

XÁC ĐỊNH KÍCH THƯỚC LÒNG SÔNG ỔN ĐỊNH

PGS.TS Ngô Trọng Thuận

Vụ Khoa học Kỹ thuật Tổng cục Khí tượng Thủy văn

1. Mở đầu

Dưới tác dụng của dòng chảy, trong một đoạn sông có thể xảy ra quá trình bồi tụ bùn cát hoặc, quá trình xói lở lòng sông cũng như trạng thái cân bằng tương đối.

Trong những năm gần đây, trên các sông chính ở nước ta tại một số đoạn, đặc biệt là vùng hạ lưu xảy ra sự diễn biến khá phức tạp của lòng sông. Tình trạng xói lở cục bộ khá nghiêm trọng diễn ra trên những đoạn dài hàng nghìn mét ở Đoạn Hạ (cách phà Trung Hà 8km về thượng lưu), ở Đại Định (cách Trung Hà 20km về hạ lưu), ở Cổ Đô đối diện kè Lê Tính, ở Hưng Nguyên trên sông Cả, đoạn sông Trà Khúc dưới đập Thạch Nham, đặc biệt sau sự cố vỡ đập Phương Hoàng ngày 10-XII năm 2001 [4], hạ lưu đập Đồng Cam (sông Ba) đến thôn Phú Lộc, khu vực Tân Châu, Hồng Ngự, Sa Đéc (sông Tiền)... [2, 9]. Trong khi đó lại xuất hiện tình trạng bồi lắng mạnh mẽ ở cửa sông Thái Bình, cửa sông Hồng, cửa sông Hậu.... Tình trạng bồi - xói làm thay đổi liên tục hình thái lòng sông, đôi khi rất nhanh gây ảnh hưởng rất lớn đến sự an toàn của đê sông, của các công trình ven sông, đến cuộc sống của con người và sự khai thác dòng sông cho các mục đích kinh tế khác nhau như vận tải thủy, lấy nước tưới, phát điện....

Để giảm nhẹ thiệt hại có thể xảy ra, đồng thời phát huy hiệu quả khai thác các dòng sông, nhất là ở đoạn hạ lưu- nơi tập trung dân cư, các trọng điểm kinh tế, một trong những đòi hỏi được đặt ra là phải tiến hành các biện pháp để chỉnh trị các đoạn sông thường xuất hiện tình trạng xói lở hay bồi lắng, đưa lòng sông về trạng thái ổn định (tương đối). Song song với việc xây dựng các công trình chỉnh trị truyền thống như xây kè, mỏ hàn, thả rồng tre..., một trong những phương pháp được nghiên cứu sử dụng là tiến hành cải tạo lòng sông theo theo một kích thước phù hợp (về độ rộng và độ sâu), tương ứng với các mực nước và lưu lượng khác nhau, sẽ có khả năng bảo đảm sự ổn định của lòng sông. Dưới đây xin trình bày một hướng tiếp cận theo quan điểm này.

2. Cơ sở đánh giá độ ổn định lòng sông

Chúng ta biết rằng lòng sông là sản phẩm của quá trình tác động tương hỗ giữa dòng chảy và lòng dẫn. Diễn biến lòng sông là một quá trình liên tục, trong đó hình dạng, kích thước, vị trí của lòng dẫn luôn luôn thay đổi do sự thay đổi thường xuyên của chế độ dòng chảy. Về mặt nguyên tắc, không tồn tại một lòng sông ổn định tuyệt đối. Tuy nhiên, trong thực tế sự vận động không ngừng của lòng dẫn một con sông trong những điều kiện nhất định sẽ hướng tới một trạng thái ổn định tương đối, nghĩa là khi đó hình dạng cũng như kích thước của nó không dao động quá lớn so với một giá trị trung bình không đổi theo thời gian và không gian. Trong trường hợp này, các yếu tố đặc trưng cho hình dạng và chế độ thủy văn, thủy lực, bùn cát có mối liên quan, được gọi là quan hệ hình thái sông. Chính vì vậy, quan hệ hình thái sông được sử dụng để nghiên cứu sự ổn định của lòng sông.

