

ĐÁNH GIÁ HIỆN TRẠNG, DỰ BÁO DIỄN BIẾN BÙN CÁT HỒ CHỨA THÁC BÀ

TS. Nguyễn Kiên Dũng¹, CN. Cao Phong Nhã²
Trung tâm Ứng dụng Công nghệ KTTV¹, Viện Khí tượng Thủy văn²

1. Giới thiệu

Trên thế giới cũng như tại Việt Nam, việc đắp đập ngăn sông tạo thành các hồ chứa phục vụ nhiều mục đích khác nhau như phòng lũ, phát điện, tưới tiêu... sẽ làm ngập lụt cả một vùng rộng lớn. Chế độ thủy văn thủy lực thay đổi sâu sắc dẫn đến lắng đọng bùn cát trong hồ, xói lở hạ du và làm biến đổi chất lượng nước so với nước sông tự nhiên. Điều này gây ra các tác động tiêu cực đến môi trường sinh thái trong hồ và hạ lưu công trình.

Nếu coi “vị trí xây dựng hồ chứa” là một nguồn tài nguyên thiên nhiên thì nguồn tài nguyên đó có thể bị cạn kiệt. Do đó, công tác tính toán lắng đọng bùn cát trong quá trình thiết kế, thi công và vận hành công trình sẽ đóng một vai trò quan trọng để giảm thiểu các tác động tiêu cực, phát huy hiệu quả công trình.

Hồ chứa Thác Bà là công trình đầu tiên của ngành thủy điện Việt Nam. Hồ có tổng dung tích $2,9 \times 10^9 \text{ m}^3$, dung tích hữu ích: $2,2 \times 10^9 \text{ m}^3$, dung tích phòng lũ: $0,45 \times 10^9 \text{ m}^3$, dung tích chết $0,675 \times 10^9 \text{ m}^3$. Diện tích lưu vực hồ là 6.200 km^2 , diện tích mặt nước 19.050 ha với 1331 hòn đảo lớn nhỏ. Mực nước dâng bình thường là 58 m, mực nước chết là 46 m. Công trình được hoàn thiện và đi vào hoạt động từ năm 1972.

Kể từ khi đi vào hoạt động đến nay qua hơn 30 năm, hiện trạng bồi lắng bùn cát chưa được đánh giá lại một cách tổng thể từ đó xem xét các lợi ích kinh tế xã hội mà công trình đem lại, phục vụ khai thác có hiệu quả hơn trong tương lai. Vì vậy, đánh giá hiện trạng, dự báo bồi lắng bùn cát là việc làm hết sức cần thiết [7].

2. Cơ sở lý thuyết tính biến đổi lòng dẫn của mô hình HEC-6

Mô hình HEC-6 do Trung tâm Kỹ thuật Thủy văn Hoa Kỳ xây dựng và đã được sử dụng rộng rãi ở Mỹ cũng như nhiều nước khác trên thế giới. Mô hình có khả năng tính toán thủy lực và vận chuyển bùn cát trong mạng lưới sông cũng như bồi lấp hồ chứa.

Tuy nhiên, vì mô hình HEC-6 là mô hình dòng ổn định một chiều cho nên có những hạn chế như sau: (1) mô hình không tính toán chuyển tải bùn cát theo phương ngang cho nên không có khả năng tính xói lở bờ. Mô hình không có khả năng mô phỏng hiện tượng dòng chảy vòng, (2) không mô tả sự chuyển động bùn cát trong các nhánh từ cấp 2 trở lên, (3) giữa hai mặt cắt ngang chỉ cho phép có một điểm nhập lưu cục bộ hoặc một điểm giao nhau của dòng chảy, (4) mô hình chỉ áp dụng được cho sông không bị ảnh hưởng triều.

