

ỨNG DỤNG MÔ HÌNH HEC-6 ĐỂ MÔ PHỎNG VÀ DỰ BÁO QUÁ TRÌNH BỒI LẮNG CÁT Bùn HỒ CHỨA HÒA BÌNH

NCS. Nguyễn Kiên Dũng

TS. Trần Thục

Viện Khí tượng Thủy văn

1. Mở đầu

Hồ chứa Hòa Bình là công trình thủy lợi-thủy điện lớn nhất nước ta, được xây dựng trên sông Đà. Hồ có hai nhiệm vụ quan trọng hàng đầu là phòng lũ cho đồng bằng châu thổ sông Hồng và sản xuất điện năng. Sau gần 10 năm hoạt động, lòng hồ đã bị bồi lấp khá nghiêm trọng dẫn đến dung tích tổng cộng và dung tích hiệu dụng của hồ bị suy giảm đáng kể. Để tính toán quá trình bồi lắng bùn cát trong hồ Hòa Bình, lần đầu tiên chúng tôi đã sử dụng mô hình HEC-6 do William Thomas thuộc Trung tâm Kỹ thuật Thủy văn Hoa Kỳ xây dựng từ năm 1973. Mô hình đã nhiều lần được sửa đổi và cải tiến. Phiên bản 4.1 công bố năm 1993 cho phép mô phỏng quá trình bồi lắng cát bùn hồ chứa cho các hạt có kích cỡ thay đổi từ sét ($d = 0.00024 - 0.004$ mm) đến đá tảng ($d > 256$ mm).

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

HEC-6 là mô hình một chiều viết cho dòng chảy ổn định trong kênh hở lòng động, được thiết kế để: (1) mô phỏng xu thế dài hạn của hiện tượng bồi hoặc xói lòng sông do kết quả của sự thay đổi có tính thường xuyên và tính chu kỳ của lưu lượng hoặc do sự thay đổi hình dạng kênh, tính toán bồi lắng hồ chứa, (2) tính toán thiết kế thu hẹp lòng dẫn để duy trì chiều sâu vận tải thủy, (3) tính toán khối lượng nạo vét và dự đoán ảnh hưởng của việc nạo vét đối với tốc độ bồi lắng, (4) ước tính khả năng xói lớn nhất có thể xảy ra sau các trận lũ lớn. Tuy nhiên, mô hình cũng có những hạn chế là: (1) không tính toán chuyển tải bùn cát theo phương ngang nên không có khả năng tính xói lở bờ và không có khả năng mô phỏng 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 vùng sông không bị ảnh hưởng triều.

2.1. Phương trình tính toán đường mặt nước

$$WS_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = WS_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

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 đáy được tính cho mỗi cấp đường kính hạt tại đáy theo một số công thức tính sức tải cát 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. Trong tính toán bồi lắng hồ chứa Hòa Bình đã sử dụng hàm sức tải cát dựa trên năng lượng dòng chảy của Yang có dạng như sau:

$$\begin{aligned} \log c = & 5,435 - 0,286 \log \left(\frac{v_{ss} d}{v} \right) - 0,457 \frac{\sqrt{g D s}}{V_{ss}} \\ & + \left[1,799 - 0,409 \log \frac{v_{ss} d}{v} - 0,314 \log \frac{\sqrt{g D s}}{V_{ss}} \right] \log \left[\frac{V_s}{V_{ss}} - \frac{V_{cs}}{V_{ss}} \right] \quad (2) \end{aligned}$$

Trong đó:

- c = nồng độ bùn cát,
- v_s = năng lượng dòng chảy đơn vị tác động vào hạt bùn cát,
- v_{ss} = độ thô thủy lực (tốc độ chìm lắng trung bình của hạt bùn cát),
- v_{cs} = năng lượng dòng chảy đơn vị giới hạn khi bùn cát bắt đầu chuyển động,
- d = đường kính trung bình hạt bùn cát,
- D = độ sâu của dòng chảy,
- s = độ dốc thủy lực,
- v = hệ số nhớt động học.

Mỗi mặt cắt ngang đại diện cho một thể tích khống chế. Độ rộng của thể tích khống chế thường bằng độ rộng của lòng động và độ sâu được tính từ cao trình đường mặt nước tới điểm thấp nhất ở đáy. HEC-6 sử dụng phương trình liên tục bùn cát Exner để tính toán cao trình đáy do bồi hoặc xói cho các thể tích khống chế này.

$$\frac{\partial G}{\partial x} + B_0 \frac{\partial Y_s}{\partial t} = 0 \quad (3)$$

Trong đó:

- B_0 = độ 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 = độ sâu bùn cát trong thể tích khối chế.

