châu¹

Tóm tắt: Nghiên cứu trình bày kết quả tính toán bồi lắng hồ chứa của hệ thống thủy điện bậc thang thượng lưu sông Đà. Trong nghiên cứu này bồi lắng của hồ chứa Sơn La có xét đến tác động khi xây dựng nhà máy thủy điện Lai Châu, Huội Quảng và Bản Chát. Trong nghiên cứu này, mô hình diễn biến lòng dẫn Hec Ras được sử dụng để tính toán mức độ bồi lắng, xói lở của dọc theo nhánh sông Đà từ biên giới Việt Trung đến hạ lưu thủy điện Sơn La. Kết quả nghiên cứu cho thấy sau năm bùn cát hình thành và phát triển theo thời gian. Các hồ bậc thang phía trên mức độ biến đổi lớn hơn nhiều so với các hồ phía dưới. Sau 50 năm, tổng lượng bùn cát bồi lắng ở hồ Lai Châu và Sơn La ước tính là 564 và 111 triệu tấn. Nghiên cứu không chỉ đưa ra những giá trị định lượng về mức độ, vị trí bồi lắng hồ chứa mà còn cung cấp những thông tin quan trọng để đề xuất các giải pháp cho tình trạng bồi lắng hồ chứa trong tương lai.

Từ khóa: Bồi lắng hồ chứa, vận chuyển bùn cát, sông Đà, thủy điện bậc thang, Hec - Ras.

Ban Biên tập nhận bài: 12/7/2017 Ngày phản biện xong: 10/8/2017 Ngày đăng bài: 25/8/2017

1. Đặt vấn đề

Tính toán bồi lắng hồ chứa là một vấn đề không thể thiếu trong bất cứ thiết kế hồ chứa nào. Đặc biệt là đối với những hồ chứa lớn, vấn đề bồi lắng hồ chứa càng được quan tâm vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến dung tích hữu ích của hồ cũng như mực nước dâng hồ chứa. Ở Việt Nam hiện nay, việc tính toán bồi lắng cho các hồ chứa lớn thông thường đều sử dụng mô hình Hec 6 [1]. Hiện tại mô hình này đã không còn được Cục Công Binh Mỹ phát triển nữa. Bên cạnh đó mô hình này tính toán dựa trên giả không ổn định (*quasi - unsteady flow*), phương pháp này giúp mô hình ổn định hơn nhưng lại không bảo toàn tổng lượng dòng chảy cũng như không thể hiện được việc vận hành các công trình trong hệ thống sông [3]. Điều này ảnh hưởng rất lớn đến kết quả tính toán vì việc vận hành hồ chứa quyết định lưu lượng dòng chảy trên hồ, từ đó quyết định tốc độ dịch chuyển bùn cát trong hồ. Do vậy để mô phỏng chính xác quá trình vận chuyển bùn cát trong hồ cần phải mô phỏng dòng chảy