Thông thường để đánh giá khái quát mức độ ổn định của một lòng sông có thể sử dụng một số chỉ tiêu sau [6]:

- Chỉ tiêu ổn định theo chiều dọc:

$$\varphi_d = \frac{d}{J} \quad (1) \quad \text{hoặc} \quad \varphi'_d = \frac{d}{hJ} \quad (1)$$

trong đó:

d - đường kính trung bình của bùn cát,

J - độ dốc mặt nước,

h - độ sâu của lòng sông.

- Chỉ tiêu ổn định theo chiều rộng:

$$\varphi_n = \frac{B \cdot J^{0.2}}{Q_1^{0.5}} \quad (2)$$

trong đó:

Q₁ - lưu lượng tạo lòng.

B, J - độ rộng lòng sông, độ dốc mặt nước tương ứng với lưu lượng tạo lòng.

Từ (2) có thể xác định độ rộng lòng sông tương ứng với điều kiện ổn định của lòng sông:

$$B = \varphi_n \cdot \frac{Q_1^{0.5}}{J^{0.2}} \quad (3)$$

Các chỉ tiêu trên khá đơn giản, có thể xác định một cách dễ dàng thuận tiện từ số liệu đo đạc thủy văn. Tuy nhiên, hạn chế của chúng là sử dụng yếu tố độ dốc mặt nước - một yếu tố rất biến động, hầu như không có quan hệ chặt chẽ với mực nước, lưu lượng, do đó việc xác định nó có độ chính xác hạn chế, phụ thuộc nhiều yếu tố chủ quan.

- Lương Phương Hậu cho rằng lòng dẫn bao gồm phần đáy và bờ, vì thế độ biến động của lòng dẫn là một tổ hợp tuyến tính của độ biến động đáy và bờ [3]. Từ đó, xây dựng được chỉ tiêu về độ biến động chung của lòng dẫn Mc:

$$Mc = \frac{v^2}{u_0^2} + a \frac{B^{2/3}}{h} \quad (4)$$

trong đó:

B, h - độ rộng, độ sâu của lòng sông,

v - tốc độ trung bình dòng chảy,

u₀ - tốc độ khởi động của bùn cát đáy,

a - hệ số tỉ lệ.

- Gvisanhin xuất phát từ hệ phương trình dòng không ổn định (hệ phương trình Saint - Venant) đề ra một quan hệ định lượng giữa các yếu tố thủy lực và đặc

trung hình học của lòng sông đối với các lòng sông lắng trụ nhỏ hoặc gần lắng trụ, có độ rộng lớn hơn nhiều lần độ sâu, được cấu tạo bởi những hạt cát rời rạc, kích thước tương đối nhỏ [1]:

$$M_t = \frac{h(gB)^{0,25}}{Q^{0,5}} = \text{Const} \quad (5)$$

trong đó:

B - độ rộng lòng sông,

h - độ sâu trung bình của lòng sông,

Q - lưu lượng nước,

g - gia tốc trọng lực.

Grisanhin cũng phát hiện được rằng, trị số M_t có tính dừng địa phương ở các đoạn sông tương đối ổn định, nghĩa là nó ít thay đổi với các cấp lưu lượng khác nhau. Đặc tính ít thay đổi của M_t được giải thích bởi sự ổn định của độ nhám tương đối của hạt cát khi mực nước thay đổi. Vì thế có thể sử dụng giá trị của M_t như một chỉ tiêu để đánh giá một cách tổng hợp độ ổn định của lòng sông. Theo Grisanhin, ở một đoạn sông ổn định (cân bằng tương đối) thì:

$$0,75 < M_t \leq 1,05 \quad (6)$$

Điều này hoàn toàn phù hợp với thực tế, bởi vì không một đoạn sông nào thoả mãn đầy đủ điều kiện giả định khi xây dựng chỉ tiêu. Do đó, giá trị của M_t có thể dao động trong một phạm vi cho phép.

Ở những đoạn sông mà khả năng tải bùn cát của dòng chảy nhỏ hơn độ đục thực tế, sẽ quan sát thấy sự tích tụ của bùn cát lơ lửng thì $M_t > 1,05$; Ngược lại, ở những đoạn sông mà độ đục thực tế nhỏ hơn khả năng tải bùn cát của dòng chảy, sẽ xuất hiện dòng chảy xói lở lòng sông, thì $M_t \leq 0,75$.