3. Ứng dụng mô hình HEC- 6 tính bồi lắng hồ chứa Hoà Bình

3.1. Sơ đồ tính

Sơ đồ tính bao gồm 1 nhánh chính (hồ chứa Hoà Bình) với 63 đoạn tính toán (64 mặt cắt ngang). Biên trên là tại trạm thủy văn Tạ Bú. Biên dưới là đập thủy điện Hòa Bình. Có 08 sông nhánh chính gia nhập khu giữa gồm: Nậm Bú, Nậm Pía, Nậm Chim, Nậm Sập, Suối Sập, Suối Khoáng, Suối Nháp, Suối Sầm-Bãi Sang (hình 1).

3.2. Số liệu đầu vào của mô hình

- *Điều kiện ban đầu*: là hình dạng của 64 mặt cắt ngang đo tháng 12 năm 1990.
- *Điều kiện biên*:
 - *Điều kiện biên trên*: bao gồm lưu lượng nước và nhiệt độ nước trung bình tháng tại Tạ Bú thời kỳ 1990-1997; lưu lượng nước và nhiệt độ nước trung bình tháng bình quân nhiều năm tại các điểm nhập lưu: Nậm Bú, Nậm Pía, Nậm Chim, Nậm Sập (1964-1976), Suối Sập (1964-1980), Suối Khoáng, Suối Nháp, Suối Sầm-Bãi Sang (1964-1976); quan hệ lưu lượng nước và bùn cát, thành phần hạt bùn cát lơ lửng ứng với các cấp lưu lượng khác nhau tại biên thượng lưu Tạ Bú và 08 điểm nhập lưu nói trên;
 - *Điều kiện biên dưới*: là mực nước bình quân tháng thời kỳ 1990-1997 tại thượng lưu đập Hòa Bình.
- *Bước tính*: $\Delta t = 1$ tháng

3.3. Kiểm nghiệm mô hình

Do thiếu tài liệu về tốc độ dòng chảy, mực nước và lưu lượng nước dọc hồ nên việc kiểm nghiệm mô hình chỉ được tiến hành cho nồng độ bùn cát lơ lửng và các đặc trưng hình thái hồ.

- *Kiểm nghiệm mô hình tính vận chuyển bùn cát*: bằng cách so sánh kết quả tính toán nồng độ bùn cát lơ lửng dọc theo hồ với tài liệu thực đo do Trung tâm Môi trường

khảo sát trong các ngày 14-17 tháng VIII năm 1993 và 11-12 tháng IX năm 1996 (hình 2).

- *Kiểm nghiệm mô hình hình thái*: bằng cách so sánh mặt cắt dọc lòng hồ Hòa Bình qua điểm sâu nhất tính toán và thực đo thời kỳ 1991-1997 (hình 3, 4).

Kết quả tính toán và thực đo khá phù hợp nhau. Lượng bùn cát bồi lắng trung bình hàng năm trong hồ từ năm 1991-1997 tính bằng mô hình HEC-6 là 61,2 triệu m^3 ; xấp xỉ kết quả tính toán lượng bùn cát bồi lắng trung bình trong cùng thời kỳ dựa trên tài liệu đo đạc địa hình lòng hồ hàng năm của Trung tâm Môi trường và Nhà máy Thủy điện Hòa Bình là 64,2 triệu m^3 .

3.4. Dự báo quá trình bồi lắng hồ chứa Hoà Bình bằng mô hình HEC- 6

Sau khi đã hiệu chỉnh, mô hình HEC-6 được sử dụng để ước tính xu thế bồi lắng hồ chứa Hoà Bình tính đến năm 2020 với các điều kiện ràng buộc dưới đây:

