

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

### Giới thiệu một số phương pháp dự báo xói dưới cầu

Dự báo xói chung và xói cục bộ trình bày ở §4.3; §4.4 và §4.5 dựa theo Hướng dẫn "Phân tích xói dưới cầu" [7]. Mặc dù còn những điểm cần phải tiếp tục nghiên cứu, nhưng cho đến nay các phương trình dự báo xói trong Hướng dẫn này vẫn đang được áp dụng rộng rãi trong thiết kế cầu vượt sông ở nhiều nước trên thế giới. Tuy nhiên dự báo xói dưới cầu là một trong những vấn đề khá phức tạp, đã và đang được rất nhiều cơ quan tiếp tục nghiên cứu, mong muốn xây dựng nên những phương pháp phân tích dựa trên cơ sở khoa học thống nhất và cho kết quả sát hơn với thực tế. Phần dưới đây xin giới thiệu những phương trình phân tích xói chung và xói cục bộ dưới cầu đã công bố trong một số tài liệu để khi cần, bạn đọc có thể tìm hiểu áp dụng, xác định thêm kết quả.

#### 1. Công thức tính xói chung

Quan sát dòng chảy trên các sông cho thấy một thực tế là: tốc độ chảy của sông thiên nhiên thường lớn hơn nhiều so với tốc độ cho phép không xói của các loại đất cấu tạo lòng sông, nhưng lòng sông vẫn không bị xói sâu thêm. Ví dụ tốc độ cho phép không xói của cát chỉ khoảng từ 0,2 đến 0,6 m/s, trong khi đó tốc độ nước chảy trên đáy sông có cấu tạo là cát thường từ 1,3 đến 1,6 m/s và lớn hơn nhưng lòng sông vẫn không bị xói.

Trên những đoạn sông có cầu vượt cũng có hiện tượng tương tự. Dòng chảy dưới cầu sau khi xói có tốc độ chảy lớn hơn tốc độ không xói cho phép của đất cấu tạo lòng sông, nhưng đáy sông dưới cầu chỉ bị xói đến một mức độ nhất định.

Hiện tượng trên đã được Kỹ sư cầu nổi tiếng người Nga, Giáo sư H.A. Belleliutsky nhận xét vào năm 1875: *mỗi con sông được đặc trưng bằng tốc độ nước chảy, với tốc độ đó lòng sông không bị xói hay bồi*. Đối với đoạn sông có cầu, tốc độ đó là tốc độ nước chảy sau xói dưới cầu. Nó không có quan hệ trực tiếp với kích thước của hạt đất cấu tạo lòng sông vì còn phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố khác như độ dốc lòng sông, lượng phù sa và kích thước hạt của nó v.v...

Hiện tượng tốc độ dòng nước dưới cầu lớn hơn tốc độ cho phép không xói không phải là nguyên nhân gây xói ở dòng chủ, và sự biến dạng lòng sông dưới cầu chỉ có thể giải thích bằng sự mất cân bằng lượng phù sa, đã được nhà bác học Eksner người Áo giới thiệu trong Phương trình cân bằng phù sa năm 1926 để tính toán biến dạng phù sa dọc sông [1].

Trong số nhiều phương pháp tính xói chung đã sử dụng, ở đây chúng tôi chỉ lựa chọn và giới thiệu phương pháp của Giáo sư O.V. Andreev. Lý do mà chúng tôi chọn phương pháp này là vì Giáo sư O.V. Andreev *đã phân biệt rõ hai nguyên nhân khác nhau gây ra xói chung ở lòng sông của phần dòng chủ và lòng sông của phần bãi sông dưới cầu*; trên cơ sở đó đưa ra các phương trình dự báo xói chung phù hợp cho mỗi trường hợp.

Theo Giáo sư O.V. Andreev, ở phần bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên dòng nước không mang phù sa. Vì tốc độ chảy nhỏ hơn vận tốc cho phép không xói của lớp đất cấu tạo bãi sông nên xói chỉ bắt đầu khi tốc độ nước chảy dưới cầu lớn hơn tốc độ cho phép không xói của lớp đất cấu tạo bãi sông ( $V_{bc} > V_{ox.}$ ), và xói sẽ ngừng khi tốc độ nước chảy giảm xuống bằng tốc độ cho phép không xói của lớp đất. Khác hẳn với điều kiện chảy ở bãi sông, ở lòng sông ngay trong điều kiện tự nhiên, tốc độ nước chảy đã lớn hơn tốc độ cho phép không xói của lớp địa chất cấu tạo nên lòng sông, và do đó lớp đất trên cùng của nó luôn luôn ở trạng thái chuyển động, nhưng lòng sông không bị xói sâu vì có sự cân bằng lượng phù sa dọc sông (theo phương trình cân bằng phù sa dọc sông của Eksner).

Phần dưới đây trình bày nội dung phương pháp phân tích xói chung dưới cầu của Giáo sư O.V. Andreev.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

**a. Phương pháp tính xói chung theo nguyên lý cân bằng hạn lượng phù sa đối với dòng chủ và những phần dòng chảy có vận chuyển phù sa.**

Công thức xác định chiều sâu nước chảy sau xói như sau.

$$h'_{ch} = h_{ch} (Q'_{ch} / Q_{ch})^{8/9} (B_{ch} / B'_{ch})^{2/3} \quad (1)$$

trong đó:

$Q_{ch}$ ;  $Q'_{ch}$ : lưu lượng nước chảy trước và sau khi làm cầu tại dòng chủ;

$h_{ch}$ ;  $h'_{ch}$ : chiều sâu nước chảy tại dòng chủ trước (lúc tự nhiên) và sau khi xói.

Nếu gọi hệ số tăng lưu lượng tại dòng chủ so với lúc tự nhiên  $\beta_{ch} = Q'_{ch} / Q_{ch}$  thì Công thức 1 có dạng:

$$h'_{ch} = h_{ch} (\beta_{ch})^{8/9} (B_{ch} / B'_{ch})^{2/3} \quad (2)$$

Trong tính toán thực tế có thể gặp hai trường hợp.

- Nếu trong thiết kế có đào rộng dòng chủ hay đảm bảo sau khi xói dòng chủ phát triển rộng ra toàn cầu (chiều sâu sau khi xói ở bãi sông lớn hơn chiều sâu lòng chủ lúc tự nhiên  $h'_b > h_{ch}$ ) thì thay:

$$\beta_{ch} = \beta = Q / (Q_{ch} + Q_{bc})$$

$$\text{và } B'_{ch} = L_c (1 - \lambda)$$

vào công thức 2 để tính toán. Trong đó:

$\beta$ : hệ số tăng lưu lượng toàn bộ, hay hệ số tăng lưu lượng trung bình tại mặt cắt dưới cầu;

$Q$ : lưu lượng tính toán toàn bộ,  $m^3/s$ ;

$Q_{ch}$ ;  $Q_{bc}$ : lưu lượng nước chảy qua dòng chủ và bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên,  $m^3/s$ ;

$L_c$ : khẩu độ cầu kể cả trụ,  $m$ ;

$\lambda$ : hệ số thu hẹp do trụ cầu choán vào dòng chảy,  $\lambda = b_{trụ} / l_{nh}$ ;

$b_{trụ}$ : chiều rộng trụ cầu,  $m$ ;

$l_{nh}$ : chiều dài nhịp cầu,  $m$ .

- Nếu sau khi ngừng xói, dòng chủ vẫn giữ nguyên và không dùng biện pháp đào rộng lòng chủ thì  $B'_{ch} = B_{ch}$  và  $\beta_{ch}$  sẽ được xác định theo công thức của Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trúc giới thiệu trong tài liệu [1].

**b. Phương pháp tính xói chung ở phần bãi sông dưới cầu và ở các sông không mang phù sa (khi tốc độ nước chảy nhỏ hơn tốc độ cho phép không xói:  $V < V_{ox}$ )**

Cấu tạo địa chất ở bãi sông thường gồm nhiều lớp. Lớp trên cùng phần lớn là đất dính và có cây cỏ mọc; sâu hơn là lớp cát, sỏi, phù sa cấu tạo lòng sông; dưới nữa là tầng đất cơ bản. Theo Giáo sư O.V. Andreev, xói chung ở bãi sông dưới cầu được tiến hành theo trình tự sau.

- Kiểm tra xem dòng sông sau khi làm cầu bị thu hẹp có xảy ra hiện tượng xói hay không. Điều kiện để có xói là:

Nếu lớp đất trên cùng có cây cỏ mọc:

$$\beta_b > (1 - \lambda) (V_{oc} / V_{bc})$$

Nếu lớp đất trên cùng không có cây cỏ mọc:

$$\beta_b > (1 - \lambda) (V_{ox} / V_{bc})$$

Trong đó:

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$V_{oc}$ ;  $V_{ox}$ : tốc độ cho phép không xói của lớp đất có cây cỏ mọc và không có cây cỏ mọc (xem Bảng 1 và 2), m/s;

$V_{bc}$ : tốc độ phân bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên, m/s;

$\beta_b$ : hệ số tăng lưu lượng ở phân bãi sông dưới cầu so với lúc tự nhiên, xác định theo công thức của Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trục giới thiệu trong tài liệu [1].

- Tính chiều sâu nước ở bãi sông sau khi xói

➤ Nếu địa chất bãi sông đồng nhất cùng đường kính hạt, chiều sâu sau khi xói ở bãi sông  $h'_b$  được xác định theo công thức sau.

$$h'_b = h_b \beta_b V_{bc} / [(1 - \lambda) V_{ox}]$$

Trong đó:  $h_b$  là chiều sâu ở bãi sông trước khi xói;  $V_{ox}$  có thể xác định theo bảng 1 và 2.

**Bảng 1**

**Vận tốc đáy cho phép không xói của đất không dính  $V_{od}$  (m/s)**  
(trong công thức tính trị số vận tốc cho phép không xói  $V_{ox} = (V_{od} / d^{1/6}) h^{1/6}$ )

| Loại đất đá | Cỡ hạt | Đường kính hạt (mm) | $V_{od}$ (m/s) | $V_{od} / d^{1/6}$ |
|-------------|--------|---------------------|----------------|--------------------|
| Cát         | Nhỏ    | 0,05 - 0,25         | 0,02           | 0,65               |
|             | Vừa    | 0,25 - 1,00         | 0,02           | 0,65               |
|             | Lớn    | 1,00 - 2,50         | 0,02 - 0,25    | 0,65 - 0,70        |
| Sỏi         | Nhỏ    | 2,50 - 5,00         | 0,25 - 0,35    | 0,70 - 0,85        |
|             | Vừa    | 5 - 10              | 0,35 - 0,50    | 0,85 - 1,1         |
|             | Lớn    | 10 - 15             | 0,50 - 0,60    | 1,1 - 1,2          |
| Cuội        | Nhỏ    | 15 - 25             | 0,60 - 0,80    | 1,2 - 1,5          |
|             | Vừa    | 25 - 40             | 0,80 - 1,00    | 1,5 - 1,7          |
|             | Lớn    | 40 - 75             | 1,00 - 1,35    | 1,7 - 2,1          |
| Cuội lớn    | Nhỏ    | 75 - 100            | 1,35 - 1,50    | 2,1 - 2,35         |
|             | Vừa    | 100 - 150           | 1,50 - 1,95    | 2,35 - 2,6         |
|             | Lớn    | 150 - 200           | 1,95 - 2,25    | 2,6 - 2,95         |
| Đá tảng     | Nhỏ    | 200 - 300           | 2,25 - 2,75    | 2,95 - 3,35        |
|             | Vừa    | 300 - 400           | 2,75 - 3,15    | 3,35 - 3,70        |
|             | Lớn    | > 400               | > 3,15         | > 3,70             |

**Bảng 2**

**Vận tốc trung bình cho phép không xói của đất dính  $V_{ox}$**

| Loại đất   | Độ nén chặt | Tỷ trọng (T/m <sup>3</sup> ) | Chiều sâu nước (m) |      |      |      |
|------------|-------------|------------------------------|--------------------|------|------|------|
|            |             |                              | 0,4                | 1    | 2    | ≥ 3  |
|            |             |                              | $V_{ox}$ (m/s)     |      |      |      |
| Sét, á sét | Chặt ít     | 1,2                          | 0,35               | 0,40 | 0,45 | 0,50 |
|            | Chặt vừa    | 1,2 - 1,5                    | 0,70               | 0,85 | 0,95 | 1,10 |
|            | Chặt        | 1,65 - 2,05                  | 1,00               | 1,20 | 1,40 | 1,50 |
|            | Rất chặt    | 2,05 - 2,15                  | 1,40               | 1,70 | 1,90 | 2,10 |
| Đất bột    | Chặt vừa    | 1,2 - 1,65                   | 0,60               | 0,70 | 0,80 | 0,85 |
|            | Chặt        | 1,65 - 2,05                  | 0,80               | 1,00 | 1,20 | 1,30 |
|            | Rất chặt    | 2,05 - 2,15                  | 1,10               | 1,30 | 1,50 | 1,70 |

➤ Nếu cấu tạo địa chất lòng sông gồm nhiều lớp, có thể xác định chiều sâu nước sau khi xói bằng phương pháp đồ giải (hình 1). Phương pháp đồ giải được tiến hành theo trình tự sau.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Vẽ đường lưu lượng nguyên tố cho phép không xói thay đổi theo chiều sâu xói phát triển  $q_{ox} = f(h_i)$  tùy thuộc loại đất theo các biểu thức:

Đối với đất dính:

$$q_{ox} = h_i V_{ox}$$

Đối với đất không dính:

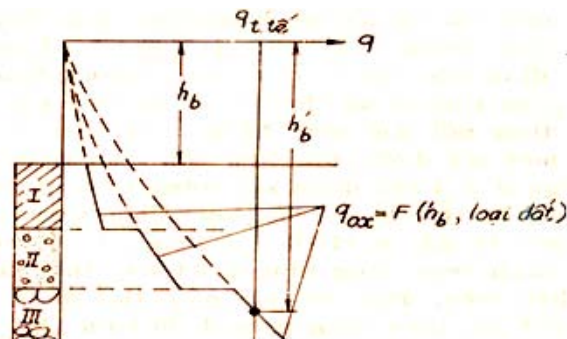
$$q_{ox} = (V_{od} / d^{1/6}) h_i^{7/6}$$

Trong đó, tỷ số  $(V_{od} / d^{1/6})$  được lấy theo bảng 1,  $V_{od}$  là vận tốc đáy cho phép không xói.

- Vẽ đường lưu lượng nguyên tố thực tế tại bãi sông  $q_{t.l\epsilon} = f(h_b)$  theo công thức:

$$q_{t.l\epsilon} = h_b \beta_b V_{bc} / (1 - \lambda)$$

- Dựa vào giao điểm của đường  $q_{ox} = f(h_i)$  và đường  $q_{t.l\epsilon} = f(h_b)$ , xác định được chiều sâu xói ở bãi sông.



**Hình 1:** Sơ đồ xác định chiều sâu sau xói chung  $h'_b$  ở bãi sông

## 2. Công thức tính xói cục bộ

Nếu việc nghiên cứu dự đoán xói chung trong những năm gần đây có những tiến bộ rất lớn, các nhà khoa học đã cơ bản thống nhất được về mô hình lý luận tính toán xói chung trong các tài liệu hướng dẫn phương pháp xác định khẩu độ cầu và xói trong khu vực cầu thì việc phân tích xói cục bộ tại trụ cầu hiện vẫn là vấn đề chưa được nghiên cứu thỏa đáng. Tính xói cục bộ và biện pháp chống lại nó đang trở thành đề tài được nhiều nhà khoa học ở trong và ngoài nước quan tâm. Hiện tượng xói cục bộ tại trụ cầu được giải thích theo các nguyên nhân khác nhau, kết quả cũng khác nhau tương đối nhiều [1]. Tất cả các phương pháp tính toán xói cục bộ hiện nay có chung những nhược điểm cơ bản là thiếu mô hình lý luận thống nhất và vững chắc, dựa vào thực nghiệm hoặc kết hợp giải tích và thực nghiệm để xây dựng các tham số tính toán trong công thức, và cuối cùng là thiếu số liệu đo xói thực tế để kiểm tra độ tin cậy của chúng. Dưới đây giới thiệu một số công thức tính xói cục bộ.

### a. Công thức tính xói cục bộ trụ cầu của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội

Năm 1982 Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trục và Kỹ sư Nguyễn Hữu Khải của Trường Đại học Xây dựng Hà Nội đã giới thiệu công thức xác định trị số xói cục bộ lớn nhất tại trụ cầu căn cứ vào kết quả xói thực tế ở một số cầu đang khai thác như sau.