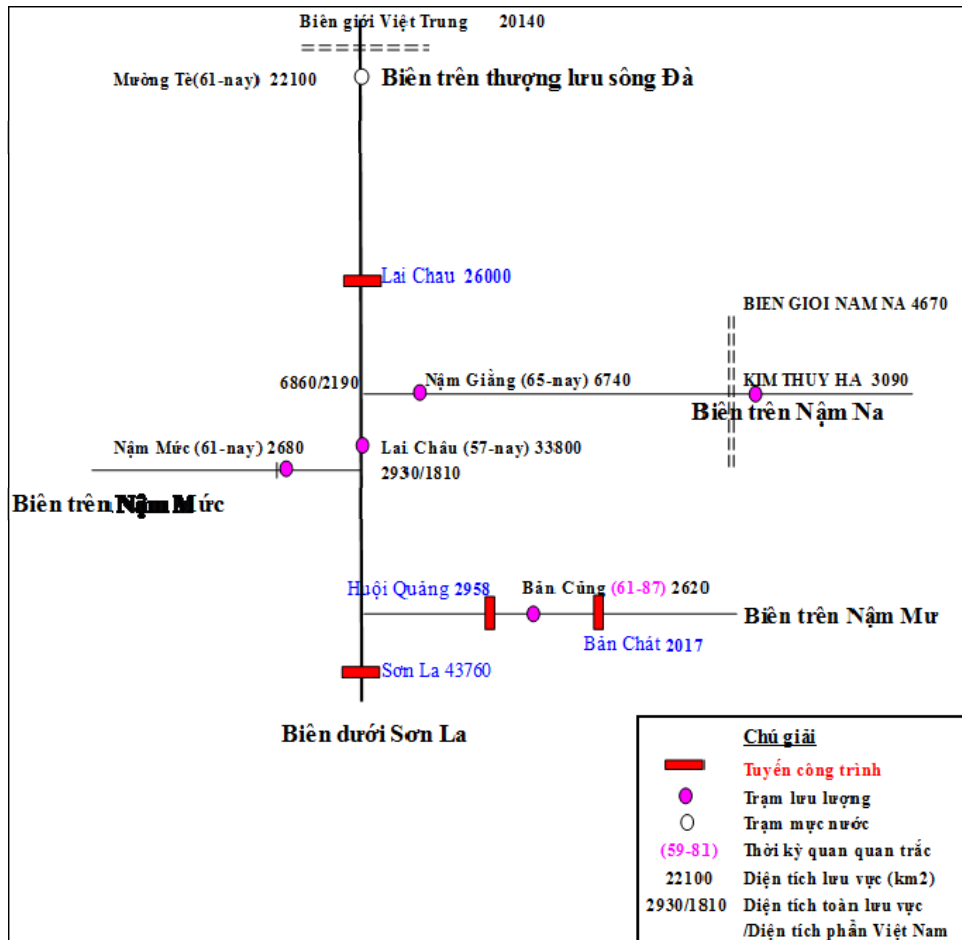
không ổn định (*unsteady flow*) cũng như mô phỏng việc vận hành công trình trên sông. Năm 2016 Cục Công Binh Mỹ phát hành phiên bản Hec Ras 5.0 có khả năng mô phỏng vận chuyển bùn cát dưới điều kiện dòng không ổn định. Điều này hoàn toàn đáp ứng được các yêu cầu đã đề ra.

Hồ chứa Sơn La được hoàn thành vào năm 2010, đến năm 2016 thủy điện Lai Châu được khánh thành. Khi tính toán bồi lắng của thủy điện Sơn La thì không tính toán đến tác động của Lai Châu cũng như các thủy điện ở thượng lưu như Hội Quảng, Bản Chát. Khi những hồ chứa này xây dựng, chế độ dòng chảy sẽ bị thay đổi lớn do hồ điều tiết, lượng bùn cát ở thượng lưu sẽ được giữ lại ở các hồ phía trên, điều này sẽ làm thay đổi chế độ bồi lắng của hồ chứa Sơn La.

Từ những vấn đề kể trên nghiên cứu tiến hành mô phỏng chế độ bồi lắng bùn cát của hệ thống hồ chứa trên sông Đà từ biên giới Việt Trung đến hạ lưu hồ chứa thủy điện Sơn La. Trong nghiên cứu này tác giả chỉ tập trung mô phỏng các hồ chứa lớn và các nhánh sông chính trên hệ thống. Sơ đồ hệ thống hồ chứa được thể hiện như hình 1.