2.1. Phương trình tính toán đường mặt nước

Đường mặt nước được tính từ phương trình bảo toàn năng lượng cho dòng 1 chiều:

$$W S_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = W S_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Trong đó:

g: gia tốc trọng trường,

h_e: tổn thất năng lượng,

V_1, V_2 : vận tốc trung bình tại các đầu của nhánh sông,

WS_1, WS_2 : cao trình mực nước tại các đầu của đoạn sông,

α_1, α_2 : hệ số phân bố vận tốc dòng chảy tại các đầu của đoạn sông.

Tổn thất năng lượng được chia ra thành tổn thất do ma sát và tổn thất do thu hẹp hoặc mở rộng. Mặt cắt ngang được chia làm các diện tích bộ phận gồm lòng chính, bãi tràn bên trái và bãi tràn bên phải. Hệ số nhám trên các diện tích bộ phận có thể nhận những giá trị khác nhau.

2.2. Phương trình tính toán vận chuyển bùn cát và diễn biến lòng sông

Sức tải cát được tính cho mỗi giá trị lưu lượng có trong thủy đồ dòng chảy tương ứng với mỗi loại đường kính hạt. Sức tải cát đáy được tính cho mỗi cấp đường kính hạt tại đáy. Một số công thức tính sức tải cát được dùng trong mô hình như:

- (1) hàm sức tải cát của Toffaleti,
- (2) hàm sức tải cát của Madden và Laussen,
- (3) hàm sức tải cát dựa trên năng lượng dòng chảy của Yang,
- (4) công thức của DuBoy,
- (5) công thức của Acker-White,
- (6) công thức của Colby,
- (7) công thức kết hợp của Toffaleti và Schoklitsch,
- (8) công thức của Meyer - Peter và Muller,
- (9) công thức kết hợp của Toffaleti, Meyer-Peter và Muller,
- (10) công thức của Copeland và Laussen,
- (11) hệ số sức tải do người sử dụng xác định dựa trên số liệu quan trắc.

Mỗi mặt cắt ngang đại diện cho 1 thể tích không chế. Chiều rộng của thể tích không chế thường bằng chiều rộng của lòng động và chiều sâu được tính từ cao trình đường mặt nước tới điểm thấp nhất ở đáy hoặc điểm không chế địa chất nằm dưới bề mặt đáy. Phương trình liên tục bùn cát được viết cho thể tích không chế này. Phương trình liên tục bùn cát được sử dụng để tính toán cao trình đáy do bồi hoặc xói trong mô hình HEC-6 là phương trình Exner như sau:

$$\frac{\partial G}{\partial x} + B_0 \frac{\partial Y_s}{\partial t} = 0$$

Trong đó:

B_0 : chiều rộng của lòng động,

t : thời gian,

x : khoảng cách dọc sông,

G : suất chuyển lưu lượng bùn cát trung bình trong bước thời gian Δt ,

Y_s : chiều sâu bùn cát trong thể tích không chế.

Mô hình có xét đến hai phương pháp tính toán sự biến đổi thành phần của vật liệu bùn cát đáy theo thời gian (sự thô hoá).