- Khi tốc độ dòng chảy đến trụ nhỏ hơn tốc độ không xói của đất cấu tạo lòng sông  $V < V_{ox}$  (hay gặp ở các trụ cầu xây dựng trên phân bãi sông hay trên các kênh đào):

$$h_{cb} = 0,97K_d b^{0,83} h^{0,17} (V/V_{ox})^{1,04}$$

- Khi  $V \geq V_{ox}$  (đối với các trụ ở dòng chủ):

$$h_{cb} = 0,52K_d b^{0,88} h^{0,12} (V/V_{ox})^{1,16}$$

trong đó:

$h_{cb}$ : chiều sâu xói cục bộ lớn nhất tại trụ cầu, m;

$K_d$ : hệ số xét đến ảnh hưởng của hình dạng trụ cầu, được lấy bằng  $0,1K_\xi$ ;

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$K_g$ : hệ số hình dạng của Iaratslaxev xác định theo Phụ lục 5;

$h$ : chiều sâu nước chảy tại trụ cầu trước khi có xói cục bộ, m;

$V$ : tốc độ nước chảy tại trụ cầu trước khi có xói cục bộ, m/s;

$V_{ox}$ : tốc độ cho phép không xói của lớp đất tại vị trí xói phát triển tới, m/s; xác định theo Bảng 1 và 2;

$b$ : chiều rộng tính toán của trụ, m.

### ***b. Công thức tính xói cục bộ trụ và mố cầu của Phó giáo sư - Tiến sĩ Trần Đình Nghiên***

- Xói cục bộ trụ cầu

Sau quá trình nghiên cứu cơ chế xói cục bộ đối với trụ tròn hoặc trụ tròn đầu, Phó giáo sư - Tiến sĩ Trần Đình Nghiên ở Trường Đại học Giao thông vận tải Hà Nội đã xây dựng công thức lý thuyết, đồng thời kiến nghị công thức thực hành tính xói cục bộ ở trụ cầu đối với cả hai loại xói nước đục và xói nước trong [2] như sau.

$$h_{cb} = K \sqrt{hh_x} (V/V_{ng})^n K_\alpha K_\phi$$

trong đó:

$h_{cb}$  và  $h_x$ : chiều sâu xói cục bộ và chiều sâu xói chung tại vị trí trụ, m;

$h$ : chiều sâu dòng chảy, m;

$K_\alpha$  và  $K_\phi$ : hệ số xét tới ảnh hưởng của hướng dòng chảy và hình dạng trụ;

$K = 1,24$ ;  $n = 0,77$  khi  $V < V_o$ ; và khi  $V > V_o$  nhưng  $V/V_{ng} \leq 1$  (xói nước trong);

$K = 1,11$ ;  $n = 1$  khi  $V > V_o$  nhưng  $V/V_{ng} > 1$  (xói nước đục).

$V$ : vận tốc dòng chảy đến trụ, m/s;

$V_{ng}$ : tốc độ ngừng xói phụ thuộc vào dòng nước là trong hay đục, m/s, được xác định theo công thức:

$$V_{ng} = \sqrt[3]{g\omega h} (h/d)^{0,06}$$

trong đó:

$\omega$ : độ thô thủy lực của hạt đáy sông có đường kính  $d_{50}$ , m/s;

$d$ : đường kính  $d_{50}$  của hạt đáy sông, m;

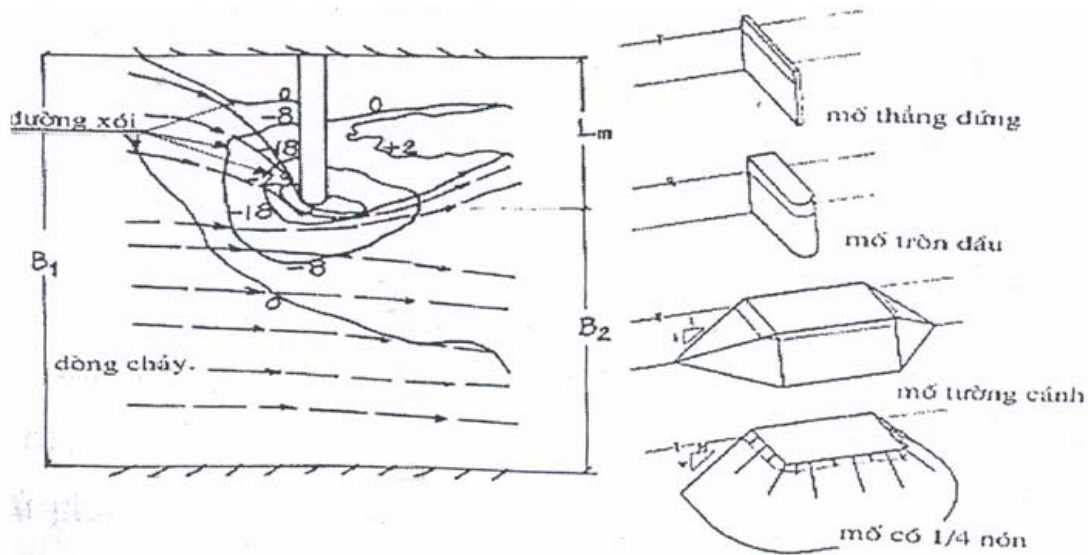
$g = 9,81 \text{ m/s}^2$  là gia tốc rơi tự do,

$V_o = 3,6 \sqrt[4]{hd}$  là tốc độ không xói của hạt đất, m/s.

- Xói cục bộ mố cầu

Trong đề tài nghiên cứu gần đây nhất [11]; [12], Phó giáo sư - Tiến sĩ Trần Đình Nghiên trên cơ sở kết quả thí nghiệm đối với xói lớn nhất tương ứng với tốc độ dòng chảy  $V$  xấp xỉ và bằng tốc độ khởi động của hạt  $V_c$ , và các kết quả khi  $V > V_c$  của các tác giả khác đối với một số dạng mố (hình 2), đã sử dụng các hàm tương quan có dạng khác nhau giữa chiều sâu xói cục bộ lớn nhất  $h_c$  với diện tích choán dòng chảy  $L_m h_{th}$  của mố để phân tích số liệu thí nghiệm và đưa ra các công thức đánh giá xói cục bộ mố cầu đối với cả hai trường hợp xói nước trong và xói nước đục như sau.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam



**Hình 2:** Sơ đồ mố, dòng chảy và vùng xói đối với mố tròn đầu

- Mố thẳng đứng vuông đầu:

$$h_c = 1,38h_{th}(L_m/h_{th})^{0,63}$$

- Mố thẳng đứng tròn đầu:

$$h_c = 1,18h_{th}(L_m/h_{th})^{0,52}$$

- Mố tường cánh:

- Khi  $L_m/h_{th} = 0,75 \div 20,4$ :

$$h_c = 1,03h_{th}(L_m/h_{th})^{0,59}$$

- Khi  $L_m/h_{th} = 19,6 \div 69$ :

$$h_c = 0,078h_{th}(L_m/h_{th}) + 4,26$$

- Mố có 1/4 nón :

$$h_c = 0,25h_{th}(L_m/h_{th}) + 0,64$$

trong đó:

$h_c$ : chiều sâu xói cục bộ lớn nhất tại mố cầu, m;

$h_{th}$ : chiều sâu dòng chảy thượng lưu mố trước lúc xói cục bộ, m;

$L_m$ : chiều dài mố và nền đường đầu cầu nhô ra giao với dòng chảy ứng với mực nước tính toán, m.

### ***c. Một số công thức tính nhanh xói cục bộ trụ cầu đơn giản***

Với mục đích thiết thực, sau đây chúng tôi giới thiệu một số công thức tính chiều sâu xói cục bộ đã công bố ở tài liệu [10]. Sử dụng các công thức này giúp dự báo nhanh xói cục bộ trụ cầu và kết quả tìm được có thể dùng làm trị số tham khảo.

- Xói cục bộ ở trụ có dạng hình trụ

- Xói cục bộ trong đất không dính

Bảng 3 sau đây giới thiệu một số công thức tính xói cục bộ trụ cầu áp dụng trong đất không dính.

**Bảng 3**

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

### Công thức tính chiều sâu xói cục bộ trụ cầu áp dụng trong đất không dính

| Tên công thức | Công thức                               | Gợi ý điều kiện áp dụng   |
|---------------|---|---|
| Shen I        | $h_{xcb} = 1,17U_o^{0,62}b^{0,62}$      | Nước trong, đáy sông là cát   |
| Shen II       | $h_{xcb} = 1,59U_o^{0,67}b^{0,67}$      | Dòng chảy mang bùn cát, đáy sông là cát, $Fr > 0,5$                                       |
| Laursen       | $h_{xcb} = 1,11y_o^{0,5}b^{0,5}$        | Dòng chảy mang bùn cát, đáy sông là cát, $Fr < 0,5$                                       |
| Blench        | $h_{xcb} = 1,8y_o^{0,75}b^{0,25} - y_o$ | Dòng chảy mang bùn cát, đáy sông là cát với:<br>$0,001 < D_{50} < 0,004$<br>và $Fr < 0,3$ |

Trong các công thức trên:

$h_{xcb}$ : chiều sâu hố xói cục bộ, m;

$b$ : chiều rộng trụ, m;

$U_o$ : tốc độ dòng chảy đến trụ, m/s;

$y_o$ : chiều sâu dòng chảy thượng lưu trụ, m;

$Fr = U_o / (gy_o)^{0,5}$  là hệ số Froude, trong đó gia tốc rơi tự do  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

➤ Xói cục bộ trụ cầu trong đất dính

Đối với đất dính, có thể sử dụng một số công thức đơn giản để đánh giá xói cục bộ trụ cầu dựa trên cơ sở chiều rộng trụ như trong bảng 4.

**Bảng 4**

#### Công thức tính chiều sâu xói cục bộ trụ cầu áp dụng trong đất dính

| Hình dạng trụ trên mặt bằng        | Độ nghiêng mặt trụ   | $h_{xcb}$ (m) |
|------------------------------------|--|---------------|
| Tròn                               | Thẳng đứng   | 1,5b          |
| Chữ nhật                           | Thẳng đứng   | 2,0b          |
| Hình hạt đậu                       | Thẳng đứng   | 1,2b          |
| Chữ nhật với các mũi nửa hình tròn | Thẳng đứng   | 1,5b          |
| Chữ nhật với các mũi nửa hình tròn | Mặt nghiêng vào phía trong, hướng lên đỉnh trụ một góc lớn hơn $20^\circ$ so với phương thẳng đứng | 1,0b          |
| Chữ nhật với các mũi nửa hình tròn | Mặt nghiêng ra phía ngoài, hướng lên đỉnh trụ một góc lớn hơn $20^\circ$ so với phương thẳng đứng  | 2,0b          |

- Xói cục bộ ở trụ cầu không có dạng hình trụ

Đánh giá xói cục bộ ở trụ không có dạng hình trụ có thể được thực hiện bằng cách đưa thêm các yếu tố hiệu chỉnh phù hợp vào công thức tính xói cục bộ đối với trụ hình trụ đã trình bày ở trên.

Các trụ không có dạng hình trụ có thể được thiết kế hướng mũi sắc hơn về phía dòng chảy đến so với các trụ có dạng hình trụ. Nó sẽ có hiệu quả làm giảm chiều dài của xoáy móng ngựa và do vậy giảm chiều sâu xói. Đối với các trụ có mũi tù, kết quả đảo ngược đã được chứng minh. Các yếu tố hiệu chỉnh đối với các trụ không có dạng hình trụ được đưa ra trong bảng 5 và được thể hiện ở hệ số  $f_2$ .

**Bảng 5**

#### Yếu tố hình dạng trụ $f_2$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

| Hình dạng trụ trên mặt bằng | Chiều dài/ chiều rộng | Hệ số $f_2$ |
|-----------------------------|-----------------------|-------------|
| Tròn                        | 1,0                   | 1,0         |
| Hình hạt đậu                | 2,0                   | 0,91        |
|                             | 3,0                   | 0,76        |
|                             | 4,0                   | 0,67        |
|                             |                       | 0,73        |
|                             | 7,0                   | 0,41        |
| Mũi parabol                 |                       | 0,80        |
| Mũi tam giác góc $60^\circ$ |                       | 0,75        |
| Mũi tam giác góc $90^\circ$ |                       | 1,25        |
| Mũi elip                    | 2,0                   | 0,91        |
|                             | 3,0                   | 0,83        |
| Mũi cung nhọn               | 4,0                   | 0,86        |
|                             |                       | 0,92        |
| Mũi chữ nhật                | 2,0                   | 1,11        |
|                             | 4,0                   | 1,40        |
|                             | 6,0                   | 1,11        |

Yếu tố xét đến hướng xiên của dòng chảy đến được thể hiện ở hệ số  $f_3$  theo hình 3.

Như vậy đối với trụ cầu không có dạng hình trụ, chiều sâu xói cục bộ  $h_{cbkht}$  được tính theo công thức:

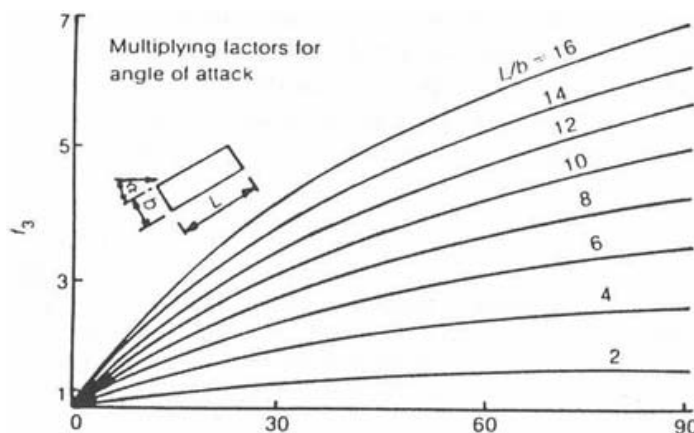
$$h_{cbkht} = h_{cb} f_2 f_3$$

Trong đó,  $h_{cb}$ : chiều sâu xói cục bộ ở trụ cầu có dạng hình trụ được tính như đã trình bày ở trên.

- Xói cục bộ ở trụ gồm các nhóm cọc

Các trụ cầu phân lớn được đặt trên các nhóm cọc. Mũi cọc thường ở dưới đường xói chung và nói chung có kích thước trên mặt bằng lớn hơn trụ. Phân tích xói cục bộ cho trường hợp này tốt nhất là thực hiện theo § 4.5, trường hợp đặc biệt thứ hai.

**Hình 3:** Hệ số hiệu chỉnh đối với góc xiên của dòng chảy so với phương dọc trụ.



Ghi chú: Trong tài liệu [1], Giáo sư, Tiến sĩ Nguyễn Xuân Trúc còn giới thiệu một số công thức tính xói cục bộ của:

- M.M. Zuravlev và Latuscov;
- I. A. Iaratslasev; và
- Các công thức theo Tiêu chuẩn BCN 62-69 của Liên xô trước đây.

Bạn đọc có thể tìm hiểu, lựa chọn để sử dụng.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

### Phân tích thủy lực cầu vượt sông trên mô hình HEC-RAS

#### 1. Giới thiệu

Mô hình phân tích sông (River Analysis System - RAS) do Trung tâm Thủy văn công trình (Hydrologic Engineering Center - HEC), sau đây gọi là Mô hình HEC-RAS của Cục Kỹ thuật công trình Quân đội Mỹ thiết kế dùng để phân tích thủy lực các công trình xây dựng có liên quan tới dòng chảy sông ngòi như cầu; cống; đường tràn...

Mô hình HEC-RAS là hệ thống phần mềm tổng hợp, được thiết kế để sử dụng trong môi trường nhiều chức năng có ảnh hưởng lẫn nhau.

Các mô-đun trong Mô hình HEC-RAS đều được xây dựng dựa trên những cơ sở lý thuyết có liên quan tới những khả năng tính toán khác nhau. Nhưng trong tất cả các mô-đun đều có sử dụng chung hai phương trình cơ bản là phương trình năng lượng và phương trình động lượng.

Đối với công trình cầu vượt dòng nước, để phục vụ dự báo xói chung do cầu thu hẹp dòng chảy và xói cục bộ tại chân trụ và móng cầu, trong Mô hình HEC-RAS còn sử dụng các phương trình nửa thực nghiệm. Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu tóm tắt các phương trình dùng trong Mô hình HEC-RAS có liên quan tới việc tính toán xây dựng đường mặt nước ở đoạn sông có cầu và phân tích xói dưới cầu.