¹Trường Đại học Thủy Lợi;

Email: kimchau_hwru@tlu.edu.vn

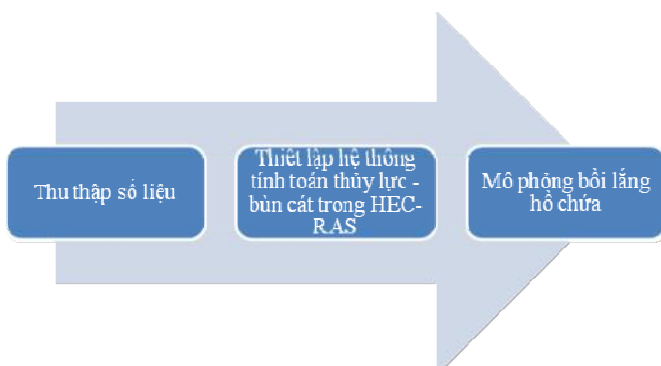


Hình 1. Sơ đồ mạng lưới sông chính và các thủy điện trên khu vực nghiên cứu

2. Cơ sở dữ liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành theo các bước chính như hình 2.



Hình 2. Phương pháp nghiên cứu

Tiến hành thu thập số liệu về địa hình, thủy văn, bùn cát cũng như là các thông tin về hồ chứa trên hệ thống để phục vụ xây dựng mạng thủy lực khu vực nghiên cứu. Tuy khu vực nghiên cứu

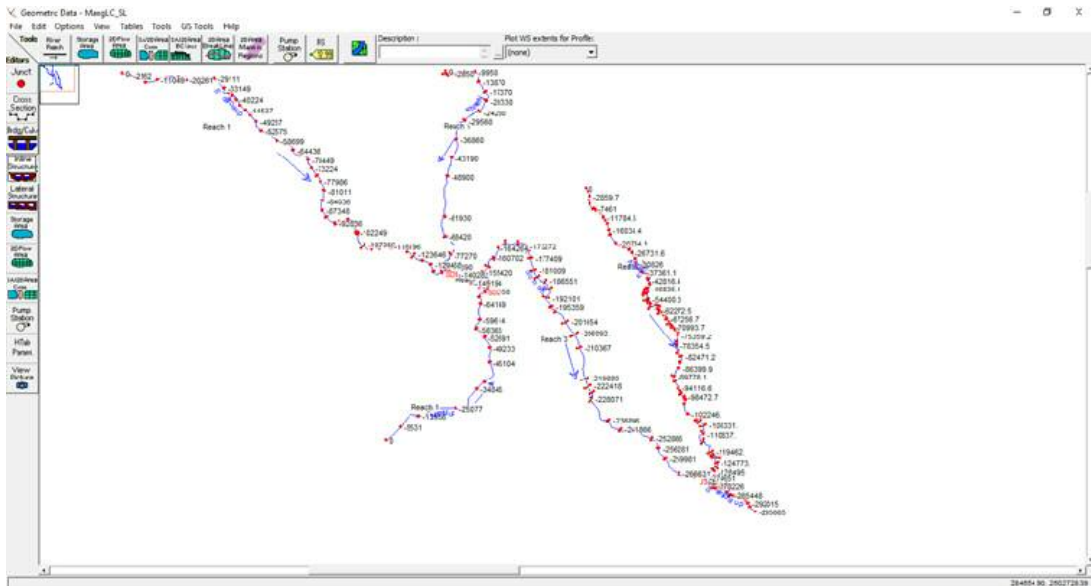
rất rộng lớn nhưng tình hình số liệu lại rất hạn chế, đặc biệt là số liệu thủy văn cũng như bùn cát. Điều này dẫn đến một số giả thiết cần phải đưa thêm vào để thực hiện bài toán. Chi tiết về số liệu cần thu thập được mô tả chi tiết ở phần sau.

Tiến hành xây dựng mạng thủy lực thượng lưu hệ thống sông Đà bao gồm nhánh chính sông Đà và các phụ lưu sông Nậm Na, Nậm Mực và Nậm Mu trên Hec Ras. Mô hình thủy lực được thể hiện như hình 4 dưới đây. Trong mô hình này, độ nhám Manning được lấy từ 0.04 - 0.06. Giá trị này được kế thừa từ những dự án từ trước mà tác giả đã tham gia [2].