Như vậy từ điều kiện (6), có thể rút ra điều kiện ràng buộc giữa độ rộng và độ sâu trung bình trong một đoạn sông ổn định là:

$$\frac{0,4Q^{0,5}}{B^{0,25}} < h \leq \frac{0,6Q^{0,5}}{B^{0,25}} \quad (7)$$

hoặc trong phạm vi:

$$h = (0,4 \div 0,6) \frac{Q^{0,5}}{B^{0,25}} \quad (8)$$

Cũng có thể lấy giá trị trung bình:

$$h = 0,5 \frac{Q^{0,5}}{B^{0,25}} \quad (9)$$

Như thế nghĩa là, trong một đoạn sông với một lưu lượng bất kỳ nào đó, độ sâu trung bình h của lòng sông thoả mãn biểu thức (9) với phạm vi dao động $\pm 0,2h$,

thì đoạn sông đó sẽ nằm trong trạng thái ổn định. Tuy nhiên, độ sâu trung bình là một giá trị tính toán, thiếu tính trực quan tại một mực nước, lưu lượng cụ thể. Ngược lại, ở mỗi mặt cắt bất kỳ ứng với một lưu lượng xác định sẽ có một mực nước xác định, từ đó xác định ngay được độ rộng mặt nước B. Do đó, để tiện so sánh, có thể viết (9) dưới dạng khác:

$$B = \left\{ \frac{Q}{4h^2} \right\}^2 \quad (10)$$

Từ (8) đồng thời rút ra hai điều kiện sau:

$$\text{- Khi } h \leq 0,4 \frac{Q^{0,5}}{B^{0,25}} : \text{lòng dẫn bị xói} \quad (11)$$

$$\text{- Khi } h > 0,6 \frac{Q^{0,5}}{B^{0,25}} : \text{lòng dẫn bị bồi} \quad (12)$$

Như vậy từ (8) hoặc (9), với mỗi lưu lượng Q bất kỳ sẽ xác định được sự ràng buộc giữa độ sâu trung bình và độ rộng lòng sông tương ứng bảo đảm cho lòng sông trong trạng thái ổn định.

Nếu lòng sông bị xói (điều kiện 11) hoặc bị bồi (điều kiện 12) để đưa nó về trạng thái ổn định phải cải tạo hình dạng mặt cắt sao cho điều kiện (8) hoặc (9) được thỏa mãn.

Trong khi tính toán biến hình lòng sông, đôi khi người ta lại sử dụng giá trị lưu lượng tạo lòng Q_1 , vì thế có thể chuyển điều kiện (9) sang một dạng khác.

Theo Gluskov [5], quan hệ giữa độ rộng B và độ sâu trung bình lòng sông tương ứng với Q_1 có thể biểu thị bằng hệ thức sau:

$$k = \frac{B^{0,5}}{h} \quad (13)$$

Thay (13) vào (9) được:

$$B = (0,5k)^{4/3} \cdot Q_1^{2/3} \quad (14)$$

Công thức (14) cho kết quả phù hợp nếu trị số lưu lượng tạo lòng và hệ số k được xác định bảo đảm hợp lý.

3. Xác định kích thước lòng sông ổn định cho một đoạn sông Hồng

Công thức (9) hoặc (10) và (14) được sử dụng để xác định kích thước lòng sông cho đoạn sông Hồng tại Sơn Tây trong điều kiện ổn định tương đối.

a. Theo lưu lượng tạo lòng

Theo [2] lưu lượng tạo lòng của sông Hồng tại Sơn Tây trong điều kiện tự nhiên là $Q_1 = 10250\text{m}^3/\text{s}$ và điều kiện chịu ảnh hưởng điều tiết của hồ Hòa Bình là:

$Q_1 = 9000\text{m}^3/\text{s}$. Theo [8], đoạn sông tại Sơn Tây có $k = 2,91$. Thay các giá trị trên vào (14) được:

- Điều kiện tự nhiên : $B = 801\text{m}$,
- Điều kiện có điều tiết: $B = 735\text{m}$.

Các giá trị độ rộng này tương ứng với mực nước ở Sơn Tây trong phạm vi từ 11,0m đến 11,50m.

b. Theo các cấp lưu lượng khác nhau

Năm 1974 có mực nước và lưu lượng trung bình năm xấp xỉ với giá trị trung bình nhiều năm, được chọn là năm đại biểu.