#### 2. Cơ sở lý thuyết phân tích thủy lực đoạn sông có cầu trong Mô hình HEC-RAS

##### a. Các phương trình phân tích đường mặt nước

Về lý thuyết, đường mặt nước trong Mô hình HEC-RAS được tính toán từ mặt cắt này đến mặt cắt khác (hình 1) bằng việc giải Phương trình năng lượng theo trình tự tính lặp (phương pháp bước nhảy tiêu chuẩn). Phương trình năng lượng được viết như sau:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

trong đó:

$Y_1, Y_2$ : chiều sâu nước ở các mặt cắt;

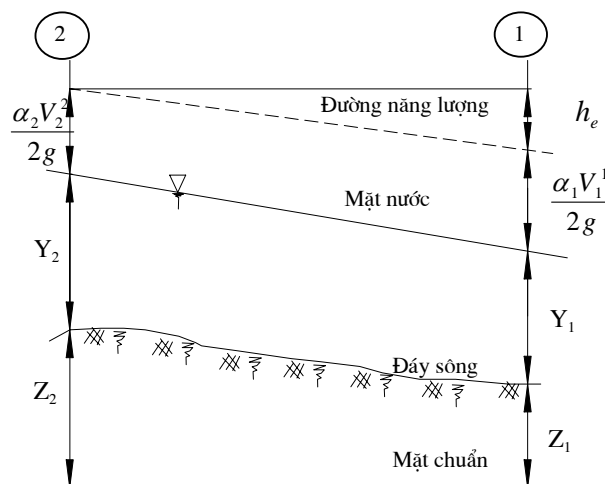
$Z_1, Z_2$ : cao độ lòng chủ;

$V_1, V_2$ : tốc độ trung bình;

$\alpha_1, \alpha_2$ : hệ số sửa chữa tốc độ;

$g$ : gia tốc trọng trường;

$h_e$ : tổn thất cột nước năng lượng giữa hai mặt cắt, bao gồm tổn thất ma sát và tổn thất thu hẹp hoặc mở rộng của dòng chảy.



**Hình 1:** Sơ đồ các yếu tố trong phương trình năng lượng

Phương trình năng lượng chỉ áp dụng được trong các điều kiện dòng chảy có sự biến đổi dần dần, từ chế độ dòng chảy dưới tới hạn sang trên tới hạn hoặc từ trên tới hạn xuống dưới tới hạn có sự thay đổi chậm. Khi đường mặt nước vượt qua dòng chảy tới hạn, có sự thay đổi đột ngột như ở những nơi có nước nhảy thủy lực, dòng chảy thấp dưới cầu

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

và ở các khu nhập lưu (ngã ba sông) thì về nguyên tắc, phương trình năng lượng coi như không áp dụng được nữa. Lúc đó HEC-RAS sẽ sử dụng phương trình động lượng để tính toán. Phương trình động lượng xuất phát từ định luật 2 Niuton theo phương dòng chảy có dạng:

$$\Sigma F_x = m \cdot a \quad (2)$$

trong đó:

$\Sigma F_x$ : tổng các lực theo phương x;

m: khối lượng nước;

a: gia tốc chuyển động của khối nước.

Từ phương trình (2) có thể biểu diễn sự thay đổi động lượng của một khối nước giới hạn bởi hai mặt cắt ngang sông (1) và (2) trong một đơn vị thời gian bằng phương trình sau:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q \cdot \rho \cdot \Delta V_x \quad (3)$$

trong đó:

$P_1$ ;  $P_2$ : áp lực thủy tĩnh ở mặt cắt;

$W_x$ : trọng lực của khối nước theo phương x;

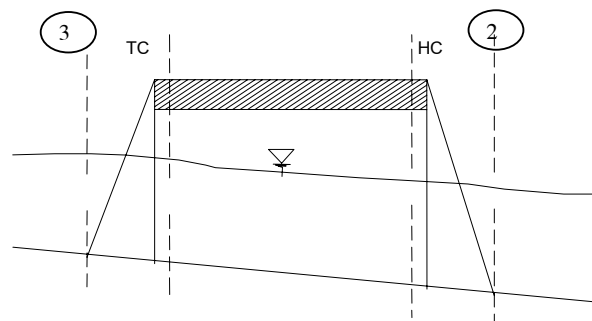
$F_f$ : lực do ma sát trong từ mặt cắt 2 đến mặt cắt 1;

Q: lưu lượng nước;

$\rho$ : trọng lượng riêng của nước;

$\Delta V_x$ : biến thiên vận tốc từ mặt cắt 2 đến mặt cắt 1.

Đường mặt nước qua cầu được tính toán dựa trên cơ sở cân bằng động năng từ mặt cắt 2 tới mặt cắt 3 theo ba bước tương ứng với ba đoạn: từ mặt cắt 2 tới mặt cắt hạ lưu cầu HC; từ mặt cắt HC tới mặt cắt thượng lưu cầu TC, và từ mặt cắt TC tới mặt cắt 3 (hình 2).



**Hình 2: Mặt cắt thượng, hạ lưu cầu**

Ngoài hai phương trình cơ bản (1) và (3) nêu trên, để phân tích đường mặt nước ở đoạn sông có cầu, trong Mô hình HEC-RAS còn sử dụng một phương trình thực nghiệm - Phương trình Yarnell năm 1934. Tuy không nhạy cảm nhiều với khẩu độ cầu về các đặc điểm bề rộng thoát nước, hình dạng mố nhưng phương trình này lại rất nhạy cảm về ảnh hưởng của bề rộng choán dòng chảy của trụ. Vì vậy nó rất thích hợp khi được dùng để xem xét ảnh hưởng của trụ cầu tới đường mặt nước ở khu vực cầu.

### ***b. Các phương trình phân tích xói dưới cầu***

Phân tích xói dưới cầu trong Mô hình HEC-RAS về cơ bản được thực hiện theo các phương trình đã giới thiệu ở § 4.4 và § 4.5 của Chương IV. Trừ phân xói tự nhiên (người tính phải tự phân tích, tổng hợp đưa ra kết luận dựa vào tài liệu điều tra diễn biến lòng sông thực tế qua nhiều năm), còn lại xói chung (xói thu hẹp) do cầu thu hẹp dòng chảy và xói cục bộ tại chân trụ và mố cầu đều có thể thực hiện được trên Mô hình HEC-RAS. Kết quả dự báo xói cuối cùng tại các trụ cầu là sự phân tích tổng hợp các trị số xói đó.

### **3. Sử dụng Mô hình HEC-RAS trong phân tích thủy lực cầu vượt sông**

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

### a. Yêu cầu số liệu

Các tài liệu chủ yếu phục vụ phân tích thủy lực cầu vượt sông trên Mô hình HEC-RAS bao gồm:

- Tài liệu địa hình, địa mạo

Ngoài tài liệu địa hình thông thường cần có như bản đồ tỷ lệ các loại (1/250 000; 1/100 000; 1/50 000 v.v...), bình đồ khu vực cầu, mặt cắt tim cầu, cần phải đưa vào Mô hình một số mặt cắt ướt trên đoạn sông. Các mặt cắt này được bố trí ở cả hai phía thượng và hạ lưu cầu. Dựa vào kết quả điều tra hiện trường, người sử dụng đánh giá và khai báo các hệ số nhám (n); các thông số về hệ thống đê điều; công trình choán nước (nếu có) v.v... vào chương trình.

- Dòng chảy

Các đặc trưng ban đầu của dòng chảy ổn định phải được đưa vào HEC-RAS để tính toán đường mặt nước bao gồm: **chế độ chảy, điều kiện biên và lưu lượng tính toán.** (Mô-đun "Dòng chảy không ổn định" lần đầu tiên đã được đưa vào trong HEC-RAS 3.0, tháng 1 năm 2001).

Phân dưới đây giới thiệu tóm tắt các đặc trưng ban đầu của dòng chảy ổn định.

#### ➤ Chế độ chảy

Có ba chế độ chảy là chảy êm, chảy xiết và chảy phân giới. Trong đó, điều kiện chung thường xảy ra nhất là các trường hợp chảy êm (*ứng với  $Fr < 1$* ).

#### ➤ Điều kiện biên

Có ba loại yêu cầu điều kiện biên tương ứng với ba chế độ chảy nêu trên là:

- Đối với chế độ dòng chảy êm, điều kiện biên chỉ phải đưa vào ở các điểm nút hạ lưu của hệ thống sông.
- Đối với chế độ dòng chảy xiết, yêu cầu chỉ phải đưa điều kiện biên vào ở các điểm nút thượng lưu của hệ thống sông.
- Đối với chế độ dòng chảy phân giới, yêu cầu phải đưa điều kiện biên vào tất cả các điểm đầu và cuối của hệ thống sông.

Người dùng phải lựa chọn khai báo một trong các yêu cầu về điều kiện biên nói trên vào chương trình. Có 4 dạng điều kiện biên sẵn có cho người dùng lựa chọn tùy theo nguồn tài liệu có thể có là: *mức nước đã biết; chiều sâu tới hạn; chiều sâu bình thường hoặc đường quan hệ mực nước với lưu lượng.*

#### ➤ Lưu lượng tính toán

Lưu lượng tính toán được đưa vào từng mặt cắt ngang để phân tích đường mặt nước. Ít nhất phải có một điều kiện dòng chảy để đưa vào cho mỗi đoạn sông. Khi một giá trị lưu lượng được đưa vào ở điểm nút thượng lưu của đoạn sông nào, thì nó được coi như không đổi ( $Q = \text{hằng số}$ ) cho toàn đoạn sông đó cho đến khi có dòng chảy khác bổ sung vào. Lưu lượng tính toán do người sử dụng đưa vào chương trình qua các phương pháp phân tích từ số liệu thực đo, từ điều kiện mưa trên lưu vực hay các phương pháp đã biết khác. Trong mô-đun dòng chảy ổn định, HEC-RAS không bao hàm việc tính lưu lượng từ diện tích gia tăng cho mỗi đoạn sông.

- Tài liệu địa chất và hình dạng mố, trụ cầu

Tài liệu địa chất và hình dạng mố, trụ để đưa vào chương trình phục vụ tính xói dưới cầu là: đường kính hạt vật liệu đáy ứng với hàm lượng lũy tích 50% và 90% ( $D_{50}$  và  $D_{90}$ ) của đường cong lũy tích thành phần hạt và các yếu tố hình học của mố, trụ.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

### a. Phân tích thủy lực

- Xác định các thông số mở rộng và thu hẹp dòng chảy khu vực cầu

Sau khi đã khai báo các tài liệu địa hình, điều kiện dòng chảy và điều kiện hình học của cầu, chương trình được thực hiện để cung cấp cho người tính một số thông số thủy lực (chiều sâu dòng chảy, số Froude v.v...). Thông qua các phương trình hồi quy, người sử dụng sẽ xác định bốn thông số đặc trưng của mô hình là: chiều dài đoạn sông và hệ số thu hẹp ( $L_c$  và  $C_c$ ), chiều dài đoạn sông và hệ số mở rộng ( $L_e$  và  $C_e$ ) sao cho phù hợp nhất với điều kiện thực tế trên cơ sở những tiêu chuẩn so sánh.

- Hiệu chỉnh mô hình và phân tích thủy lực

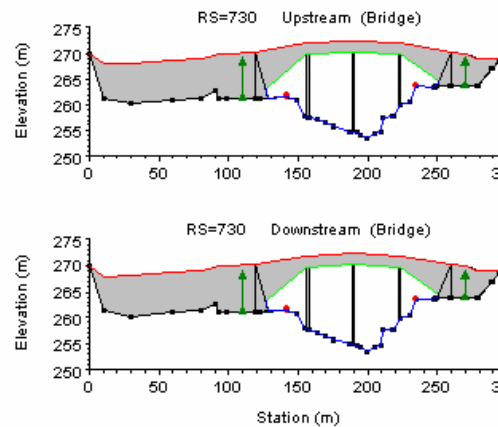
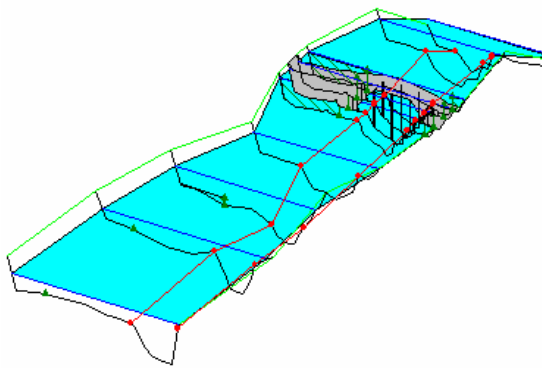
Các thông số đặc trưng xác định được từ bước trên được lần lượt khai báo để mô hình hoá mô hình phù hợp hơn so với mô hình lần đầu. Sau đó các chức năng phân tích thủy lực sẽ chính thức được thực hiện theo yêu cầu của người sử dụng.

- Phân tích xói dưới cầu

Trên cơ sở kết quả phân tích thủy lực và tài liệu địa chất đáy sông đã khai báo, chương trình sẽ cho phép phân tích xói dưới cầu. Người sử dụng có thể yêu cầu xác định trị số xói sâu nhất hoặc trị số xói ứng với điều kiện thực tế từng mố, trụ.

- In xuất kết quả

Kết quả tính toán xong có thể in xuất bao gồm: mạng lưới sông, các mặt cắt ngang, trắc dọc, đường mặt nước trước và sau khi làm cầu, đường đáy sông dưới cầu sau xói..., các kết quả tính toán thủy lực dưới dạng sơ đồ và bảng biểu. Một số hình ảnh dưới đây giới thiệu kết quả phân tích thủy lực và xói dưới một cầu vượt sông.



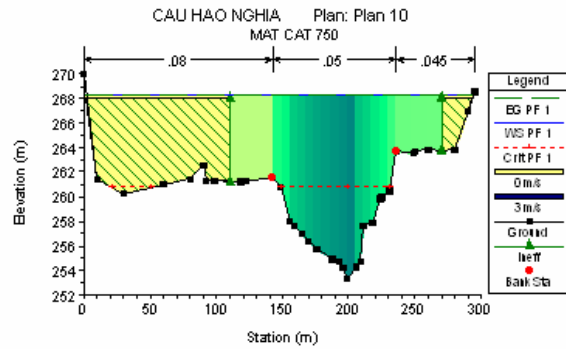
**Hình 3a:** Hình ảnh phối cảnh đoạn sông có cầu

**Hình 3b:** Mặt cắt thượng, hạ lưu và sự thu hẹp dòng chảy trước và sau cầu

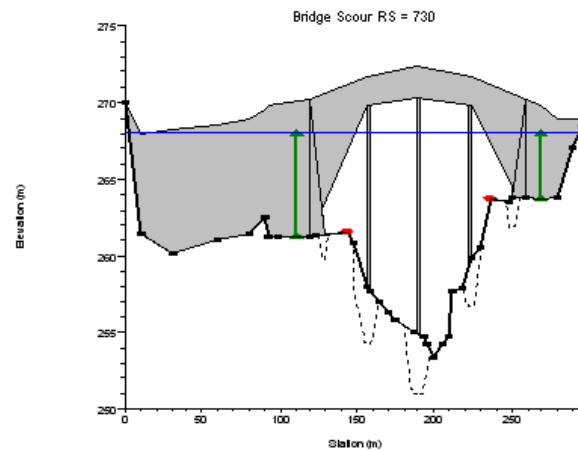
**Hình 3:** Mô hình đoạn sông và cầu

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

**Hình 4:** Hình ảnh phân bố vận tốc tại mặt cắt tim cầu



**Hình 5:** Hình ảnh xói chung và xói cục bộ dưới cầu



Nhờ những chức năng liên hoàn mà Mô hình HEC-RAS có thể được sử dụng để phân tích thủy lực cho các giai đoạn thiết kế cầu vượt sông. Những điểm ưu việt của Mô hình HEC-RAS là ở chỗ:

- Nhờ quan sát trực tiếp hình ảnh và bảng biểu trên màn hình mà người sử dụng có thể nhận biết được những điểm không phù hợp (hình dạng, cao độ các điểm khống chế mặt cắt ngang/ dọc; sự di chuyển liên tục của các bó dòng; các đặc trưng thủy lực...) và có biện pháp sửa chữa mô hình cho hợp lý, phù hợp nhất với thực tế.
- Các yếu tố thủy lực được xem xét đầy đủ, liên tục trên một đoạn sông đủ dài, không bị bó hẹp trong phạm vi một mặt cắt nên tránh được những ảnh hưởng cục bộ ảnh hưởng tới đường mặt nước và đặc biệt là đến kết quả phân tích xói dưới cầu.
- Khả năng phân tích liên hoàn từ quá trình phân tích thủy lực đến xói dưới cầu tạo điều kiện rất thuận lợi cho người sử dụng.
- Trên cơ sở số liệu đầu vào đầy đủ, Mô hình HEC-RAS có thể giúp Chủ nhiệm đồ án giả định nhiều phương án cầu vượt sông, phân tích và xác định được các yếu tố thủy lực cơ bản như đường mặt nước trước và sau khi làm cầu, phân bố vận tốc dòng chảy, khả năng xói lở dưới cầu... của từng phương án. Các kết quả đó giúp Chủ nhiệm đồ án có thêm cơ sở để lựa chọn phương án tối ưu trước khi đi vào các vấn đề thiết kế chi tiết.