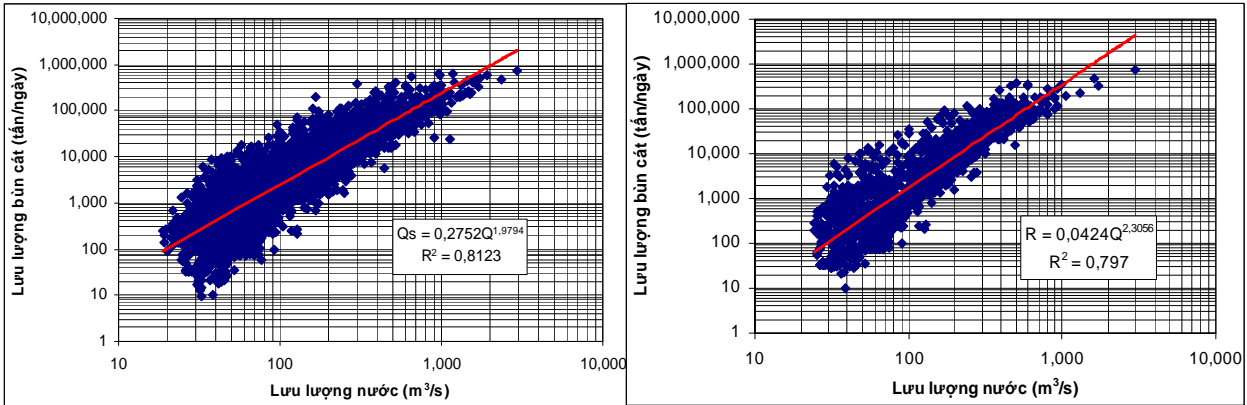
Phương pháp 1 giả thiết rằng năng lượng chuyển tải bùn cát phải phù hợp với lượng bùn cát có trong thời đoạn tính toán và trong phạm vi của thể tích không chế.

Phương pháp 2 giả thiết rằng đáy sông có xu thế phát triển theo hướng cân bằng, trong đó sự bồi lắng và lở lũng ứng với mỗi kích thước hạt cân bằng với nhau. Lớp bị thô hoá có tác dụng như một lớp bảo vệ kim hãm sự lôi cuốn của dòng chảy đối với những hạt mịn ở bên dưới [3, 6].

3. Hiện trạng lắng đọng bùn cát hồ Thác Bà

Cũng như các sông khác trong hệ thống sông Lô, hàm lượng bùn cát trong nước sông Chảy nhỏ hơn so với các sông suối khác trong khu vực. Tổng lượng bùn cát lơ lửng vận chuyển qua mặt cắt trạm Bảo Yên trung bình nhiều năm là $4,56 \times 10^6$ tấn/năm. Trong đó, lượng bùn cát vào những tháng mùa lũ chiếm phần lớn và bằng 80,04%.

Quan hệ Q-Qs tại trạm thủy văn Bảo Yên được xây dựng trên cơ sở chuỗi số liệu thực đo giai đoạn 1983 – 2004 (Hình 1). Kết quả thu được phương trình như sau: $Q_s = 0,2752Q^{1,9794}$. Trị số mũ < 2 cho biết khả năng xâm thực và xói mòn của lưu vực sông Chảy thuộc loại nhỏ (khi lớn hơn 3 mới thuộc loại lớn), thực tế lưu vực còn nhiều rừng, dân cư thưa thớt khả năng xói mòn nhỏ như trên là hợp lý.



Hình 1. Quan hệ Q-Qs tại Bảo Yên giai đoạn 1983-2004 và 1983-1987

Tuy nhiên, theo thời gian hàm lượng bùn cát tăng lên rõ rệt do các hoạt động dân sinh kinh tế trên lưu vực. Điều này được thể hiện một cách rõ ràng khi chia chuỗi số liệu thực đo thành các chuỗi nhỏ với thời đoạn 5 năm. Sau đó, đường quan hệ Q-Qs được xây dựng tương ứng với từng thời đoạn. Tính trị số Qs ứng với giá trị lưu lượng dòng chảy trung bình nhiều năm là $140 \text{ m}^3/\text{s}$ theo từng phương trình quan hệ. Kết quả tính toán được thể hiện trong Bảng 1. Lưu lượng bùn cát bình quân ngày trung bình thời kỳ 1998-2004 gấp 1,5 lần so với thời kỳ 1983-1987.