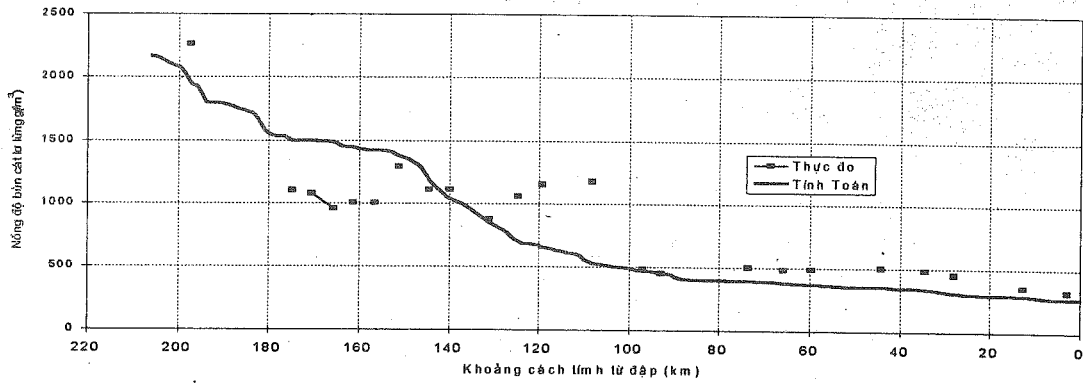
- *Điều kiện ban đầu*: là hình dạng của 64 mặt cắt ngang đo vào tháng 12 năm 1990.
- *Biên lưu lượng*: là lưu lượng nước và nhiệt độ nước trung bình tháng bình quân trong thời kỳ 1961-1997 tại biên trên Tạ Bú, 08 điểm nhập lưu: Nậm Bú, Nậm Pia, Nậm Chim, Nậm Sập, Suối Sập, Suối Khoáng, Suối Nháp, Suối Sầm-Bãi Sang.
- *Biên bùn cát*: gồm quan hệ lưu lượng nước và lưu lượng bùn cát trung bình tháng tại Tạ Bú (1990-1995), tại các nhập lưu Nậm Bú, Nậm Pia, Nậm Chim, Suối Sập (1964-1976), Nậm Sập (1964-1980), Suối Khoáng, Suối Nháp, Suối Sầm- Bãi Sang (1964-1976); thành phần hạt bùn cát lơ lửng tại Tạ Bú và các nhập lưu; thành phần hạt bùn cát đáy tại các nhập lưu và một số mặt cắt dọc hồ Hòa Bình.
- *Biên mực nước*: là mực nước bình quân tháng trung bình trong thời kỳ 1990-1997 tại thượng lưu đập Hòa Bình.

Qua tiến hành dự báo thử giai đoạn 1991-1997 bằng mô hình HEC- 6 so sánh tài liệu thực đo xấp xỉ nhau, chúng tôi dùng mô hình trên để dự báo thử cho kết quả lượng bùn cát bồi lắng trung bình hàng năm trong lòng hồ Hòa Bình giai đoạn 2000-2020 khoảng 47 triệu m^3 ; quá trình bồi lắng vẫn chủ yếu diễn ra ở đoạn Vạn Yên-Tạ Khoa (hình 5). Khả năng bẫy giữ bùn cát K của hồ Hòa Bình tính bằng mô hình HEC-6 là 72,64% trong đó: K=5,36% (đối với nhóm hạt sét), K=61,44% (đối với nhóm hạt bùn), K=100% (đối với nhóm hạt cát mịn và rất mịn).

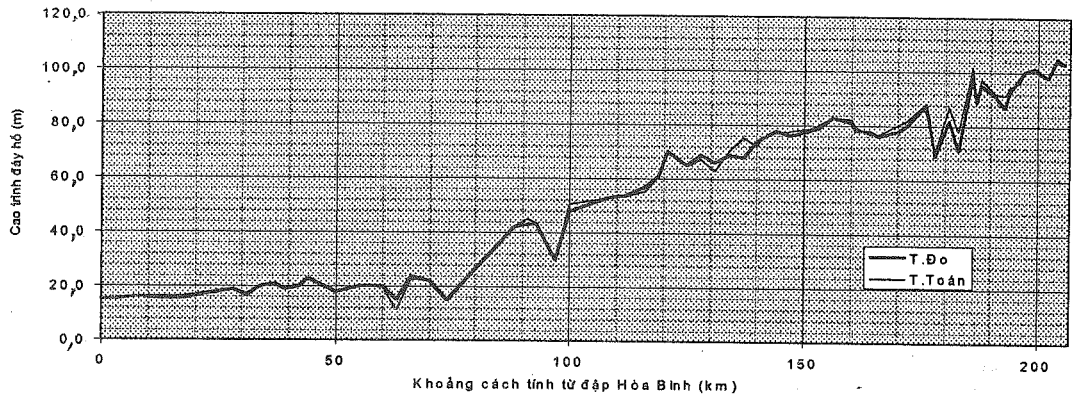
4. Kết luận và kiến nghị

Mô hình hóa bồi lắng cát bùn trong các hồ chứa ở Việt Nam nói chung, hồ Hòa Bình nói riêng là một việc làm mang ý nghĩa khoa học và thực tiễn to lớn. Nó không chỉ giúp các nhà quản lý thấy được bức tranh phân bố bùn cát bồi lắng lòng hồ trong tương lai để có các biện pháp hạn chế bồi lắng cát bùn một cách hữu hiệu; mà còn chỉ ra cho các nhà kỹ thuật thấy nên bố trí hệ thống giám sát bồi lắng cát bùn như thế nào