Từ năm 1998 Mô hình HEC-RAS đã được sử dụng trong nhiều dự án công trình giao thông nói chung và dự án cầu vượt sông nói riêng ở Việt Nam. Thực tế đã cho thấy, HEC-RAS là phần mềm (\*) có nhiều tiện ích, phù hợp để phân tích thủy lực trong thiết kế cầu vượt sông.

(\*) Đến cuối tháng 12 năm 2005, phần mềm HEC-RAS đã được nâng cấp thành phiên bản HEC-RAS 3.1.3. Bạn đọc có thể truy nhập tìm hiểu, liên hệ khai thác và sử dụng theo địa chỉ sau.

<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/hecras-whatsnew.html>

### Ví dụ phân tích xói dưới cầu

#### 1. Tài liệu

Cầu C bắc qua sông S được bố trí theo sơ đồ nhịp (40 x 10 + 45 + 80 + 120 + 80 + 45 + 40 x 4) m. Cầu có phương dọc đặt chéo với phương dòng chảy một góc  $\alpha = 15^\circ$  và năm trụ ( $T_{10}$ ,  $T_{11}$ ,  $T_{12}$ ,  $T_{13}$  và  $T_{14}$ ) xây dựng trong lòng sông, các trụ và mố khác đều được đặt trên cạn. Các dữ kiện để phân tích xói dưới cầu bao gồm:

- Lưu lượng lũ thiết kế:  $Q_{\max.1\%} = 4000 \text{ m}^3/\text{s}$
- Độ dốc mặt nước:  $S_1 = 0,0000143$
- Mực nước phân tích xói (\*):  $H = 1,00 \text{ m}$

(\*) Một cách gần đúng, thường dùng mực nước cao có tần suất thiết kế tương ứng với lưu lượng lũ cùng tần suất để dự báo xói. Trường hợp khu vực cầu có ảnh hưởng của thủy triều hoặc nước dâng từ sông khác, có khi lưu lượng lũ thiết kế lại xảy ra ở mực nước thấp hơn mực nước cao có cùng tần suất. Vì vậy, cần phân tích lựa chọn mực nước cao tương ứng với lưu lượng lũ thiết kế (bất lợi) để phân tích xói dưới cầu.

- Chiều sâu trung bình dòng chảy ở thượng lưu cầu:  $y_1 = 14,00 \text{ m}$
- Chiều sâu hiện tại ở đoạn bị thu hẹp trước khi xói:  $y_0 = 14,20 \text{ m}$
- Chiều rộng lòng sông (ứng với mực nước tính xói):
  - Tại mặt cắt thượng lưu cầu:  $W_1 = 350 \text{ m}$
  - Tại mặt cắt bị thu hẹp dưới cầu (\*\*):  $W_2 = 329,50 \text{ m}$

(\*\*) Chiều rộng lòng sông đã trừ đi chiều rộng các trụ choán vào dòng chảy.

- Đoạn sông bắc cầu tương đối thẳng và ổn định, không có bãi, đáy sông khá bằng phẳng, lòng sông dưới cầu là cát mịn có đường kính hạt như sau:

$$\begin{aligned} D_{50} &= 0,025 \text{ mm} \\ D_{84} &= 0,075 \text{ mm} \\ D_{90} &= 0,095 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Tốc độ dòng chảy (\*\*\*):

(\*\*\*) Các đặc trưng tốc độ dòng chảy (bình quân mặt cắt và bình quân thủy trực) do tính phân phối lưu lượng lũ thiết kế theo mặt cắt ướt thủy lực dưới cầu (kể cả kết quả xác định được qua mô hình thủy lực các loại) mà có. Trong ví dụ này không trình bày cách xác định các đặc trưng tốc độ dòng chảy.

$$\begin{aligned} \text{Tốc độ dòng chảy trung bình trên toàn mặt cắt: } V &= 0,96 \text{ m/s} \\ \text{Tốc độ dòng chảy trung bình trước trụ } T_{11} \text{ (****): } V_{11} &= 0,55 \text{ m/s} \end{aligned}$$

(\*\*\*\*)  $T_{11}$  là trụ được chọn để minh họa phân tích xói cục bộ trụ cầu.

- Căn cứ bố trí chung của cầu và trụ, xác định được trụ  $T_{11}$  có kích thước và điều kiện sau.

Trụ gồm hai cột tròn (theo chiều dòng chảy), đường kính thân cột:

$$D = 2 \text{ m}$$

Bệ trụ (mũ cọc) hình chữ nhật, có:

$$\text{Chiều dày: } t = 3,00 \text{ m}$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

|  |            |       |   |
|--|------------|-------|---|
| Chiều rộng:  | B =        | 6,50  | m |
| Chiều dài:   | L =        | 22,50 | m |
| Số cọc khoan nhồi dưới bệ (theo mặt chính diện cầu): |            |       |   |
|  | $n_1 =$    | 2     |   |
| Số cọc khoan nhồi dưới bệ (theo phương dòng chảy):   |            |       |   |
|  | $n_2 =$    | 6     |   |
| Đường kính cọc khoan nhồi:                           | $\Phi =$   | 1,50  | m |
| Chiều sâu dòng chảy trước trụ:                       | $y_{11} =$ | 7     | m |

### 2. Phân tích xói dưới cầu

#### a. Xói tự nhiên

Thông tin từ các cơ quan quản lý đường sông và điều tra hiện trường cho thấy không có sự xói bồi nghiêm trọng nào xảy ra trên khu vực đoạn sông bắc cầu. Hai bờ sông và lòng sông khá ổn định. Vậy có thể bỏ qua chiều sâu xói tự nhiên.

#### b. Xói chung

Đoạn sông không có bãi, nên lưu lượng ở đoạn thượng lưu cầu và lưu lượng ở đoạn lòng dẫn bị thu hẹp do cầu là như nhau:  $Q_1 = Q_2 = 4000 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Tốc độ tối hạn của hạt cát  $V_c$  được tính theo công thức 4-8:

$$V_c = 6,19y^{1/6}D_{50}^{-1/3} = 6,19 \times 14^{1/6} \times 0,000025^{1/3} = 0,28 \text{ m/s}$$

Có  $V_c/V = 0,28/0,96 = 0,29$ , vậy xảy ra xói nước đục. Sử dụng công thức 4-4 để phân tích xói chung dưới cầu:

$$y_2 = y_1 [Q_2/Q_1]^{6/7} [W_1/W_2]^{k_1}$$

$$y_2 = 14 [4000/4000]^{6/7} [350/329,50]^{k_1}$$

$$y_2 = 14,60 \text{ (m)}$$

Trong đó hệ số  $k_1$  được xác định như sau: Có  $U_* = (gy_1 S_1)^{0,5} = (9,81 \times 14 \times 0,0000143)^{0,5} = 0,044 \text{ (m/s)}$ ; với  $D_{50} = 0,025 \text{ mm}$ , theo biểu đồ hình 4-4 xác định được  $\omega = 0,001 \text{ m/s}$  và tỷ số  $U_* / \omega = 44 > 2$ ; theo bảng 4-4 có hệ số  $k_1 = 0,69$ .

Vậy chiều sâu trung bình xói chung dưới cầu là:

$$y_{x.ch.} = y_2 - y_0 = 14,60 \text{ m} - 14,20 \text{ m}$$

$$y_{x.ch.} = 0,40 \text{ m}$$

#### c. Xói cục bộ

- Xói cục bộ trụ cầu

Xói cục bộ tại trụ  $T_{11}$  được phân tích với 3 giả định:

- Xói chung chưa để lộ đỉnh bệ trụ;
- Xói chung đã để lộ bệ trụ, đường xói chung ở dưới đỉnh bệ 0,50 m; và
- Xói chung đã để lộ nhóm cọc.

➤ Trường hợp xói chung chưa để lộ đỉnh bệ trụ

Với giả định này, chỉ xét xói cục bộ đối với thân trụ. Dùng công thức 4-9 để tính chiều sâu hố xói cục bộ.

$$y_{xcb} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0,65} y_1^{0,35} Fr_1^{0,43}$$

Xác định các hệ số:

Hệ số  $K_1 = 1$ , trụ tròn

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Hệ số  $K_2$ :

$$L = 2 \times 2,00 = 4 \text{ m}; \quad a = 2 \text{ m}$$

Dùng công thức 4-10 với góc chéo  $\alpha = 15^\circ$  xác định được  $K_2 = 1,29$

Hệ số  $K_3 = 1,1$  với tình trạng đáy sông tương đối bằng phẳng

Hệ số  $K_4 = 1$  vì  $D_{50} = 0,025 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$

Hệ số  $Fr_1$ :

$$Fr_1 = V_1 / (gy_1)^{0.5} = 0,55 : (9,81 \times 7)^{0.5} = 0,066$$

Thay các giá trị vào biểu thức tính xói cục bộ tìm được chiều sâu hố xói cục bộ là:

$$\begin{aligned} y_{xcb} &= 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0.65} y_1^{0.35} Fr_1^{0.43} \\ y_{xcb} &= 2,0 \times 1 \times 1,29 \times 1,1 \times 1 \times 2^{0.65} \times 7^{0.35} \times 0,066^{0.43} \\ y_{xcb} &= 2,75 \text{ (m)} \end{aligned}$$

➤ Trường hợp xói chung đã lộ bệ trụ, đường xói chung ở dưới đỉnh bệ 0,50 m

Với giả định này, phải xét xói cục bộ đối với bệ trụ. Dùng công thức 4-9 để tính chiều sâu hố xói cục bộ.

Xác định các hệ số:

Hệ số  $K_1 = 1$

Hệ số  $K_2$ :

$$L = 22,50 \text{ m} \quad a = 6,50 \text{ m}$$

Dùng công thức 4-10 với góc chéo  $\alpha = 15^\circ$  xác định được  $K_2 = 1,50$

Hệ số  $K_3 = 1,1$  với tình trạng đáy sông tương đối bằng phẳng

Hệ số  $K_4 = 1$  vì  $D_{50} = 0,025 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$

Hệ số  $Fr_f$ :

Căn cứ điều kiện giả định, đối chiếu với hình 4-6 biết  $y_f = 0,50 \text{ m}$

Có  $D_{84} = 0,075 \text{ mm}$ , hay  $k_s = 0,000075 \text{ m}$ , với  $V_{11} = 0,55 \text{ m/s}$ , theo công thức 4-12 xác định được:  $V_f = 0,45 \text{ m/s}$

Có  $y_f = 0,50 \text{ m}$ ;  $V_f = 0,45 \text{ m/s}$ , tìm được:

$$Fr_f = V_f / (gy_f)^{0.5} = 0,45 : (9,81 \times 0,50)^{0.5} = 0,20$$

Thay các giá trị vừa tìm vào công thức 4-9 (trong đó dùng  $y_f$  và  $Fr_f$  thay cho  $y_1$  và  $Fr_1$ ), xác định được chiều sâu hố xói cục bộ là:

$$\begin{aligned} y_{xcb} &= 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0.65} y_f^{0.35} Fr_f^{0.43} \\ y_{xcb} &= 2,0 \times 1 \times 1,50 \times 1,1 \times 1 \times 6,50^{0.65} \times 0,50^{0.35} \times 0,20^{0.43} \\ y_{xcb} &= 4,38 \text{ (m)} \end{aligned}$$

➤ Trường hợp xói chung đã để lộ nhóm cọc

Với giả định này, phải xem xét xói cục bộ đối với nhóm cọc đã bị xói chung để lộ ra trong dòng chảy. Vẫn dùng công thức 4-9 để tính chiều sâu hố xói cục bộ.

Xác định các hệ số:

Hệ số  $K_1 = 1$ , trụ tròn

Hệ số  $K_2$ :

$$\begin{aligned} L &= 6 \times 1,5 \text{ m} = 9 \text{ m} \\ a &= 2 \times 1,50 \text{ m} = 3,00 \text{ m} \end{aligned}$$

Dùng công thức 4-10 với góc chéo  $\alpha = 15^\circ$  xác định được  $K_2 = 1,43$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Hệ số  $K_3 = 1,1$  với tình trạng đáy sông tương đối bằng phẳng

Hệ số  $K_4 = 1$  vì  $D_{50} = 0,025 \text{ mm} < 60 \text{ mm}$

Hệ số  $Fr_1 = V_1 / (gy_1)^{0,5} = 0,55 : (9,81 \times 7)^{0,5} = 0,066$

Thay các giá trị vào biểu thức tính xói cục bộ, tìm được chiều sâu hố xói cục bộ là:

$$y_{xob} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 a^{0,65} y_1^{0,35} Fr_1^{0,43}$$

$$y_{xob} = 2,0 \times 1 \times 1,43 \times 1,1 \times 1 \times 3^{0,65} \times 7^{0,35} \times 0,066^{0,43}$$

$$y_{xob} = 3,95 \text{ (m)}$$

*Nhận xét: Trong ba giả định trên, khả năng xói cục bộ tại trụ đối với trường hợp bê trụ lộ ra là sâu nhất. Vì vậy có thể chọn chiều sâu hố xói  $y_{xob} = 4,38 \text{ m}$  làm kết quả để thiết kế trụ  $T_{11}$ .*

- Xói cục bộ mố cầu

Hai mố cầu đều được đặt trên cạn nên không cần xem xét tới xói mố.

### d. Tổng hợp xói

- Chiều sâu xói tổng cộng tại trụ cầu

Chiều sâu xói tổng cộng tại trụ  $T_{11}$  là:

$$\Sigma y_{xoi} = y_{xtn.} + y_{xch.} + y_{xob.} = 0,00 + 0,40 + 4,38$$

$$\Sigma y_{xoi} = 4,78 \text{ (m)}$$

Chiều sâu dòng nước sau xói cục bộ sẽ là:

$$h_{xtf.} = 7,00 + 4,78 = 11,78 \text{ (m)}$$

- Chiều rộng miệng hố xói

Chiều rộng đỉnh hố xói  $W$  (m) được xác định theo công thức gần đúng đã giới thiệu trong § 4.5; mục 4.5.1.c.

$$W = 2,0y_x$$

Với  $y_x = 4,78 \text{ m}$  là chiều sâu xói, theo công thức trên xác định được chiều rộng miệng hố xói về mỗi phía tại chân trụ  $T_{11}$  có khả năng đạt tới  $W = 9,56 \text{ m}$ . Theo sơ đồ kết cấu nhịp của bố trí chung cầu, chiều rộng này không làm ảnh hưởng tới sự ổn định của các trụ liền kề.

- Thể hiện xói lên mặt cắt dọc tim cầu

Sau khi đã có kết quả phân tích xói dưới cầu như trên, có thể mô tả định lượng hình ảnh xói lên mặt cắt dọc tim cầu theo các trị số: chiều sâu xói bao gồm xói tự nhiên (nếu có), xói chung, xói cục bộ; chiều rộng miệng hố xói.

# Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

## Ví dụ tính độ dâng nước phía thượng lưu cầu

### 1. Tài liệu

Cầu M bắc qua đoạn sông T có sơ đồ nhịp  $(33+42+63+42+33) = 213$  m.

Ở điều kiện tự nhiên, đoạn sông có: lưu lượng lũ thiết kế  $Q_{\max.1\%} = 2480$  m<sup>3</sup>/s; mực nước tính toán tương ứng  $H_{TT} = 2,45$  m; diện tích thoát nước  $A_{tn} = 1195$  m<sup>2</sup>; độ dốc mặt nước  $I_o = 0,0001$ ; chiều rộng toàn bộ mặt cắt ngang sông dưới cầu  $B = 384$  m, trong đó bãi trái rộng 139 m, lòng chủ rộng 104 m và bãi phải rộng 141 m.

Phân phối lưu lượng lũ thiết kế trên toàn mặt cắt ngang sông dưới cầu xác định được: trong phạm vi cầu, ở điều kiện tự nhiên có lưu lượng  $Q_{\text{cầu o}} = 2438$  m<sup>3</sup>/s chảy qua diện tích mặt cắt ướt  $A_{\text{cầu o}} = 1024$  m<sup>2</sup>.

Tổng diện tích choán nước của các trụ ứng với mực nước tính toán:  $\Sigma A_{\text{trụ}} = 35$  m<sup>2</sup>.

Yêu cầu: xác định các đặc trưng độ dâng nước phía thượng lưu cầu.