Bảng 1. Xu thế diễn biến bùn cát theo thời gian

TT	Giai đoạn	Phương trình	R ² (%)	Q (m ³ /s)	Qs (tấn/ngày)
1	1983-2004	$Q_s = 0,2752Q^{1,9794}$	81,23	140	4872
2	1983-1987	$Q_s = 0,0424Q^{2,3026}$	79,70	140	3763
3	1988-1992	$Q_s = 0,1806Q^{2,0931}$	82,82	140	5608
4	1993-1997	$Q_s = 0,3085Q^{1,9444}$	86,12	140	4594
5	1998-2004	$Q_s = 0,9662Q^{1,9794}$	86,33	140	5574

Lượng bùn cát lắng đọng trong hồ Thác Bà chủ yếu do sông Chảy vận chuyển vào qua mặt cắt trạm thủy văn Bảo Yên cộng với lượng bùn cát do Ngòi Biết và lượng bùn cát gia

nhập khu giữa. Ước tính lượng bùn cát đi vào hồ tính đến vị trí đập trung bình nhiều năm theo phương pháp triết giảm theo diện tích là $5,89 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Hệ số bẫy bùn cát hồ Thác Bà tính theo phương pháp Brown và Brune. Phương pháp Brown (1950) dựa vào quan hệ giữa tỷ số dung tích hồ - V_{\max} (ac-ft) và diện tích lưu vực - A_c (mi^2) với hệ số bồi lắng - TR [1, 2]:

$$TR = 100 \left[1 - \frac{1}{1 + K_b V_{\max} / A_c} \right]$$

K_b là hệ số thay đổi từ 0,046 đến 1. Trong khi đó, phương pháp Brune (1953) lại dựa vào quan hệ giữa hệ số bồi lắng (TR) với tỷ số dung tích hồ (V_{\max}) và lượng nước đến trung bình năm (MAR) [1, 2]:

$$TR = 100(0,97^{0,19 \log(V_{\max}/MAR)})$$

Hệ số TR tính theo hai phương pháp trên lần lượt là 99% và 92%, lượng bùn cát sa bồi tương ứng là $5,84 \times 10^6 \text{ m}^3$ và $5,42 \times 10^6 \text{ m}^3$. Tổng lượng bùn cát lắng đọng sau 30 năm vận hành (1972-2001) trong khoảng $163-175 \times 10^6 \text{ m}^3$. Dung tích hồ Thác Bà còn lại sau 30 năm hoạt động tính theo các phương pháp kinh nghiệm khoảng 94,0 – 94,4%. Nếu tính theo đường cong triết giảm hệ số TR của hồ Hoà Bình thì lượng bùn cát bồi lắng sau 30 năm của hồ Thác Bà là $144 \times 10^6 \text{ m}^3$, dung tích hồ còn lại là 95%. Như vậy, dung tích hồ Thác Bà còn lại tính theo các phương pháp khác nhau nằm trong khoảng 94-95% dung tích ban đầu.

4. Dự báo lắng đọng bùn cát hồ Thác Bà bằng mô hình HEC-6

Mô hình HEC-6 là mô hình số thủy động lực một chiều, được sử dụng để tính toán phân bố bùn cát lắng đọng trong hồ Thác Bà theo không gian và thời gian.

Sơ đồ tính:

Sơ đồ mạng lưới tính bao gồm 1 nhánh chính với 34 mặt cắt ngang. Biên trên là trạm thủy văn Bảo Yên, biên dưới là đập thủy điện Thác Bà. Nhập lưu thứ nhất là Ngòi Biết giữa mặt cắt 10-11, nhập lưu thứ hai là đoạn cuối hồ giữa mặt cắt 1-2.

Điều kiện ban đầu và điều kiện biên:

- Điều kiện ban đầu là hình dạng 34 mặt cắt ngang trích từ bình đồ chi tiết khu vực hồ chứa Thác Bà tỉ lệ 1:10000 thực đo năm 2001.
- Biên lưu lượng là lưu lượng nước bình quân ngày năm điển hình, nhiệt độ nước bình quân tháng tại trạm thủy văn Bảo Yên và 02 nhập lưu.
- Biên bùn cát là quan hệ lưu lượng dòng chảy và lưu lượng bùn cát, thành phần hạt bùn cát tổng cộng ứng với các cấp lưu lượng khác nhau tại trạm Bảo Yên và 02 nhập lưu; thành phần hạt bùn cát đáy tại một số mặt cắt dọc hồ lấy theo số liệu hồ Hoà Bình.
- Điều kiện biên dưới là mực nước điều tiết trung bình 5 năm (2000-2004) tại thượng lưu đập.
- Bước thời gian tính toán: 01 ngày với mùa lũ, 01 tháng với mùa cạn.