Việc tính toán được tiến hành cho các lần đo lưu lượng ở trạm Sơn Tây trong năm đại biểu, bảo đảm thỏa mãn điều kiện (6). Kết quả trình bày trong bảng 1.

Bảng 1. Giá trị M_1 và h

| Tháng | Hcm | $Q\text{m}^3/\text{s}$ | B(m) | h (m) | Mt | h(m) |
|-------|------|------------------------|------|-------|-------|------|
| IV | 518 | 769 | 370 | 4,70 | 1,32 | 3,16 |
| V | 690 | 1940 | 585 | 4,31 | 0,85 | 4,48 |
| - | 772 | 2370 | 637 | 4,68 | 0,85 | 4,84 |
| VI | 703 | 2040 | 605 | 4,30 | 0,87 | 4,55 |
| - | 830 | 3070 | 688 | 4,80 | 0,785 | 5,41 |
| - | 892 | 3740 | 678 | 5,50 | 0,81 | 5,99 |
| - | 1000 | 5530 | 717 | 6,60 | 0,81 | 7,18 |
| - | 1065 | 6320 | 722 | 7,10 | 0,82 | 7,66 |
| - | 944 | 4400 | 714 | 6,00 | 0,83 | 6,42 |
| VII | 1106 | 7240 | 733 | 7,60 | 0,82 | 8,18 |
| - | 1142 | 7850 | 734 | 7,80 | 0,81 | 8,50 |
| - | 1131 | 7400 | 740 | 8,00 | 0,86 | 8,24 |
| - | 1208 | 9350 | 742 | 8,10 | 0,774 | 9,26 |
| VIII | 1220 | 9600 | 743 | 8,30 | 0,783 | 9,40 |
| - | 984 | 4560 | 725 | 6,20 | 0,843 | 6,51 |
| - | 1094 | 6760 | 733 | 7,80 | 0,874 | 7,90 |
| IX | 1150 | 7700 | 741 | 8,40 | 0,884 | 8,42 |
| - | 1039 | 5660 | 730 | 7,20 | 0,88 | 7,24 |
| X | 1122 | 7730 | 736 | 8,00 | 0,84 | 8,42 |
| - | 914 | 4070 | 728 | 5,30 | 0,764 | 6,14 |
| - | 873 | 3740 | 689 | 5,20 | 0,771 | 5,97 |
| XI | 794 | 2470 | 528 | 5,90 | 1,01 | 5,18 |
| - | 732 | 1920 | 505 | 5,60 | 1,07 | 4,62 |
| XII | 662 | 1340 | 408 | 6,10 | 1,32 | 4,08 |
| - | 644 | 1280 | 305 | 7,90 | 1,63 | 4,28 |

Từ bảng 1 có thể rút ra các nhận xét sau:

- Phù hợp với kết luận trong [5] vào các tháng mùa cạn, từ tháng XII ÷ IV, giá trị $M_1 > 1,05$ lòng sông xuất hiện bồi lắng; trong các tháng chuyển tiếp từ mùa cạn sang mùa lũ (tháng V) hoặc từ mùa lũ sang mùa cạn (tháng XI) có thể xuất hiện trạng thái bồi xói hoặc ổn định; trong thời kỳ mùa lũ, giá trị M_1 ở hầu hết các lần đo đều thỏa mãn điều kiện (6). Điều đó chứng tỏ lòng sông khá ổn định.

- Tương ứng với các cấp lưu lượng khác nhau, độ sâu trung bình của lòng sông ổn định thay đổi trong khoảng từ 4,50m đến 11,0m. Từ đó thiết lập được các kích thước của lòng sông ổn định (độ sâu trung bình và độ rộng) với phạm vi dao động cho phép theo các mực nước và lưu lượng khác nhau. Kết quả trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Kích thước lòng sông ổn định tại Sơn Tây
(theo số liệu đo đạc năm 1974)