### 2. Tính toán

#### a. Độ dâng nước lớn nhất phía thượng lưu cầu

Độ dâng nước lớn nhất thượng lưu cầu được xác định theo công thức 4-19 kết hợp công thức 4-20 như sau.

$$\Delta h_{d. \max.} = K(V_{\text{cầu}}^2 - V_{\text{cầu o}}^2) / 2g \quad (1)$$

Xác định hệ số K qua Công thức 4-21 dưới đây.

$$K = 1 + (V_o / V_{\text{cầu o}})^2 a / (Fr / i_o)^{0,5} \quad (2)$$

Tốc độ trung bình của dòng chảy trên toàn mặt cắt thực  $V_o$  khi chưa có cầu:

$$V_o = 2480 : 1195$$

$$V_o = 2,08 \text{ (m/s)}$$

Tốc độ trung bình dòng chảy trên phần mặt cắt thực trong phạm vi cầu  $V_{\text{cầu o}}$  khi dòng chảy chưa bị thu hẹp:

$$V_{\text{cầu o}} = 2438 : 1024$$

$$V_{\text{cầu o}} = 2,38 \text{ (m/s)}$$

Chiều rộng ngập tràn tính toán  $L_{\text{ngập}}$ :

$$L_{\text{ngập}} = 384 : 2$$

$$L_{\text{ngập}} = 192 \text{ (m)}$$

Xác định hệ số Froude theo Công thức 4-22 như sau.

$$Fr = V_o^2 / gL_{\text{ngập}} = 2,08^2 / 9,81 \times 192 = 0,0023$$

$$Fr = 0,0023$$

Xác định hệ số  $a = f(Fr/i_o; Q_{TK}/Q_{\text{cầu o}})$ : Có  $Fr/i_o = 0,0023 / 0,0001 = 23$  và  $Q_{TK}/Q_{\text{cầu o}} = Q_{\max.1\%} / Q_{\text{cầu o}} = 2480 / 2438 = 1,02$ ; theo bảng 4-11 tra được:  $a = 0,73$ .

Thay các giá trị đã tìm được vào (2), xác định hệ số K:

$$K = 1 + (2,08 : 2,38)^2 \times 0,73 : (0,0023 : 0,0001)^{0,5}$$

$$K = 1,116$$

Tốc độ trung bình dòng chảy dưới cầu  $V_{\text{cầu}}$  khi dòng chảy đã bị cầu thu hẹp:

$$V_{\text{cầu}} = 2480 : (1024 - 35) = 2,51 \text{ (m/s)}$$

Thay các giá trị đã tìm được vào (1), xác định độ dâng nước cao nhất phía thượng lưu cầu:

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$\Delta h_{d. \max.} = 1,116 \times (2,51^2 - 2,38^2) / 2 \times 9,81$$

$$\Delta h_{d. \max.} = 0,04 \text{ (m)}$$

### ***b. Khoảng cách từ cầu đến nơi có độ dềnh nước lớn nhất***

Khoảng cách  $x_o$  từ cầu đến nơi có độ dềnh nước lớn nhất phía thượng lưu được xác định theo công thức 4-23 như sau.

$$x_o = a \times L_{\text{ngập}} (Fr / i_o)^{0,5} \quad (3)$$

Thay các giá trị đã tìm vào (3), xác định được:

$$x_o = 0,73 \times 192 \times (0,0023 / 0,0001)^{0,5}$$

$$x_o = 672 \text{ (m)}$$

### ***c. Độ dềnh nước lớn nhất ở mái dốc đường dẫn lên cầu***

Độ dềnh nước lớn nhất  $\Delta h_{TL}$  ở mái dốc đường dẫn lên cầu được xác định theo công thức 4-24 như sau.

$$\Delta h_{TL} = \Delta h_{d. \max.} + x_o i_o + V_o^2 / g \quad (4)$$

Thay các giá trị đã tìm vào (4), xác định được:

$$\Delta h_{TL} = 0,04 + 672 \times 0,0001 + 2,08^2 : 9,81$$

$$\Delta h_{TL} = 0,55 \text{ (m)}$$



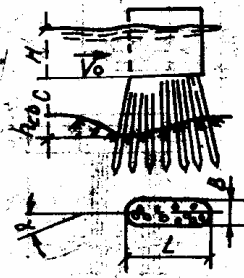

HỆ SỐ HÌNH DẠNG TRỤ CẦU K<sub>ξ</sub>

| Thứ tự | Loại trụ | K <sub>ξ</sub>  |      |      |      |      |      | Chiều rộng trụ tính toán  |
|--------|----------|---|------|------|------|------|------|---|
|        |          | C/H<br>α°   | 0    | 0,2  | 0,4  | 0,6  | 0,8  |   |
| 1      |          | 0°  | 8,5  | 9,9  | 11,5 | 12,1 |      | Khi tính nước chảy thẳng góc với trụ :<br>$B_t = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$<br>Khi nước chảy xiên góc :<br>1) $B_t = (L - B_o) \sin \alpha + B_o$ , nếu $\frac{C}{H} < 0,3$<br>$B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$ , nếu $\frac{C}{H} > 0,3$<br>2) $B = L \sin \alpha + B_o \cos \alpha$<br>$B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$ |
|        |          | 10°   | 8,7  | 10,1 | 11,8 | 12,1 |      |   |
|        |          | 20°   | 9,0  | 10,3 | 11,7 | 12,2 |      |   |
|        |          | 30°   | 10,3 | 11,3 | 12,1 |      |      |   |
|        |          | 40°   | 11,3 | 12,0 |      |      |      |   |
|        |          | Chú ý : Khi tính nước chảy xiên góc với hướng của trụ thì nếu $\frac{H}{B} < 1$ cần phải xác định trị số B <sub>t</sub> theo công thức $B_t = B_o(\sin \alpha - \cos \alpha)$ |      |      |      |      |      |   |
| 2      |          | 12,4  |      |      |      |      |      | Khi tính nước chảy thẳng góc với trụ :<br>$B_t = B + (B_H - B) \frac{C}{H}$<br>Khi nước chảy xiên góc<br>$B_t = L \sin \alpha + B_o \cos \alpha$<br>$B_o = B + (B_H - B) \frac{C}{H}$   |
|        |          | Xem chú ý của loại 1  |      |      |      |      |      |   |
| 3      |          | α°  | 0°   | 10°  | 20°  | 30°  | 40°  | Khi nước chảy thẳng góc với trụ :<br>$B_t = B$<br>Khi nước chảy xiên góc với trụ<br>$B_t = (L - B) \sin \alpha + B$   |
|        |          | K <sub>ξ</sub>  | 8,5  | 8,9  | 9,0  | 10,2 | 11,3 |   |
|        |          | Xem chú ý của loại 1  |      |      |      |      |      |   |

PHỤ LỤC 4-5 (tiếp theo)

| Thứ tự               | Loại trụ | $K_{\xi}$   | Chiều rộng trụ tính toán  |      |     |     |           |      |      |     |   |
|----------------------|----------|---|---|------|-----|-----|-----------|------|------|-----|---|
| 4                    |          | 12,4  | Khi nước chảy thẳng góc với trụ :<br>$B_t = B$<br><br>Khi nước chảy xiên góc với trụ :<br>$B_t = L \sin \alpha + B \cos \alpha$ |      |     |     |           |      |      |     |   |
| Xem chú ý của loại 1 |          |   |   |      |     |     |           |      |      |     |   |
| 5                    |          | <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>\alpha^\circ</math></th> <th>120°</th> <th>90°</th> <th>60°</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>K_{\xi}</math></td> <td>12,2</td> <td>10,0</td> <td>7,3</td> </tr> </tbody> </table> | $\alpha^\circ$  | 120° | 90° | 60° | $K_{\xi}$ | 12,2 | 10,0 | 7,3 | Khi nước chảy thẳng góc với trụ :<br>$B_t = B$<br><br>Khi nước chảy xiên góc với trụ :<br>$B_t = (L - B) \sin \alpha + B$ |
| $\alpha^\circ$       | 120°     | 90°   | 60°   |      |     |     |           |      |      |     |   |
| $K_{\xi}$            | 12,2     | 10,0  | 7,3   |      |     |     |           |      |      |     |   |
| 6                    |          | 10,0  | $B = d$   |      |     |     |           |      |      |     |   |

PHỤ LỤC 4-5 (tiếp theo)

| Thứ tự                          | Loại trụ   | $K_{\xi}$   | Chiều rộng trụ tính toán        |      |     |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |
|---------------------------------|--|---|---------------------------------|------|-----|---|---|----|----|-----|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|--|
| 7                               |   | $K_{\xi} = f\left(\frac{C}{B}, \alpha^{\circ}\right)$ <table border="1" data-bbox="709 441 1293 734"> <thead> <tr> <th><math>\alpha^{\circ} \backslash C/B</math></th> <th>0</th> <th>2</th> <th>4</th> <th>8</th> <th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0°</td> <td>8,5</td> <td>7,5</td> <td>6,76</td> <td>5,98</td> <td>5,4</td> </tr> <tr> <td>10°</td> <td>8,7</td> <td>7,7</td> <td>6,8</td> <td>6,1</td> <td>5,5</td> </tr> <tr> <td>20°</td> <td>9,0</td> <td>7,8</td> <td>7,1</td> <td>6,2</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>30°</td> <td>10,5</td> <td>8,6</td> <td>7,5</td> <td>6,3</td> <td>5,7</td> </tr> <tr> <td>40°</td> <td>11,2</td> <td>9,2</td> <td>7,9</td> <td>6,7</td> <td>5,9</td> </tr> </tbody> </table> | $\alpha^{\circ} \backslash C/B$ | 0    | 2   | 4 | 8 | 12 | 0° | 8,5 | 7,5 | 6,76 | 5,98 | 5,4 | 10° | 8,7 | 7,7 | 6,8 | 6,1 | 5,5 | 20° | 9,0 | 7,8 | 7,1 | 6,2 | 5,6 | 30° | 10,5 | 8,6 | 7,5 | 6,3 | 5,7 | 40° | 11,2 | 9,2 | 7,9 | 6,7 | 5,9 | <p>Khi nước chảy thẳng góc với trụ :<br/><math>B_t = B</math></p> <p>Khi nước chảy xiên góc với trụ :<br/><math>B_t = (L - B)\sin\alpha + B</math></p> |
| $\alpha^{\circ} \backslash C/B$ | 0  | 2   | 4                               | 8    | 12  |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |
| 0°                              | 8,5  | 7,5   | 6,76                            | 5,98 | 5,4 |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |
| 10°                             | 8,7  | 7,7   | 6,8                             | 6,1  | 5,5 |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |
| 20°                             | 9,0  | 7,8   | 7,1                             | 6,2  | 5,6 |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |
| 30°                             | 10,5   | 8,6   | 7,5                             | 6,3  | 5,7 |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |
| 40°                             | 11,2   | 9,2   | 7,9                             | 6,7  | 5,9 |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |
| 8                               |  | $K_{\xi} = 5,5$   | $B_t = B$                       |      |     |   |   |    |    |     |     |      |      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |     |      |     |     |     |     |  |

PHỤ LỤC 4-5 (tiếp theo)

| Thứ tự | Loại trụ | $K_E$                         | Chiều rộng trụ tính toán  |      |                    |      |     |     |
|--------|----------|-------------------------------|---|------|--------------------|------|-----|-----|
| 9      |          | $b = 90^\circ$                |   |      |                    |      |     |     |
|        |          | $\alpha^\circ \backslash C/H$ | 0   | 0,2  | 0,4                | 0,6  | 0,8 | 1,0 |
|        |          | 0°                            | 10,0  | 10,9 | 11,9               | 12,2 |     |     |
|        |          | 10°                           | 10,2  | 11,1 | 12,1               |      |     |     |
|        |          | 20°                           | 10,6  | 11,4 |                    |      |     |     |
|        |          | 30°                           | 12,1  |      |                    |      |     |     |
|        |          | 40°                           |   |      |                    |      |     |     |
|        |          |                               | Xem quy định đối với loại 1   |      |                    |      |     |     |
| 10     |          | $\beta = 90^\circ$            |   |      |                    |      |     |     |
|        |          | $\alpha^\circ \backslash C/H$ | 0   | 0,2  | 0,4                | 0,6  | 0,8 | 1,0 |
|        |          | 0°                            | 10,0  | 10,9 | 11,9               | 12,2 |     |     |
|        |          | 10°                           | 10,2  | 11,1 | 12,1               |      |     |     |
|        |          | 20°                           | 10,6  | 11,4 |                    |      |     |     |
|        |          | 30°                           | 12,1  |      |                    |      |     |     |
|        |          |                               |   | 40°  |                    |      |     |     |
|        |          |                               |   |      | $\beta = 60^\circ$ |      |     |     |
|        |          | $\alpha^\circ \backslash C/H$ | 0   | 0,2  | 0,4                | 0,6  | 0,8 | 1,0 |
|        |          | 0°                            | 7,3   | 9,1  | 11,2               | 12,0 |     |     |
|        |          | 10°                           | 7,5   | 9,4  | 11,5               | 12,2 |     |     |
|        |          | 20°                           | 7,6   | 9,8  | 11,9               |      |     |     |
| 30°    | 8,8      | 11,2                          |   |      |                    |      |     |     |
|        |          | 40°                           | 9,7   |      |                    |      |     |     |
|        |          |                               | Khi nước chảy thẳng góc với trụ<br>$B_t = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$<br>Khi nước chảy xiên góc với trụ<br>nếu $\frac{C}{H} \leq 0,3$<br>$B_t = (L - B_o) \sin \alpha + B_o$<br>$B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$<br>nếu $\frac{C}{H} > 0,3$<br>$B_t = L \sin \alpha + B_o \cos \alpha$<br>$B_o = B + (B_M - B) \frac{C}{H}$ |      |                    |      |     |     |

## CHƯƠNG V - TÍNH TOÁN THUYẾT LỰC CÔNG TRÌNH CẦU TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

### § 5.1. Tính khẩu độ nhiều cầu trên 1 sông

Khi tuyến đường qua đoạn sông có bãi rộng mà trên bãi có rất nhiều dòng nhánh, phải căn cứ vào điều kiện cụ thể của đoạn sông đó để chọn phương án thiết kế nhiều cầu trên 1 sông hoặc 1 cầu trên 1 sông.

Thường thường khi lòng sông và lưu lượng nước lũ tương đối ổn định, tỷ số phân phối lưu lượng giữa dòng chính, dòng nhánh và dòng trên bãi sông thay đổi rất ít, thì có thể bắc nhiều cầu trên 1 sông. Trường hợp dòng chính có xu thế chuyển dịch ngang nếu như lưu tốc không lớn lắm, lượng hàm cát trong nước lũ ít, mà lòng sông tương đối sâu khi dùng biện pháp chỉnh trị để ổn định vị trí lòng sông, khống chế tỷ số phân phối lưu lượng giữa dòng chính, dòng nhánh và bãi sông, thì cũng có thể dùng phương án nhiều cầu trên 1 sông. Nhưng ở đoạn sông mà lòng thay đổi bất thường, bãi và cồn cát chuyển dịch mạnh không theo quy luật nào, không được dùng phương án nhiều cầu trên 1 sông mà phải bố trí hệ thống công trình chỉnh trị để cố định vị trí lòng sông và dùng phương án 1 cầu.

Nếu bố trí cầu cống phụ trên bãi sông phải dùng biện pháp phòng hộ, bắt dòng chính phát triển theo hướng đã định để bảo đảm an toàn cho nền đường và cầu cống phụ.

Trên 1 sông hợp nhiều cầu làm một không hẳn bao giờ cũng tốt, việc đó không những làm thay đổi trạng thái thiên nhiên của dòng nước mà còn có thể có nhược điểm như yêu cầu khối lượng lớn công trình chỉnh trị, làm tắc các dòng nhánh ảnh hưởng đến việc tưới tiêu phục vụ nông nghiệp, nâng cao mực nước ở dềnh trước cầu và đường đầu cầu, thậm chí còn làm ngập làng mạc đồng ruộng hoặc uy hiếp đê điều v.v...

Bởi vậy, để chọn phương án làm nhiều cầu hay 1 cầu trên 1 sông cần có so sánh về kinh tế - kỹ thuật.

#### 5.1.1. Những điểm cần chú ý khi tính khẩu độ nhiều cầu trên 1 sông

- Vị trí cầu phải đặt ở nơi mà dòng chính và dòng nhánh bãi sông ở chỗ tương đối sâu, cố gắng phân bố các cầu cho đều và giữa các cầu phải có khoảng cách thích hợp.

- Căn cứ vào mặt cắt ngang sông tại vị trí cầu và mặt cắt phụ ở thượng hạ lưu, lấy đường phân nước thiên nhiên ở chỗ địa hình nhô cao lên giữa 2 cầu làm điểm phân giới lưu lượng. Nếu đường phân nước thiên nhiên không rõ ràng, có thể vạch một đường thích hợp giữa hai cầu làm đường phân nước nhân tạo, dựa vào đó mà phân phối tính lưu lượng cho các cầu.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Do có chênh lệch trong các cách phân phối lưu lượng cho các cầu, cần tăng lưu lượng thiết kế các cầu cho chúng để mỗi cầu đều thích hợp với điều kiện phân phối bất lợi nhất.