Kết quả tính bồi lắng hồ chứa Thác Bà

Sử dụng hai bộ thông số thủy lực và bùn cát đã được hiệu chỉnh để tính bồi lắng hồ Thác Bà sau 50 năm vận hành tiếp theo tính từ năm 2001, kết quả như sau: Tổng lượng bùn cát bồi lắng là $225,87 \times 10^6 \text{ m}^3$. Lượng bồi trong dung tích chết là $107,10 \times 10^6 \text{ m}^3$, chiếm 47,42% tổng lượng bồi lắng sau 50 vận hành. Kết quả tính toán bồi lắng được thể hiện trong Bảng 2. Trắc dọc qua các điểm sâu nhất ứng với các thời gian vận hành hồ chứa Thác Bà

được thể hiện trong Bảng 3 và Hình 2. Hệ số bẫy bùn cát trung bình $TR = 76.74\%$. Như vậy, có thể nhận thấy lượng bùn cát bồi lắng trong phân dung tích hữu ích khá lớn. Nguyên nhân là do mực nước hồ duy trì ở mức tương đối cao cộng với khu vực nhập lưu giữa Ngòi Biết và sông Chảy lòng sông mở rộng đột ngột, tốc độ dòng chảy giảm mạnh đã tạo điều kiện thuận lợi cho bùn cát bồi lắng.

Bảng 2. Lượng bùn cát bồi lắng sau T năm vận hành

Đơn vị: $10^6 m^3$

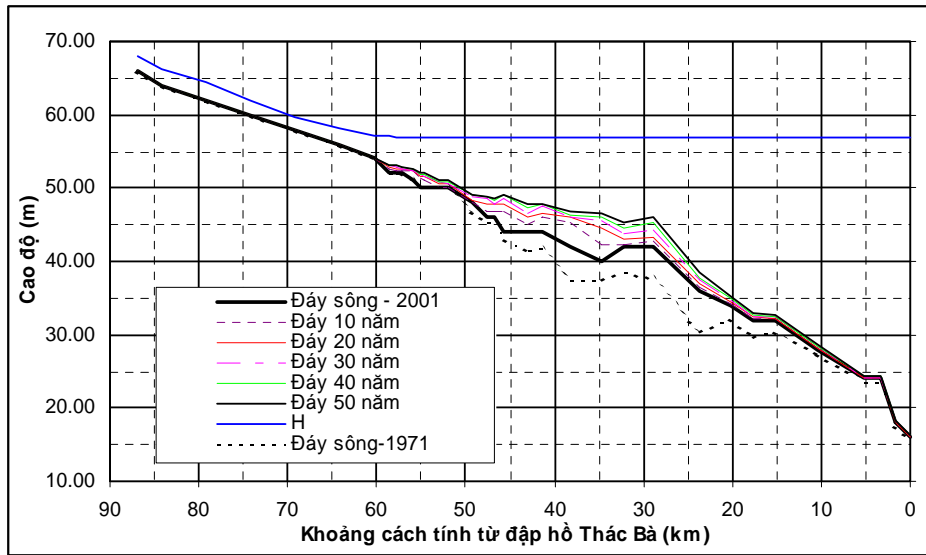
TT	Năm vận hành	Dung tích tổng cộng	Dung tích hữu ích	Dung tích chết
1	10	48,08	23,35	24,73
2	20	93,76	47,45	46,31
3	30	138,51	70,32	68,18
4	40	182,64	96,09	86,55
5	50	225,87	118,77	107,10

Trên cơ sở kết quả dự báo bồi lắng hồ Thác Bà, đường trắc dọc hồ vào năm 1971 được xây dựng lại bằng cách lấy đối xứng với đường trắc dọc bồi lắng sau 30 năm vận hành tiếp theo qua đường trắc dọc trích từ bình đồ khu vực hồ Thác Bà năm 2001. Quá trình nội suy này được lấy thiên về phía hạ lưu.