Trong mô hình Hec Ras có 7 sự lựa chọn đối với các công thức tính toán vận chuyển bùn cát. Việc sử dụng công thức nào cho phù hợp phụ thuộc vào điều kiện bùn cát và thủy động lực của khu vực nghiên cứu. Gary W Brunner (2016) [4], công thức Toffaleti thường được áp dụng cho những lưu vực sông lớn với hầu hết những dữ

liệu để xây dựng công thức là từ những lưu vực sông lớn và có lượng phù sa lơ lửng lớn. Ahmed Bilal (2012) [6] trong luận án tiến sỹ của mình cũng đã sử dụng công thức này và áp dụng thành công cho hồ chứa Sakuma Nhật Bản. Với điều

kiện của khu vực thượng lưu sông Đà, điều kiện áp dụng của công thức Toffaleti là phù hợp và được áp dụng vào để mô phỏng chế độ vận chuyển bùn cát.



Hình 3. Sơ đồ mạng thủy lực

Nghiên cứu tiến hành mô tả diễn biến lòng dẫn sau khi có 4 hồ chứa và đánh giá tác động của các hồ chứa đến quá trình bồi lắng ở lòng hồ. Khoảng thời gian mô phỏng của mô hình từ năm 1959 - 2009 và giả sử như dòng chảy tương lai cũng diễn ra tương tự như trong quá khứ. Kết quả của mô hình sẽ cho thấy mức độ phát triển của các nê-mùn bùn cát trong các hồ chứa cũng như tổng lượng bùn cát lắng đọng trong các hồ.

2.2. Cơ sở dữ liệu

Số liệu địa hình: Trong nghiên cứu này, số liệu địa hình được thu thập bao gồm mặt cắt trên các nhánh sông được thể hiện chi tiết như bảng 1 dưới đây. Đây đều là những mặt cắt thực đo được sử dụng trong dự án “Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập bậc thang thủy điện sông Đà - giai đoạn 1” [2].

Bảng 1. Thông kê số lượng mặt cắt sử dụng trong mô hình

Sông	Số lượng mặt cắt	Chiều dài (km)	Phạm vi
Đà	108	297.9	Biên giới Việt Trung --> 20 km phía sau đập Sơn La
Nậm Na	18	81.4	Nhánh Nậm Na
Nậm Mực	15	68.9	Nhánh Nậm Mực
Nậm Mư	35	130.5	Nhánh Nậm Mư bao gồm cả TĐ Bản Chát và Huội Quảng

Các thông tin hồ chứa: Các thông tin về các hồ chứa Lai Châu, Bản Chát, Huội Quảng và Sơn La được nghiên cứu thu thập từ các báo cáo quy trình vận hành hồ chứa [5].

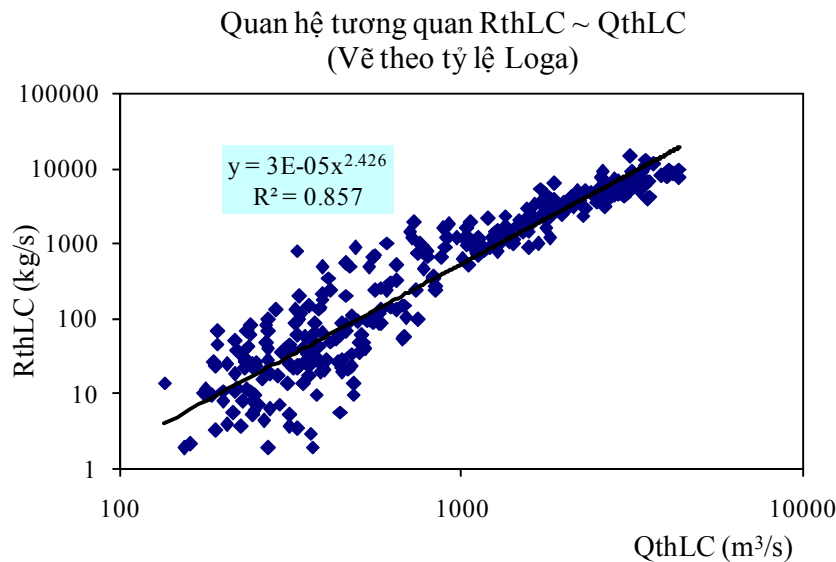
Số liệu thủy văn là những số liệu lưu lượng ngày thực đo từ các trạm Lai Châu, Nậm Mực, Nậm Giàng để phục vụ cho việc tính toán các