Xác định hệ số tăng lưu lượng thường dùng phương pháp sau:

**Phương pháp 1:** Căn cứ vào mặt cắt ngang sông tại vị trí cần đo ngày gần đây nhất theo mực nước thiết kế, tính lưu lượng thoát qua các cầu  $Q_m$ , và tìm được tỷ số phân phối lưu lượng cho các cầu bằng công thức:

$$P_1 = \frac{Q_m}{\sum_1^n Q_m} \%$$

**Phương pháp 2:** Tính tỷ số phân phối lưu lượng thiết kế cho các cầu dựa vào mực nước thiết kế và mặt cắt ngang phụ ở thượng lưu vị trí cầu:

$$P_2 = \frac{Q'_m}{\sum_1^n Q'_m} \%$$

**Phương pháp 3:** Tính tỷ số phân phối lưu lượng lớn nhất cho các cầu theo tài liệu thực đo nhiều năm tại mặt cắt ngang phụ ở thượng lưu vị trí cầu:

$$P_3 = \frac{Q''_m}{\sum_1^n Q''_m} \%$$

Với kết quả tính được theo các cách phân phối nói trên, chọn ra tỷ số lớn nhất cho từng cầu và đem cộng lại, ta được hệ số tăng cường tổng lưu lượng tính toán.

Trong thí dụ ở bảng dưới ta được hệ số tăng cường lưu lượng bằng 1,17; do đó lưu lượng thiết kế sẽ thành  $Q_p = 1,17 \cdot Q_1$ .

Tuy nhiên mực nước thiết kế vẫn dùng mực nước tương ứng lưu lượng thiết kế trước lúc tăng cường.

| Phương pháp phân phối | Tỷ số phân phối lưu lượng cho các cầu (%) |       |       |       | Tổng cộng % |
|-----------------------|---|-------|-------|-------|-------------|
|                       | Cầu 1                                     | Cầu 2 | Cầu 3 | Cầu 4 |             |
| Phương pháp 1 $P_1$   | 32  | 18    | 42    | 8     | 100         |
| Phương pháp 2 $P_2$   | 30  | 25    | 35    | 10    | 100         |
| Phương pháp 3 $P_3$   | 36  | 18    | 32    | 14    | 100         |
| Dùng hệ số tăng cường | 36  | 25    | 42    | 14    | 117         |

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Vị trí cầu phải cố hết sức đặt thẳng góc với hướng nước lũ. Chiều cao ứ dềnh của các cầu đều phải lấy bằng nhau.

- Lưu tốc thiết kế của các cầu trên bãi có quan hệ tới ứ dềnh trước cầu. Để mực nước ở thượng hạ lưu đường khỏi chênh lệch quá đáng mà ảnh hưởng tới tính ổn định của nền đường bãi sông, thì tốt nhất là không cho ứ dềnh quá 0,9m. Nếu lưu tốc ở nhịp cầu trên bãi sông tương ứng với mức dềnh cao nhất thiết kế vượt lưu tốc không xói cho phép của đất ở bãi sông, cần so sánh các phương án cho xói với phương án không cho xói (phòng xói) dưới cầu. Do trên bãi sông phù sa từ thượng lưu trôi về ít nên thường độ sâu xói dưới các cầu ở bãi sông rất lớn nên đối với cầu khẩu độ nhỏ tốt nhất là dùng biện pháp gia cố dưới cầu.

- Trong mọi trường hợp, các cầu đều phải bố trí kè dẫn nước.

### 5.1.2. Tính khẩu độ cầu

Khi thiết kế nhiều cầu trên 1 sông, thường gặp 2 trường hợp: (1) cho xói địa chất lòng sông dưới các cầu; (2) ở lòng chính cho phép xói địa chất dưới cầu, còn ở bãi sông không cho phép xói dưới cầu. Sau đây là những phương pháp tính:

#### *a. Lòng sông của cầu lớn và cầu trung đều cho phép xói*

- Dùng công thức (5-1) vẽ đường cong quan hệ giữa chiều cao ứ dềnh của các cầu và diện tích làm việc dưới cầu.

$$\Delta Z = \eta \left[ \left( \frac{Q_m}{\omega_m} \right)^2 - \left( \frac{Q_m}{\Omega_m} \right)^2 \right] = f(\omega_m) \quad (5-1)$$

trong đó:

$\eta$ : hệ số, xác định riêng cho mỗi cầu theo bảng 4-10;

$Q_m$ : lưu lượng thiết kế phân phối cho từng cầu nhất định, m<sup>3</sup>/s;

$\omega_m$ : diện tích làm việc dưới cầu ứng với mực nước thiết kế, m<sup>2</sup>;

$\Omega_M$ : diện tích mặt cắt ngang dòng sông ở trạng thái thiên nhiên ứng với lưu lượng thiết kế ở cầu đó, m<sup>2</sup>.

- Trong nhóm đường cong  $\Delta Z = f(\omega_m)$ , căn cứ vào trị số ứ dềnh cao nhất  $\Delta Z$ , xác định  $\Delta Z$  theo biên bản ký kết với các ngành hữu quan hoặc theo điều kiện cho phép ngập ở phía thượng lưu cầu và chiều cao vai đường, sơ bộ chọn ra kích thước khẩu độ các cầu, sau đó tính xói dưới cầu tìm được diện tích sau xói của các cầu  $\omega'_m$ . Tra lại trên đường cong  $\Delta Z = f(\omega_m)$  được trị số  $\Delta Z$  tương ứng. Lấy trị số  $\Delta Z_{\min}$  (nhỏ nhất trong những trị số ứ dềnh của các cầu) làm trị số chung,  $\omega'_m$  của các cầu tương ứng với  $\Delta Z_{\min}$  làm diện tích cuối cùng, dùng để xác định kích thước cuối cùng khẩu độ cầu.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Xác định được khẩu độ cầu với điều kiện là chiều cao ứ dềnh của các cầu phải đều bằng nhau, thì lưu lượng thực tế qua các cầu sẽ theo tỉ số phân phối đã định lúc trước. Vậy dùng công thức (5-1) để có đường cong  $\Delta Z = f(Q_m)$  của các cầu và đã biết tổng số lưu lượng trên các đường cong quan hệ trên đó ta tìm được dễ dàng lưu lượng phân phối cuối cùng và trị số nước dềnh cuối cùng cho các cầu.

### ***b. Lòng sông của cầu lớn và cầu trung cho phép xói hoặc không cho phép xói***

- Vẫn theo phương pháp trên, vẽ các đường cong  $\Delta Z = f(\omega_m)$  trước khi xói của các cầu. Theo trị số ứ dềnh đã dùng, tra trên đồ thị được diện tích làm việc tương ứng của các cầu và sơ bộ chọn ra kích thước khẩu độ các cầu.

- Cầu lớn và cầu trung cho phép xói thì lần lượt tính xói để tìm  $\omega'_m$  và  $\Delta Z$  tương ứng của các cầu rồi chọn  $\Delta Z_{\min}$  làm trị số dùng chung, từ đó tra trên đường cong quan hệ  $\Delta Z = f(\omega_m)$  tìm diện tích làm việc cần thiết của các cầu và xác định lại khẩu độ của chúng.

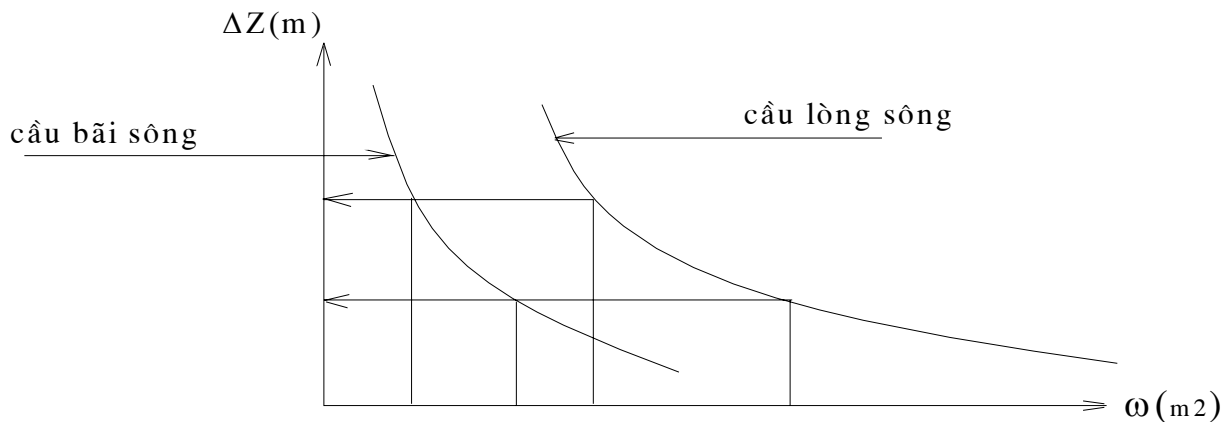
- Vẽ đường cong quan hệ giữa chiều cao ứ dềnh và lưu lượng thoát qua các cầu, lần lượt tìm hai trị số phân phối lưu lượng trước khi xói và sau khi xói.

- Đối với cầu không cho phép xói khi xác định lưu tốc thiết kế xây lát phải dùng lưu tốc dưới cầu ứng với lưu lượng phân phối cho cầu đó lúc chưa xói.

### **Ví dụ:**

Tài liệu gốc: Trên vị trí X có thiết kế 2 cầu .

Một cầu ở lòng sông, một cầu ở bãi sông, nước chảy thẳng góc cầu trên bãi sông phải xây lát, hai cầu đều có kê hướng nước với kích thước đầy đủ. Tài liệu tính toán của 2 cầu sau khi đã phân phối lưu lượng thiết kế và tăng cường như bảng sau:



**Hình 5 - 1**

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

| Tài liệu tính toán   | Cầu bãi sông           | Cầu lòng sông       |
|--|------------------------|---------------------|
| Lưu lượng phân phối, m <sup>3</sup> /s                                   | 190                    | 910                 |
| Hệ số tăng cường.  | 1,1                    | 1,1                 |
| Lưu lượng thiết kế sau khi tăng cường Q <sub>m</sub> , m <sup>3</sup> /s | 210                    | 1000                |
| Diện tích mặt cắt lòng sông thiên nhiên Ω, m <sup>2</sup>                | 700                    | 1400                |
| Hệ số η  | 0,1                    | 0,1                 |
| Loại đất   | Dùng đá phiến lát khan | Cát to lẫn cuội sỏi |
| Chiều sâu bình quân trước xói H, m                                       | 2,5                    | 5,50                |
| Chiều cao ứ dềnh quy định lớn nhất ΔZ, m                                 | 0,30                   | 0,30                |

Theo công thức (5-1) lập đường cong ΔZ = f(ω<sub>m</sub>) của hai cầu, hình 5-1.

➤ Tính cầu ở bãi sông

$Q_m/\Omega = 210/700 = 0,30$  ;  $(Q_m/\Omega)^2 = 0,09$ , đồng thời giả thiết tính chiều cao ứ dềnh Δz của các khẩu độ cầu như bảng sau:

| Hạng mục tính toán                             | Dầm bê tông cốt thép chữ T |       |       |       |       |       |       |
|--|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|  | 2x16m                      | 3x16m | 4x16m | 5x16m | 6x16m | 7x16m | 8x16m |
| ω <sub>m</sub> (m <sup>2</sup> )               | 66                         | 103   | 141   | 178   | 215   | 256   | 294   |
| Q <sub>m</sub> /ω <sub>m</sub> (m/s)           | 3,18                       | 2,04  | 1,49  | 1,18  | 0,98  | 0,82  | 0,72  |
| (Q <sub>m</sub> /ω <sub>m</sub> ) <sup>2</sup> | 10,10                      | 4,16  | 2,22  | 1,39  | 0,96  | 0,67  | 0,52  |
| ΔZ(m)  | 1,00                       | 1,00  | 0,21  | 0,13  | 0,09  | 0,06  | 0,04  |

➤ Tính cầu ở lòng sông

$$\frac{Q_m}{\Omega} = \frac{1000}{1400} = 0,714; \quad \left(\frac{Q_m}{\Omega}\right)^2 = 0,51$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

| Hạng mục<br>tính toán | Dầm bê tông cốt thép chữ T |       |       |       |        |        |        |
|-----------------------|----------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|                       | 6x16m                      | 7x16m | 8x16m | 9x16m | 10x16m | 11x16m | 12x16m |
| $\omega_m(m^2)$       | 455                        | 536   | 620   | 705   | 786    | 874    | 954    |
| $Q_m/\omega_m$        | 2,20                       | 1,87  | 1,61  | 1,42  | 1,27   | 1,14   | 1,05   |
| $(Q_m/\omega_m)^2$    | 4,85                       | 3,5   | 2,59  | 2,02  | 1,61   | 1,30   | 1,10   |
| $\Delta Z(m)$         | 0,43                       | 0,30  | 0,21  | 0,15  | 0,11   | 0,08   | 0,06   |

Khi ứng với  $\Delta Z = 0,30m$  cầu ở bãi sông cần có diện tích làm việc là  $\omega_m = 120m^2$ ; cầu ở lòng sông  $\omega_m = 536m^2$  (tương đương với dầm bê tông cốt thép chữ T 7 x 16m).

➤ Tìm diện tích  $\omega_m$  sau khi xói của cầu ở lòng sông và  $\Delta Z$  tương ứng

Dùng công thức chương IV để tính xói, đồng thời coi đất cầu này là loại thổ nhưỡng tương đối chặt để xét. Tính xói khi nước dâng theo 50% trị số xói tính toán toàn bộ. Sau khi xét xói 50% rồi, diện tích thoát nước của cầu lòng sông  $\omega'_m = 612m^2$ . Tra hình vẽ 5-1 được  $\Delta z = 0,21m$  tương ứng, cầu bãi sông khi ở mực nước dâng đó, diện tích làm việc tăng lên  $\omega'_m = 141m^2$ . Do đó quyết định cầu lòng sông dùng dầm bê tông cốt thép chữ T 7x 16m; cầu bãi sông vì không xét tới xói lở, cho nên cần dùng dầm bê tông cốt thép chữ T 4x16m.

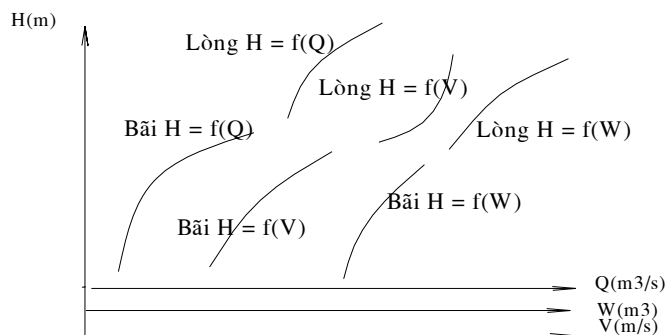
➤ Dùng công thức 5-1 lập đường cong  $\Delta Z = f(Q_m)$  của hai cầu.

- Trước tiên vẽ đường cong quan hệ  $H = f(Q, V, \Omega)$  của mặt cắt thiên nhiên lòng sông và bãi sông trước khi làm cầu (tức đường cong quan hệ chiều sâu nước bình quân, lưu lượng, lưu tốc, mặt cắt thoát nước) như hình 5 - 2.

- Lần lượt tìm các số liệu quan hệ giữa trị số nước dâng và lưu lượng của cầu bãi sông và cầu lòng sông (trước và sau lúc xói) – xem bảng trang sau.

Vẽ đồ thị quan hệ như hình 5 - 3.