| H(m) | Q (m ³ /s) | B (m) | h (m) | h-0,2h (m) | h+0,2h (m) | B- (m) | B+(m) |
|-------|-----------------------|-------|-------|------------|------------|--------|-------|
| 7,30 | 2010 | 616 | 4,50 | 3,6 | 5,4 | - | 693 |
| 8,25 | 2600 | 678 | 5,00 | 3,9 | 6,0 | - | 713 |
| 8,90 | 3190 | 697 | 5,50 | 4,4 | 6,6 | 598 | 725 |
| 9,40 | 3840 | 712 | 6,00 | 4,8 | 7,2 | 656 | 730 |
| 9,95 | 4540 | 722 | 6,50 | 5,2 | 7,8 | 683 | 737 |
| 10,45 | 5290 | 728 | 7,00 | 5,6 | 8,4 | 702 | 742 |
| 10,90 | 6090 | 733 | 7,50 | 6,0 | 9,0 | 713 | 747 |
| 11,40 | 6960 | 740 | 8,00 | 6,4 | 9,6 | 720 | 751 |
| 11,90 | 7870 | 742 | 8,50 | 6,8 | 10,2 | 724 | 754 |
| 12,45 | 8860 | 747 | 9,00 | 7,2 | 10,8 | 730 | 757 |
| 12,90 | 9890 | 750 | 9,50 | 7,6 | 11,4 | 734 | 759 |
| 13,40 | 10980 | 753 | 10,00 | 8,0 | 12,0 | 738 | - |
| 13,85 | 12120 | 755 | 10,50 | 8,4 | 12,6 | 742 | - |
| 14,40 | 13320 | 758 | 11,00 | 8,8 | 13,2 | 746 | - |

Trong đó:

h- 0,2h: giới hạn dưới của h,

h+0,2h: giới hạn trên của h,

B-: độ rộng sông ứng với h- 0,2h,

B+: độ rộng lòng sông ứng với h+0,2h.

Theo bảng 2 thấy rằng, với các mực nước khác nhau, bảo đảm cho độ rộng lòng sông thay đổi trong phạm vi từ 600m đến 750m, lòng sông sẽ ở trạng thái ổn định. Kết quả xác định độ rộng lòng sông tương ứng với lưu lượng từ 9000 đến 10000 m³/s khá phù hợp với kết quả tính theo lưu lượng tạo lòng.

Tuy nhiên, đây mới chỉ là kết quả xác định theo số liệu đo đạc trong năm 1974. Để có kết luận đủ tin cậy, cần phải tiếp tục tính cho nhiều năm khác. Cũng có thể căn cứ sơ đồ trên để lựa chọn kích thước lòng sông ổn định ở các đoạn sông khác nếu có số liệu đo đạc lưu lượng./.

Tài liệu tham khảo

1. K.V. Grisanhin. Độ ổn định của lòng sông và các sóng động lực.- Tuyển tập các công trình số 190, NXB - KTTV, Leningrat, 1972 (tiếng Nga).
2. Bùi Nguyên Hồng. Nghiên cứu hiện tượng xói lở cục bộ bờ vùng hạ lưu sông và biện pháp chỉnh trị, Luận án tiến sĩ khoa học kỹ thuật, Hà Nội, 1996.
3. Lương Phương Hậu. Động lực học dòng sông.- Trường Đại học xây dựng, Hà Nội, 1992.
4. Đỗ Tấn. Bài học về việc bảo vệ sông trình thủy lợi ở Quảng Ngãi.- Báo Nhân dân số ra ngày 27-XII- 2001.
5. Ngô Trọng Thuận. Xây dựng mô hình tính toán diễn biến lòng sông vùng hạ lưu các sông lớn phục vụ cho việc khai thác tài nguyên nước ở vùng tam giác châu.- Báo cáo tổng kết đề tài cấp Tổng cục KTTV, Hà Nội, 1989.
6. Trường Đại học thủy lợi. Giáo trình động lực học sông ngòi, NXB Nông nghiệp, Hà Nội, 1981.
7. Hoàng Hữu Văn. Xác định chế độ tạo lòng của sông Đà trước và sau khi có điều tiết hồ Hòa Bình.- Tuyển tập công trình nghiên cứu thủy lợi- bùn cát và lòng sông Hồng. Viện nghiên cứu khoa học thủy lợi, Chương trình 06-05, Hà Nội, 1984.
8. Vi Văn Vy. Dòng chảy cát bùn sông Hồng, Viện KTTV, Hà Nội, 1981.
9. Viện khoa học thủy lợi. Nghiên cứu dự báo phòng chống sạt lở sông Hồng.- sông Thái Bình.- Hà Nội, 2001.