biên trên thủy lực. Đối với những nhánh sông, khu giữa không có trạm đo số liệu dòng chảy được tính theo tỷ lệ diện tích lưu vực. Biên dưới của mô hình được xác định bằng điều kiện “Normal depth” cho mặt cắt cuối cùng với độ dốc bằng độ dốc đáy sông. Do mô hình đã mô phỏng hồ chứa Sơn La, mà lượng xả ra sau nhà máy gần

như không ảnh hưởng bởi mực nước hạ lưu đập nên tác động của biên dưới đến kết quả mô hình là không có.

Trong nghiên cứu sử dụng số liệu lưu lượng dòng chảy tháng và lưu lượng phù sa lơ lửng tháng trạm Lai Châu giai đoạn từ năm 1962 -

2002 để xây dựng tương quan. Kết quả tương quan giữa lưu lượng dòng chảy và lưu lượng phù sa được thể hiện như hình 4. Dựa trên tương quan này để xác định lưu lượng phù sa lơ lửng trên nhánh sông Đà.



Hình 4. Tương quan lưu lượng và lưu lượng phù sa trạm Lai Châu

Đường phân phối hạt phù sa lơ lửng được lấy như bảng 2. theo số liệu thực đo trạm Pô Lếch được thể hiện

Bảng 2. Đường cấp phối hạt phù sa lơ lửng và di đáy trên sông Đà

Phù sa lơ lửng					
Đặc trưng	Bùn		Bụi		Cát
Cỡ hạt (mm)	0.001-0.005	0.005-0.01	0.01-0.05	0.05-0.1	>0.1
Tỷ lệ (%)	18.4	13.4	19.3	25.0	23.9
Phù sa di đáy					
Đặc trưng	Bụi		Cát		Cuội
Cỡ hạt (mm)	0.05-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	0.5-1.0	>1.0
Tỷ lệ (%)	5.83	36.7	40.3	16.9	0.27

3. Kết quả và thảo luận

Ngay từ năm đầu tiên khi chế độ thủy lực thay đổi hoàn toàn, dòng chảy đến hồ mang lượng bùn cát lớn nhưng tốc độ dòng chảy chậm lại gây bồi lắng ngay tại vị trí dòng chảy bắt đầu chịu ảnh hưởng của hồ chứa. Theo thời gian lượng bồi lắng tăng dần làm phát triển nê-m bùn cát, dưới tác động của dòng chảy nê-m dịch chuyển dần về phía hạ lưu. Kết quả mô phỏng của nghiên cứu cho thấy diễn biến quá trình bồi lắng hồ chứa trên nhánh chính sau 50 năm mô phỏng được thể