- Trong hình vẽ 5 - 3 lấy tổng lưu lượng bằng  $1210m^3/s$  làm tiêu chuẩn tra được lưu lượng phân phối sau xói:



**Hình 5 - 2**

Cầu lòng sông:  $Q_m = 1030m^3/s$ ;

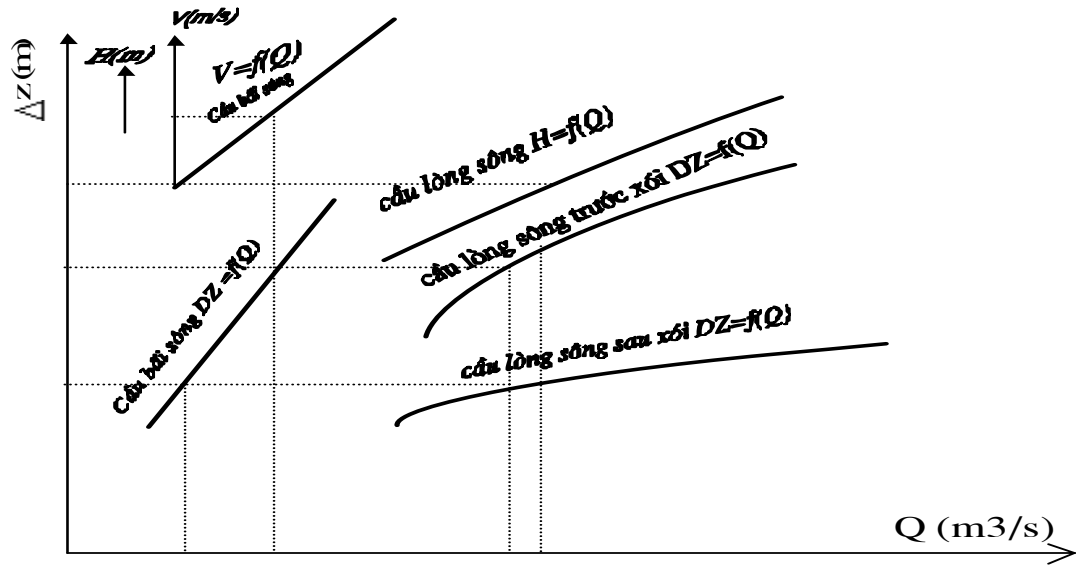
Cầu bãi sông:  $Q_m = 180m^3/s$ ;

Khi đó nước dâng:  $\Delta Z = 0,18m$ .

Khi tìm đường xói lớn nhất ở cầu lòng sông thì lấy chiều sâu xói chung của cầu đó là  $H_p = 6,8m$  và lấy  $Q_m = 1030m^3/s$  để tính xói cục bộ rồi xác định hợp lý chiều sâu chôn móng, đồng thời tra trên hình 5-3 được trị số phân phối lưu lượng trước xói như sau:

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Cầu lòng sông  $Q_m = 930\text{m}^3/\text{s}$ , cầu bãi sông  $Q_m = 280\text{m}^3/\text{s}$ . Chiều cao nước dâng  $\Delta z = 0,28 < 0,30\text{m}$ .



Hình 5-3

Cầu trên bãi sông dùng dầm bê tông cốt thép chữ T 4 x16m (không xói)

| Nước sâu bình quân H (m) | Lưu lượng $Q_m$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | $W_m$ ( $\text{m}^2$ ) | $Q_m/W_m$ (m/s) | $(Q_m/W_m)^2$ | $Q_m/\Omega$ (m/s) | $(Q_m/\Omega)^2$ | $\Delta Z$ (m) |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|----------------|
| 15                       | 87  | 0,931                  | 0,931           | 0,867         | 0,193              | 0,037            | 0,08           |
| 2,0                      | 113,8                                     | 1,22                   | 1,22            | 1,488         | 0,248              | 0,062            | 0,14           |
| 3,0                      | 293                                       | 167                    | 1,755           | 3,08          | 0,349              | 0,122            | 0,30           |
| 3,5                      | 388                                       | 193                    | 2,01            | 4,04          | 0,396              | 0,157            | 0,39           |

Cầu ở lòng sông dùng dầm bê tông cốt thép chữ T 7 x16m (trước lúc xói)

| Nước sâu bình quân H (m) | Lưu lượng $Q_m$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | $W_m$ ( $\text{m}^2$ ) | $Q_m/W_m$ (m/s) | $(Q_m/W_m)^2$ | $Q_m/\Omega$ (m/s) | $(Q_m/\Omega)^2$ | $\Delta Z$ (m) |
|--------------------------|---|------------------------|-----------------|---------------|--------------------|------------------|----------------|
| 4,0                      | 572                                       | 398                    | 1,44            | 2,074         | 0,561              | 0,314            | 0,176          |
| 4,5                      | 707                                       | 448                    | 1,577           | 2,485         | 0,615              | 0,378            | 0,211          |
| 5,0                      | 850                                       | 493                    | 1,730           | 2,998         | 0,667              | 0,444            | 0,255          |
| 6,0                      | 1172                                      | 585                    | 2,006           | 4,025         | 0,766              | 0,587            | 0,344          |
| 6,5                      | 1346                                      | 634                    | 2,120           | 4,494         | 0,811              | 0,657            | 0,384          |

Cầu ở lòng sông dùng dầm bê tông cốt thép chữ T 7 x16m (sau khi xói)

| Nước sâu bình | Lưu lượng $Q_m$ | Chiều sâu $H_p$ (m) | $W'm$ ( $\text{m}^2$ ) | $Q_m/W'm$ (m/s) | $(Q_m/W'm)^2$ | $(Q_m/\Omega)^2$ | $\Delta Z$ (m) |
|---------------|-----------------|---------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|
|---------------|-----------------|---------------------|------------------------|-----------------|---------------|------------------|----------------|

| quân H<br>(m) | (m <sup>3</sup> /s) |      |     |       |       |       |       |
|---------------|---------------------|------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 4,0           | 572                 | 4,47 | 450 | 1,27  | 1,613 | 0,314 | 0,13  |
| 4,5           | 707                 | 5,18 | 516 | 1,37  | 1,877 | 0,378 | 0,15  |
| 5,0           | 850                 | 5,93 | 590 | 1,44  | 2,076 | 0,444 | 0,163 |
| 5,5           | 1000                | 6,63 | 660 | 1,515 | 2,20  | 0,510 | 0,178 |
| 6,0           | 1172                | 7,45 | 741 | 1,58  | 2,50  | 0,587 | 0,191 |
| 6,5           | 1346                | 8,22 | 818 | 1,64  | 2,706 | 0,657 | 0,205 |

Dùng  $Q_m = 280\text{m}^3/\text{s}$  làm lưu lượng thiết kế xây lát ở cầu bãi sông, tra hình 5-3 được lưu tốc tương ứng  $V_m = 1,7\text{m/s}$ . Vì lưu tốc này lớn hơn lưu tốc không xói cho phép của đất thực tế, cho nên gia cố bằng lát khan 1 lớp đá học.

## § 5.2. Tính khẩu độ cầu trên sông rộng chảy tràn lan

Khi khảo sát thiết kế thường thường gặp phải sông rộng chảy tràn lan. Đối với sông này việc tính lưu lượng, khẩu độ và xói không được dùng các phương pháp tính như sông thông thường đã đề cập trong chương IV, mà phải dùng phương pháp đặc biệt để xử lý, nếu không sẽ phát sinh sai số lớn. Căn cứ vào tính chất sông rộng chảy tràn khác nhau, có thể phân làm 3 loại:

- Sông bãi rộng vùng đồng bằng;
- Sông chảy tràn lan vùng trước núi;
- Sông ở vùng hồ ao, đầm lầy nội địa.

Sau đây sẽ lần lượt giới thiệu phương pháp thiết kế khẩu độ cầu của ba loại đó.

### 5.2.1. Sông bãi rộng vùng đồng bằng

#### a. Đặc trưng thủy văn hình thái

Sông bãi rộng vùng đồng bằng nói chung đều là sông bãi rất lớn, lòng sông tương đối hẹp và chỉ chiếm một phần rất nhỏ trong toàn bộ phạm vi chiều rộng ngập tràn, độ dốc lại tương đối nhỏ ( $I < 1\text{‰}$ ), lúc bình thường nước chỉ chảy trong lòng sông uốn khúc, khi lũ nước tràn ra ngoài lòng sông, lưu tốc bãi sông rất nhỏ, thậm chí có chỗ nước không chảy, lưu tốc lòng sông so với bãi sông lớn hơn nhiều lần, còn lưu lượng lòng sông nhỏ hơn lưu lượng bãi sông rất nhiều.

#### b. Xác định độ nhám và độ dốc bãi sông

Khi tính lưu lượng, lưu tốc ở sông bãi rộng vùng đồng bằng theo phương pháp hình thái cần đặc biệt chú ý tới việc chọn độ nhám ở bãi sông. Vì độ nhám bãi sông có ảnh hưởng rất lớn, nếu chọn không thích hợp thì việc tính mực nước, lưu tốc, lưu lượng và xác định khẩu độ cầu sẽ bị sai nhiều.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Khi căn cứ vào địa mạo để xác định độ nhám ở bãi sông cần chú ý tới sự thay đổi về địa hình và địa mạo ở thượng, hạ lưu mặt cắt hình thái xem có ảnh hưởng đến sự thanh thoát của dòng nước hay không?

Theo công thức Sêdi - Maning tính lưu tốc bãi sông cần phải điều tra hiện trường hoặc đối chiếu với lưu tốc thực địa. Khi điều tra thấy trên bãi sông có một số chỗ bắt đầu sinh ra xói, chứng tỏ rằng lưu tốc đã xấp xỉ và có chỗ vượt quá lưu tốc cho phép không xói của bãi sông. Nếu bãi sông không có cây cối phủ kín có thể xác định lưu tốc cho phép không xói theo công thức, hoặc tra bảng. Nếu bãi sông có cây cối mọc um tùm thì lưu tốc lớn nhất trên bãi có thể đạt tới 1,5 – 2,0m/s. Nếu lưu tốc tính toán có mâu thuẫn với lưu tốc điều tra hoặc lưu tốc thực đo thì phải chỉnh lại hệ số nhám trong tính toán cho thống nhất.

Ngoài ra độ dốc mặt nước ở bãi sông trong trường hợp chung thì giống độ dốc mặt nước ở lòng sông. Nhưng ở chỗ sông uốn khúc đôi khi lũ trên bãi sông sẽ hình thành dòng chảy thẳng, độ dốc mặt nước bãi sông tính theo công thức sau:

$$I_n = I_p \frac{L_p}{L_n} \quad (5-2)$$

trong đó:

$I_p, I_n$ : độ dốc lòng sông và độ dốc bãi sông;

$L_p$ : cự ly lòng sông theo hướng chảy cong, m;

$L_n$ : chiều dài bãi sông theo hướng chảy thẳng, m.

### **c. Tính khẩu độ cầu**

Đối với sông bãi rộng vùng đồng bằng vì lưu tốc lòng sông so với bãi sông quá lớn, nếu lấy lưu tốc lòng sông làm lưu tốc thiết kế thì khẩu độ sẽ nhỏ quá. Do đó kiến nghị dùng hai phương pháp sau đây để xác định khẩu độ cầu.

- Phương pháp 1: Căn cứ hệ số bóp hẹp lưu lượng định khẩu độ cầu

Xác định hệ số bóp hẹp lưu lượng theo công thức sau:

$$\beta_o = \frac{Q_p}{Q_M \mu(1 - \lambda)} \quad (5-3)$$

Giả thiết hệ số bóp hẹp lưu lượng cho phép giống hệ số xói cho phép P thì có thể căn cứ vào biểu tra hệ số xói cho phép để xác định trị số  $\beta_o$ , sau đó dùng công thức sau để tính lưu lượng thoát qua khẩu độ cầu trong điều kiện thiên nhiên:

$$Q_M = \frac{Q_p}{\beta_o \mu(1 - \lambda)} \quad (5-4)$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Khi xác định khẩu độ cầu trước hết phải xác định vị trí cầu, sau đó bắt đầu từ tim cầu lũy tích dần dần lưu lượng bộ phận ra hai bên cầu, tới khi lũy tích lưu lượng bằng  $Q_M$ , thì lúc đó chiều rộng mặt nước tìm được chính là khẩu độ thoát nước cần tìm

- Phương pháp O.V. Andreev

Khi thiết kế cầu qua sông vùng đồng bằng, O.V. Andreev chia thành 3 trường hợp:

### Trường hợp 1:

Cầu chỉ qua phần lòng sông, công thức tính khẩu độ cầu như sau:

$$L = \frac{B}{1 - \lambda} \left( \frac{1}{\tau_p} \right)^{4/3} \quad (5-5)$$

trong đó:

L: tổng chiều dài khẩu độ thoát nước, m;

B: chiều rộng lòng sông thiên nhiên, m;

P: hệ số xói tra bảng chương IV;

$$\tau_p = Q_{ch}/Q_p;$$

$Q_{ch}$ : lưu lượng lòng sông ở trạng thái thiên nhiên,  $m^3/s$ ;

$Q_p$ : lưu lượng lòng sông sau khi làm cầu,  $m^3/s$ ; ở trường hợp 1 và 3 thì  $Q_{ch}$  bằng lưu lượng thiết kế toàn bộ cầu  $Q_p$ ;

$\lambda$ : hệ số thu hẹp do trụ cầu chiếm,  $\lambda = b_{trụ} / l_{nhịp}$ ;

$b_{trụ}$ : chiều rộng trụ cầu, m;

$l_{nhịp}$ : chiều dài của nhịp cầu, m.

Theo công thức (5-5) tìm được trị số L bằng hoặc nhỏ hơn chiều rộng lòng sông, có nghĩa là hệ số xói  $P \geq 1/[\tau(1-\lambda)^{3/4}]$  thì chiều dài khẩu độ cầu  $L < B$ . Nhưng ở sông vùng đồng bằng, nói chung khẩu độ cầu không được nhỏ hơn chiều rộng lòng sông, do đó trường hợp 1 rất ít gặp trong ứng dụng thực tế. Nếu trị số L tính toán lớn hơn chiều rộng lòng sông, thì không thuộc trường hợp 1, mà phải xử lý theo 2 trường hợp sau đây:

### Trường hợp 2:

Cầu qua cả lòng và bãi sông, mà lòng sông không bị mở rộng. Trước hết tính hệ số tăng lưu lượng lòng sông cho phép theo công thức sau:

$$\beta_{ch} = P (1-\lambda)^{3/4} \quad (5-6)$$

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Rồi theo công thức (5-7), (5-8) tính hệ số tăng lưu lượng tương ứng của mặt cắt và bãi sông như sau:

$$\beta_b = [\beta_{ch}^2 + (\beta_{ch}^2 - 1)F(\eta, x, a)]^{0.50} \quad (5-7)$$

$$\beta_{ch} = \beta_b - \frac{1}{\tau} \left( \frac{\beta_b}{\beta} - 1 \right) \quad (5-8)$$

trong đó:

P: hệ số xói lòng sông tra bảng (chương IV);

$$f(\eta, a, x) = \frac{a \cdot f(x)(\eta^2 - 1)}{\mu^2 + a \cdot f(x)}$$

$f(x) = 1/(1+2x)$ , nếu trong tính toán giả thiết sau khi làm cầu một vài năm mới xây dựng kè điều chỉnh thì  $x$  sẽ triệt tiêu và  $f(x) = 1$ ;

$\eta = V_{ch}/V_{bc}$ : tỉ số giữa tốc độ nước chảy tại dòng chủ chia cho tốc độ tại phần bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên;

$x = l_{kt}/l_0$ : tỉ số giữa chiều dài kè điều chỉnh dòng nước nửa đoạn về phía thượng lưu chia cho chiều dài đoạn sông từ nơi dòng chảy bắt đầu thu hẹp tới cầu;

$$l_0 = B_0 - L_c$$

$B_0$ : chiều rộng của sông về mùa lũ, m;

$L_c$ : khẩu độ cầu có kể cả trụ cầu, m;

$$a = \frac{1,1V_{ch}^2}{g \cdot I \cdot L_0}$$

I: độ dốc lòng sông tự nhiên;

g: gia tốc trọng trường, lấy bằng  $9,81 \text{ m/s}^2$ ;

$\beta$ : hệ số tăng lưu lượng toàn bộ:

$$\beta = \frac{Q}{Q_{ch} + Q_{bc}}$$

Q: lưu lượng toàn bộ,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$Q_{ch}$ ,  $Q_{bc}$ : phần lưu lượng nước chảy qua dòng chủ và phần bãi sông dưới cầu lúc tự nhiên,  $\text{m}^3/\text{s}$ ;

$$Q_{bc} = \frac{Q - Q_{ch}}{B_0 - B_{ch}} (L_c - B_{ch})$$

$\tau$ : tỉ số giữa lưu lượng dòng chủ chia cho lưu lượng toàn bộ,  $\tau = Q_{ch}/Q$ .

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Phương pháp xác định khẩu độ cầu giống như trường hợp 1 nói trên.

Chiều sâu xói chung ở bãi sông nếu nhỏ hơn chiều sâu nước bình quân ở lòng sông trước khi làm cầu, tức là lòng sông sau khi làm cầu không bị mở rộng, lúc đó tính khẩu độ cầu theo trường hợp 2. Nếu chiều sâu xói chung lớn hơn chiều sâu nước bình quân ở lòng sông trước khi làm cầu, tức là lòng sông sau khi làm cầu đã bị mở rộng, thì phải xử lý theo trường hợp 3.

### Trường hợp 3:

- Nếu bãi sông dưới cầu sau khi bị xói đều biến thành lòng sông thì phương pháp xác định khẩu độ cầu giống như trường hợp 1. Theo công thức (5-5) tính tổng chiều dài khẩu độ cầu, B trong công thức này đổi thành chiều rộng lòng sông sau khi mở rộng.