Bảng 3. Dự báo quá trình bồi lắng hồ chứa Thác Bà trên sông Chảy

Mặt cắt	K/c (Km)	Địa danh	Sông tự nhiên, m	Trắc dọc sau T năm vận hành hồ chứa, m				
			Z đáy	10 năm	20 năm	30 năm	40 năm	50 năm
34	86,78	Bảo Yên	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00	66,00
28	60,18	Tân Ngọc	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00	54,00
14	41,30	Vân Vân	44,00	46,01	46,61	47,62	47,77	47,85
10	28,84	Ngọc Chấn	42,00	42,72	43,34	44,36	45,37	46,00
5	10,48	Tân Hương	28,00	28,13	28,24	28,35	28,46	28,58
1	0,00	Cửa Đập	16,00	16,08	16,16	16,23	16,30	16,37

Kết quả tính toán bùn cát theo mô hình HEC-6 đã góp phần làm sáng tỏ phân bố bùn cát lắng đọng theo cả không gian và thời gian. Nó sẽ là một tài liệu tham khảo tốt giúp cho các nhà quản lý đề ra các biện pháp quản lý, vận hành hợp lý. Đặc biệt trong bối cảnh hồ Na Le và Bắc Hà sẽ được xây dựng tạo nên một hệ thống thủy điện bậc thang trên sông Chảy nhằm khai thác lâu dài và có hiệu quả công trình [4, 5, 6].



Hình 2. Dự báo quá trình bồi lắng hồ Thác Bà
(MNDĐT/MNC = 58/46 m)

5. Kết luận và kiến nghị

- Dung tích còn lại của hồ Thác Bà sau 30 năm vận hành vào khoảng 94-95% dung tích ban đầu. Lượng bùn cát lắng đọng trung bình 50 năm vận hành tiếp theo là $4,52 \times 10^6$ m³/năm, tương ứng với hệ số bẫy bùn cát là 76,74%.

- Kết quả của bài báo có thể được sử dụng như là một tài liệu tham khảo cần thiết cho công tác vận hành hồ. Nhất là trong bối cảnh, các hồ Na Le, Bắc Hà sắp được xây dựng tạo nên hệ thống thủy điện bậc thang trên sông Chảy.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Elsevier. Reservoir Sedimentation. Amsterdam - Oxford - New York – Tokyo, 1987.
2. Gregory L. Morris and Jiahua Fan. Reservoir Sedimentation Handbook. McGraw - Hill Companies, USA, 1998.
3. U.S Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center. Guidelines for performing HEC-6 model.
4. Cao Đăng Dư. Nghiên cứu, đánh giá bồi lắng hồ chứa Hoà Bình và một số biện pháp hạn chế bồi lắng. Báo cáo nghiên cứu khoa học Tổng cục KTTV. Hà Nội, 1992.
5. Nguyễn Kiên Dũng. Nghiên cứu xây dựng cơ sở khoa học tính toán bồi lắng bùn cát hồ chứa Hoà Bình. Luận án Tiến sĩ ngành Địa lí.
6. Trần Thục, Nguyễn Kiên Dũng. Mô hình toán tính bồi lắng hồ chứa Hoà Bình. Tuyển tập báo cáo Hội thảo Đánh giá ảnh hưởng của hồ Hoà Bình tới môi trường.
7. Sở Tài nguyên và Môi trường Yên Bái. Báo cáo hiện trạng môi trường tỉnh Yên Bái, 2004.