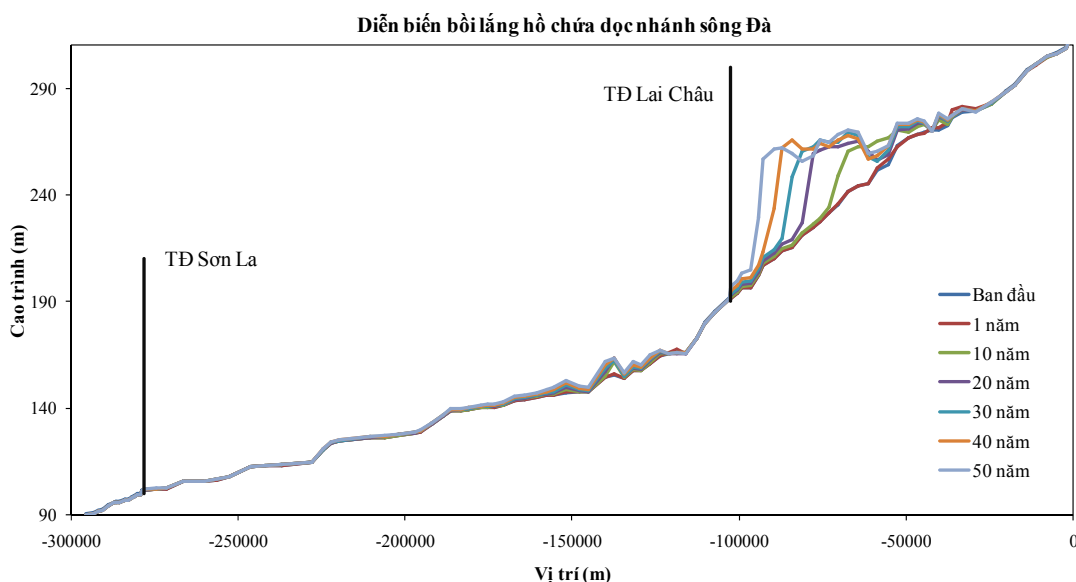
hiện như hình 5. Đối với đập Lai Châu, nê-m cát hình thành một cách rõ rệt với chiều cao 3.4 m và tại vị trí cách đập 66 km. Theo thời gian nê-m cát phát triển dần về kích thước cũng như vị trí. Sau 50 năm mô phỏng nê-m cát đã phát triển lên cao 50 m và dịch chuyển đến cách hồ chỉ còn 9 km. Quá trình phát triển của nê-m cát không đồng nhất, trong 10 năm đầu nê-m cát phát triển tương đối chậm, chiều cao tăng lên 5.5 m và dịch chuyển đến vị trí cách đập 62 km. Tuy nhiên trong 10 năm tiếp theo nê-m cát phát triển mạnh

cả về kích thước lẫn tốc độ dịch chuyển. Chỉ trong vòng 10 năm này chiều cao của nêl đã phát triển lên 34.5 m và dịch chuyển được quãng đường 48 km. Sau đó nêl cát phát triển chậm lại cả về độ cao lẫn tốc độ dịch chuyển. Sau 40 năm mô phỏng, nêl cát không có xu hướng tăng về chiều cao nhưng tiếp tục dịch chuyển vị trí của mình xuống hạ lưu. Độ dốc của nêl cát cũng thay đổi theo thời gian. Với sùl hạ lưu, độ dốc lớn dần theo thời gian. Sùl dốc thượng lưu có độ dốc thoải hơn so với hạ lưu, sau một thời gian, trên sùl này xuất hiện hiện tượng xói.