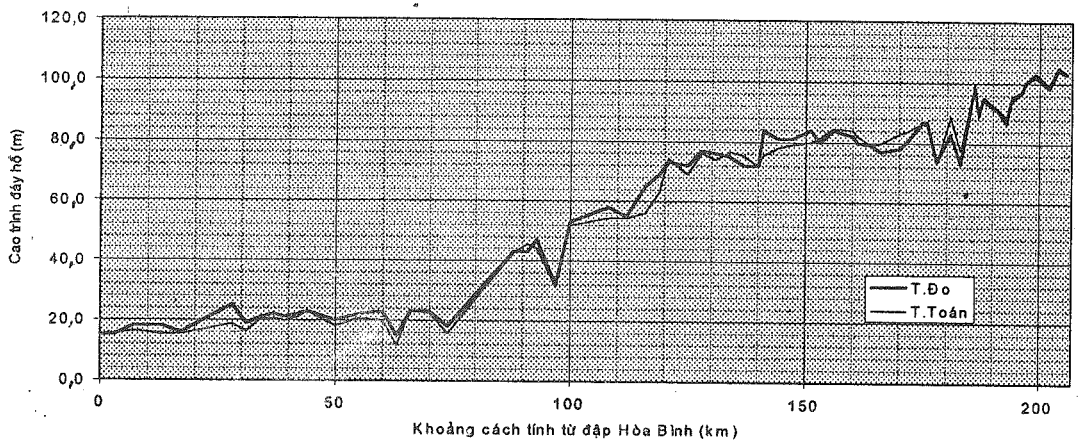
Hình 2. So sánh giữa nồng độ thực đo và tính toán (14/VIII/1993)



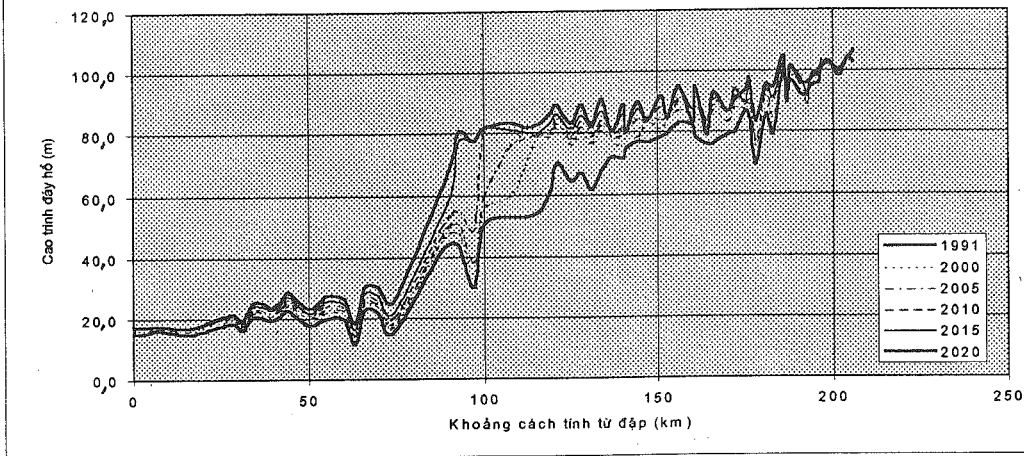
Hình 3. So sánh giữa kết quả tính toán và số liệu thực đo mặt cắt dọc lòng hồ Hoà Bình năm 1992



Hình 4. So sánh giữa kết quả tính toán và số liệu thực đo mặt cắt dọc lòng hồ Hoà Bình năm 1994



Hình 5. Kết quả dự báo mặt cắt dọc lòng hồ Hoà Bình thời kỳ 2000-2020



TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Elsevier. *Reservoir Sedimentation*. - Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo 1987.
2. Tingsanchali and H. Eggers. *Problem of Soil Erosion and Sedimentation*. - Proceedings of South-East Asian Regional Symposium, January 27-29 1981, Asian Institute of Technology, Bangkok - Thailand.
3. IRTCES. *River Sedimentation*. - Proceedings of Fourth International Symposium, June 5-9 1989, Beijing-China.
4. Gregory L. Morris and Jiahua Fan. *Reservoir Sedimentation Handbook*. - McGraw - Hill Companies, USA 1998.
5. *Guidelines for performing HEC-6 model*.