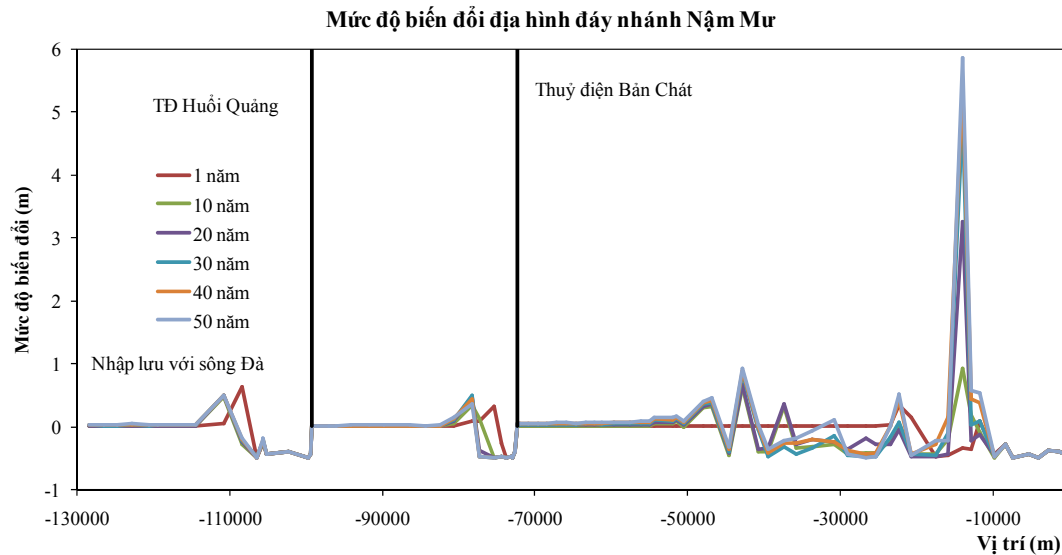
Trong khi đó hiện tượng bồi lắng ở hồ chứa thủy điện Sơn La diễn ra ít hơn rất nhiều so với thủy điện Lai Châu do bùn cát đã bồi lắng rất lớn ở thủy điện Lai Châu. Ngay phía sau hồ Lai Châu xuất hiện hiện tượng xói lở. Do tốc độ dòng chảy ngay sau công trình là lớn, trong khi đó lượng ngậm cát nhỏ dẫn đến gây ra xói tại vị trí này. Tình trạng xói lở này kéo dài khoảng 18 km phía hạ lưu thủy điện Lai Châu sau đó hiện tượng bồi lắng xuất hiện tương tự như ở thủy điện Lai Châu nhưng mức độ cũng như tốc độ phát triển chậm hơn rất nhiều. Vị trí nêl cát cao nhất đối với hồ chứa Sơn La xuất hiện tại vị trí nhập lưu giữa sông Đà và sông Nậm Na. Chiều

cao của nêl cát phát triển đến 8 m sau 20 năm sau đó ổn định.

Đối với 2 hồ chứa bậc thang trên nhánh Nậm Mù, quá trình bồi lắng cũng diễn ra tương tự như 2 thủy điện bậc thang trên sông Đà. Đối với bậc thang phía trên hồ Bản Chát mức độ biến đổi lòng dẫn lớn. Ngược lại bậc thang phía dưới hồ Huổi Quảng mức độ biến đổi lòng dẫn nhỏ hơn nhiều. Do mức độ thay đổi trên nhánh sông Nậm Na nhỏ, để biểu diễn kết quả tính toán một cách tường minh, bài báo thể hiện mức độ biến đổi lòng dẫn như hình 6. Mức độ biến đổi lòng dẫn ở thượng lưu thủy điện Bản Chát diễn biến tương đối phức tạp. Đoạn sông thượng lưu cách đập từ 60 km đến 25 km, xu thế bồi xói thay đổi theo thời gian. Do đây là đoạn sông có độ dốc lớn ($i = 0.003$), trong mùa lũ tốc độ dòng chảy lớn dẫn đến lòng sông có xu thế xói. Nhưng đến mùa cạn tốc độ dòng chảy chậm lại do tác động của hồ chứa, hiện tượng bồi chiếm xu thế. Đối với khu vực ngay sau các đập, nhận thấy phía ngay sau mỗi hồ chứa hiện tượng xói lở xuất hiện ngay trong năm đầu tiên. Sau đó hiện tượng bồi xuất hiện và mức độ bồi xói theo thời gian dịch chuyển dần xuống hạ lưu.



Hình 5. Quá trình bồi lắng hồ chứa sau 50 mô phỏng



Hình 6. Mức độ biến đổi lòng dẫn trên nhánh Nậm Mư

Mức độ bồi lắng ở các hồ còn được thể hiện qua tổng lượng bồi lắng. Bảng 3 thể hiện tổng lượng bùn cát bồi lắng trong các hồ chứa trong quá trình mô phỏng. Nhận thấy lượng bùn cát bồi lắng ở các hồ chứa bậc thang phía trên lớn hơn rất nhiều so với các bậc thang phía dưới. Từ tổng

lượng bùn cát bồi lắng này, dung tích hồ chứa bị mất đi theo thời gian sẽ được xác định. Đây sẽ là thông tin quan trọng đối với việc tính toán nước dâng hồ chứa cũng như đánh giá tình trạng của hồ.

Bảng 3. Tổng lượng bùn cát bồi lắng tại các hồ chứa theo thời gian

Sau khoảng thời gian (năm)	1	10	20	30	40	50
Bản Chát(triệu tấn)	0.47	3.90	8.10	11.4	15.2	19.6
Huổi Quảng(triệu tấn)	0.00	0.04	0.07	0.11	0.14	0.19
Lai Châu (triệu tấn)	11.4	115	238	334	444	564
Sơn La(triệu tấn)	1.7	17.9	39.6	56.6	80.1	111

4. Kết luận

Nghiên cứu đã tiến hành mô phỏng diễn biến lòng dẫn của hệ thống thủy điện bậc thang trên thượng lưu sông Đà. Bằng việc mô phỏng biến hình lòng dẫn bằng dòng chảy không ổn định nghiên cứu đã thể hiện kết quả tính toán diễn biến bồi lắng hồ chứa trong thời gian mô phỏng. Bên cạnh đó việc tính toán bồi lắng hồ chứa có xét đến ảnh hưởng của các công trình góp phần

làm tăng thêm độ chính xác của kết quả tính toán. Kết quả của bài báo cho thấy nê m bùn cát đã hình thành ngay sau năm đầu tiên và phát triển về kích thước cũng như thay đổi về vị trí theo thời gian. Tuy nhiên kích thước cũng như tốc độ dịch chuyển của các nê m bùn cát khác nhau đối với từng hồ chứa. Các hồ bậc thang phía trên mức độ bồi lắng lớn hơn nhiều so với các hồ chứa bậc thang phía dưới.

Tài liệu tham khảo

1. Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng điện 1(2009), *Báo cáo khí tượng thủy văn thủy điện Lai Châu giai đoạn thiết kế kỹ thuật*.
2. Công ty Cổ phần Tư vấn Xây dựng điện 1(2014), *Xây dựng bản đồ ngập lụt hạ du hồ chứa trong các tình huống xả lũ khẩn cấp và vỡ đập bậc thang thủy điện sông Đà - giai đoạn 1*.
3. Gary W Brunner & CEIWR-HEC (2016), *Hec Ras User's Version 5.0 Manual*, US Army Corps of Engineer, Hydrological Engineering Center

4. Gary W Brunner (2016) *Hec Ras Hrydraulic Refrence Manual Version 5.0*, US Armu Corps of Engineer, Hydrological Engineering Center.
5. Thủ tướng chính phủ (2015), *Quyết định 1622 QĐ-TTg Quy trình vận hành liên hồ chứa trên lưu vực sông Hồng*.
6. Ahmed Bilal (2012), *Simulating bathymetric changes in reservoirs due to sedimentation*, Phd thesis.

THE RESERVOIR SEDIMENTATION ESTIMATION IN CASCADE RESERVOIR SYSTEM IN THE UPPER DA RIVER

Tran Kim Chau¹

¹Thuyloi University

Abstract: *This study presents the calculation result of reservoir sedimentation in the upper Da River system. In which, the impacts of Son La reservoir sedimentation on the construction of Lai Chau, Huoi Quang and Ban Chat hydropower plant are considered. Also, HEC RAS model is used to calculate the rate of sedimentation and erosion along Da River, from Vietnam-China border to the downstream of Son La hydropower plant. The result shows that the sand bars have created and developed in the reservoirs. The upper cascade reservoir has strongly changed than down cascade reservoir. After 50 years the total amount of sedimentation into Lai Chau and Son La are estimated at 546 and 111 million ton respectively. The research not only brings out quantitative values of the rate and location of reservoir sedimentation but also provides important information for further solutions to reservoir sedimentation problems.*

Keyword: *Reservoir sedimentation, sediment transport, Da River, cascade hydro power, Hec Ras.*