- Nếu bãi sông dưới cầu sau khi xói có 1 bộ phận biến thành lòng sông, trước hết dựa vào trường hợp 2 sơ bộ quyết định khẩu độ và tính chiều sâu xói các đường thủy trực bãi sông, xác định phạm vi mở rộng lòng sông, sau đó tính hệ số tăng lưu lượng cho phép ở lòng sông theo công thức sau:

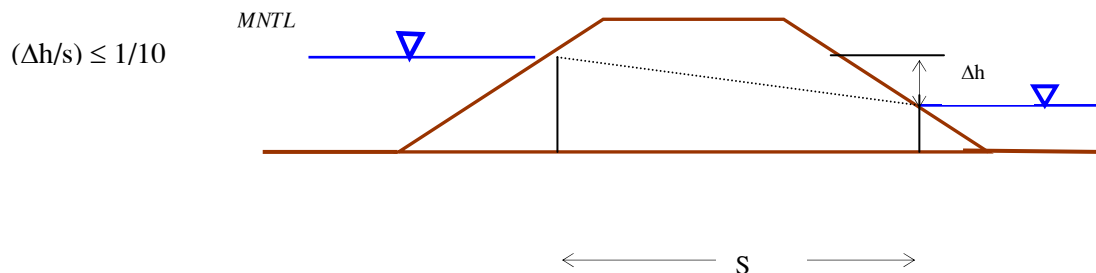
$$\beta_{ch} = P \left[ \frac{B (1 - \lambda)}{B_{\mu}} \right]^{3/4} \quad (5-10)$$

trong đó:

$B_{\mu}$ : chiều rộng lòng sông dưới cầu sau khi mở rộng, m;

Căn cứ vào công thức tìm hệ số tăng lưu lượng cho phép ở lòng sông, rồi dựa vào công thức (5-7) và công thức (5-8) xác định lại hệ số tăng lưu lượng toàn mặt cắt và khẩu độ (phương pháp giống trường hợp 2). Khi khẩu độ cầu tìm được và khẩu độ định lúc đầu chênh nhau quá 5% phải xác định lại phạm vi mở rộng lòng sông và tính toán lại theo trình tự nói trên, tới khi nào khẩu độ tìm được với khẩu độ ban đầu chênh nhau khoảng 5% mới thôi.

Đối với sông bãi rộng vùng đồng bằng, sau khi xác định khẩu độ cầu bằng phương pháp hệ số tăng lưu lượng nói trên, vẫn phải kiểm toán mực nước. Chênh lệch lớn nhất ở thượng hạ lưu nền đường không nên quá 0,90m. Vì nền đường bãi sông thường làm bằng đất thấm nước, để bảo đảm nền đường an toàn, độ dốc thủy lực thấm thấu phải  $< 1/10$ .



**Hình 5 -4**

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Xác định mực nước chênh nhau giữa 2 phía nền đường theo công thức sau:

$$\Delta h = \Delta Z + i_b(L_n - a) + i_\delta(b + d) + i_H L_n \leq 0,90 \text{ m} \quad (5 - 11)$$

trong đó:

$\Delta Z$ : chiều cao nước dềnh trước cầu, cách tính theo chương IV, m;

$i_b$ : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phía thượng lưu,  $i_b \approx i$ ;

$i_\delta$ : độ dốc thiên nhiên dòng nước;

$i_H$ : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phía hạ lưu, khi không có kè  $i_H = 0,5i_\delta$

$L_n$ : khoảng cách từ cao độ vai đường cần thiết tìm được đến mép trước mố cầu gần nhất, m;

a: hình chiếu kè hướng dòng phía thượng lưu trên tim nền đường, m;

b: hình chiếu kè hướng dòng phía thượng lưu trên đường pháp tuyến của tim nền đường, m;

d: hình chiếu kè hướng dòng phía hạ lưu trên đường pháp tuyến của tim nền đường, m.

Ở sông bãi rộng vùng đồng bằng trong trường hợp thông thường đều phải bố trí kè hướng dòng để tránh ảnh hưởng dòng nước chảy ngang và giảm bớt xói chân nền đường.

### 5.2.2. Sông chảy tràn lan vùng trước núi

#### a. Đặc trưng thủy văn hình thái lòng sông

Dòng sông vùng núi chảy luôn luôn cuốn theo lượng phù sa rất lớn, khi tới khu vực trước núi không bị thung lũng sông giới hạn nước chảy khuếch tán, độ dốc giảm dần, lưu tốc nhỏ đi, lượng phù sa cuốn theo dòng nước tích lại rất nhiều tạo thành quạt bồi ở giữa cao, 2 bên thấp, sau khi nước lũ thoát qua cửa núi sẽ chảy tự do tạo nên dòng nước chảy tràn vùng trước núi.

Dòng nước chảy tràn trước núi vì nằm sát cửa núi nên độ dốc lớn, bề mặt thường là tầng bồi tích cuội hay sỏi có lẫn đất và cát. Phía cuối quạt bồi bằng phẳng hơn, lưu tốc rất nhỏ, mặt đất là lớp cát bồi tích, khi lũ nước chảy tràn lan ngập rất rộng. Trường hợp thông thường lòng sông ở khu vực chảy tràn trước núi đều có xu hướng bồi cao dần dần, đặc biệt là sau những lần lũ bùn đá lớn lòng sông bồi cao lên rõ rệt. Lưu lượng của vùng chảy tràn phía trước núi rất lớn ở sát cửa núi, sau đó do các yếu tố thấm thấu, khuếch tán, truyền lũ v.v... thì lưu lượng chảy về phía hạ lưu càng nhỏ dần, thậm trí có hiện tượng dòng chảy bị đứt quãng.

#### b. Bố trí cầu và công trình điều tiết



## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Ở giữa vị trí cầu có thể bố trí kè hướng dòng bịt kín kiểu chữ nhân ( $\lambda$ ), Kè hướng dòng 2 bên cần kéo dài ra ngoài đường tràn ngập thiết kế, chiều cao và mặt cắt kè hướng dòng xem phần công trình điều tiết chương VII. Trong phạm vi quạt bồi không được phép đào, đồng thời còn phải dự tính được khả năng bồi cao sau này.

Đối với việc thiết kế tĩnh không dưới cầu, cao độ vai đường, cao độ đỉnh kè hướng dòng hoặc kè chắn nước đều phải dự trữ chiều cao bồi tích cần thiết. Độ dốc đáy sông dưới cầu phải bảo đảm khớp với thượng, hạ lưu để thoát phù sa được dễ dàng.

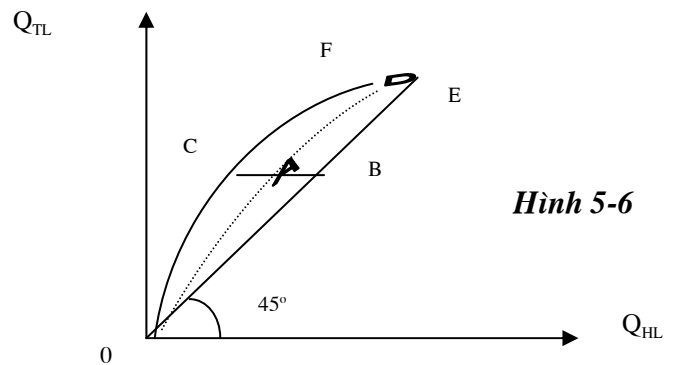
### c. Tính lưu lượng

Ở khu vực chảy tràn trước núi trong trường hợp thông thường đều không có trạm thủy văn (Trạm thủy văn thường bố trí ở đoạn sông phía thượng lưu cửa núi, hoặc ở đoạn sông phía hạ lưu chỗ các dòng nhánh hợp lại). Mặt khác ở khu vực chảy tràn lan do dòng sông không theo quy luật nào, mực nước tính toán hệ số nhám, độ dốc v.v... đều rất khó định được chính xác nên dùng phương pháp hình thái tính lưu lượng nước tràn sẽ rất khó khăn.

Muốn tìm lưu lượng tương đối chính xác có thể dùng biện pháp sau đây: Tại hai vị trí ở cửa núi và đoạn sông ở hạ lưu phải thu thập tài liệu lưu lượng thực đo nhiều năm đồng thời của các trạm thủy văn hoặc lưu lượng tính toán bằng phương pháp hình thái, chấm đường cong quan hệ lưu lượng tương ứng ở hai chỗ (xem đường cong OCF hình 5-6). Nói chung sau khi lũ thoát qua cửa núi, đỉnh lũ truyền xuống phía dưới bị nhiều tổn thất như triết giảm do nước tích, thấm thấu vào lòng sông, mương tưới vào đồng ruộng v.v... nếu không có chi nhánh lớn đổ vào thì lưu lượng ở hạ lưu so với lưu lượng ở thượng lưu thường nhỏ hơn. Những năm ít nước, lưu lượng ở hạ lưu nhỏ hơn nhiều lần so với lưu lượng ở thượng lưu. Còn năm nhiều nước thì lưu lượng dần dần tiến tới bằng nhau. Sau đó căn cứ vào lưu lượng lớn nhất lịch sử thu thập được ở cửa núi, xác định lưu lượng lớn nhất tại vị trí cầu theo phương pháp triết giảm lũ (tham khảo chương III).

Đem lưu lượng này chấm trên hình 5-6 được điểm A, điểm này ở giữa đường  $45^\circ$  và đường cong OCF;  $AB/AC$  biểu thị tỷ số tổn thất lưu lượng ở cửa núi đến vị trí cầu với tổn thất lưu lượng giữa vị trí cầu đến mặt cắt hạ lưu. Nếu  $AB/AC$  tìm được trên đồ thị khác nhiều so với tình hình thực tế của tổn thất lưu lượng giữa thượng và hạ lưu vị trí cầu, có thể điều chỉnh vị trí điểm A cho hợp lý.

Cuối cùng giữa đường cong OCF và đường thẳng  $45^\circ$  vẽ đường cong nội suy OAD qua điểm A. Tức là đường cong quan hệ giữa lưu lượng ở vị trí cầu với lưu



Hình 5-6

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

lượng ở cửa núi. Như vậy lưu lượng thiết kế ở vị trí cầu có thể theo lưu lượng cùng tần suất ở cửa núi, tra trên đường cong OAF.

Khi vị trí cầu cách cửa núi rất gần, giữa khẩu độ cầu và cửa núi nối bằng kè bó dòng thì lưu lượng vị trí cầu có thể trực tiếp dùng lưu lượng ở cửa núi. Khi vị trí cầu cách cửa núi tương đối xa và bố trí nhiều khẩu độ cầu, trước tiên theo phương pháp trên tìm tổng lưu lượng tính gộp các cầu, rồi dựa vào công thức sau tính lưu lượng mỗi cầu:

$$Q_i = Q_p \frac{C_i (R_i I_i)^{0.5} K}{\sum [W_c (RI)^{0.5}]}$$

(5-12)

trong đó:

$Q_p$ : tổng lưu lượng thiết kế tính gộp các cầu,  $m^3/s$ ;

$Q_i$ : lưu lượng thiết kế mỗi cầu,  $m^3/s$ ;

$K$ : hệ số tăng cường khi xét tới trị số phân phối lưu lượng không ổn định (phương pháp xác định xem ↓5.1);

$W_i, C_i, R_i, I_i$ : là diện tích thoát nước, hệ số Sedi, bán kính thủy lực và độ dốc mặt nước của các cầu. Việc xác định các yếu tố thủy lực này có thể dựa vào mặt cắt hình thái thẳng góc với lưu hướng và mực nước lũ lịch sử điều tra được để tính toán.

Giữa 2 cầu có thể căn cứ vào chỗ địa hình lồi lõm trên mặt cắt làm đường phân giới lưu lượng. Khi điều tra mực nước lũ lịch sử cần chú ý trên mặt nước có độ vòng hoặc độ dốc ngang, do đó phải tiến hành điều tra trên từng dòng nhánh, không nên chỉ lấy mực nước lũ điều tra tại 1 vị trí làm mực nước chung cho toàn mặt cắt.

### *d. Tính khẩu độ*

Trước khi tính khẩu độ phải căn cứ vào lưu lượng thiết kế của các cầu tìm được theo công thức Sedi - Maning tính ra mực nước thiết kế. Khi dùng kè bó dòng nối liền khẩu độ cầu và cửa núi, chiều rộng lòng sông giữa khẩu độ cầu và kè thất nước không được bó hẹp và cần dùng cầu tương đối rộng. Nếu vị trí cầu cách cửa núi tương đối xa mà dùng phương án bắc nhiều cầu có thể theo phương pháp tính khẩu độ nhiều cầu trên 1 sông ở §5.1 để xác định khẩu độ. Khi tính cần chú ý: Nếu tuyến đường không thẳng góc với lưu hướng các dòng nhánh trước hết phải dựa vào mặt cắt phụ ở thượng lưu thẳng góc với lưu hướng để tính được khẩu độ cần thiết, sau đó xét chảy xiên mà xác định khẩu độ tại vị trí cầu. Đồng thời từ mực nước tính toán ở mặt cắt thượng lưu, tìm ra mực nước thiết kế dưới các cầu theo độ dốc lòng sông.

### 5.2.3. Sông ở vùng hồ ao, đầm lầy nội địa

#### *a. Miêu tả đặc trưng*

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Khu vực trũng nước nông có lau sậy... mọc um tùm gọi là vùng đầm lầy. Khu vực trũng giữa có vũng nước sâu, không có cỏ mọc gọi là ao hồ. Xung quanh ao hồ thường có rất nhiều dòng nhánh chảy vào. Nói chung nước chứa trong hồ ao không chảy ra ngoài, nhưng có một số hồ ao khi mực nước lũ dâng cao tới mức nào đó thì chảy vào hồ ao thấp hơn cạnh đó hoặc tràn ra sông lớn.

Sông nội địa khi chảy qua vùng núi thì có lòng sông sâu rõ ràng, tới vùng bằng phẳng, lòng sông rộng nông và uốn khúc, khi lũ nước chảy tràn lan, độ dốc thoải, lưu tốc và lưu lượng so với vùng núi giảm đi, nhưng khi dòng nước chảy vào khu vực ao hồ lòng sông mất đi, mặt nước rất rộng, độ dốc rất nhỏ, lưu tốc, lưu lượng cũng nhỏ hơn.

### ***b. Xác định mực nước thiết kế***

Nếu không có tài liệu quan trắc thủy văn, có thể tham khảo công thức (2 – 45).

### ***c. Xác định lưu lượng thiết kế***

Khu vực hồ ao đầm lầy thường không có người ở, tài liệu của trạm thủy văn thiếu, điều tra mực nước lũ lịch sử lại rất khó khăn. Do bãi sông rộng nên nếu mực nước chỉ sai một chút thì sẽ ảnh hưởng rất nhiều đến lưu lượng. Dưới đây giới thiệu một số phương pháp tính, khi ứng dụng nên đối chiếu lẫn nhau.

- Phương pháp hình thái:

Tiến hành khảo sát hình thái tại chỗ cửa núi phía thượng lưu để xác định lưu lượng lớn nhất lịch sử. Dựa vào trị số  $C_v$ ,  $C_s$  của vùng đó tính đổi thành lưu lượng theo tần suất thiết kế rồi dùng phương pháp triết giảm truyền lũ (xem chương III), tính ra lưu lượng ở chỗ sông đổ vào hồ.

Nếu điều kiện cho phép, đo mặt cắt hình thái cạnh bờ hồ và tính lưu lượng để đối chiếu.

- Phương pháp tính theo công thức Đ.L.Xôkôlôpxki

Sau khi điều tra và tính được lưu lượng lớn nhất lịch sử cửa núi rồi xác định hệ số dòng chảy theo công thức:

$$\alpha = \frac{Q.t_l}{0,278(H_T - H_o)F.f_\delta} \quad (5-13)$$

Ý nghĩa các ký hiệu đã nêu trong công thức Đ.L.Xôkôlôpxki chương II. Từ hệ số dòng chảy của lũ lịch sử nói trên có thể tính đổi thành hệ số dòng chảy tần suất lũ thiết kế theo công thức sau:

$$\alpha' = \alpha \frac{\alpha_p}{\alpha_n} \quad (5-14)$$

trong đó:

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$\alpha_p$ : hệ số dòng chảy khu vực tương ứng với tần suất lũ thiết kế, tra bảng 2 - 11;

$\alpha_n$ : hệ số dòng chảy khu vực tương ứng với tần suất lũ lịch sử, tra bảng 2 - 11.

Căn cứ vào hệ số dòng chảy  $\alpha'$  tính lưu lượng ứng với tần suất thiết kế chỗ cửa núi theo công thức Đ.L.Xôkôlôpxki.

Cũng có thể tính lưu lượng ở cạnh hồ ao theo công thức Đ.L.Xôkôlôpxki nhưng khi xác định trị số  $\alpha$  dùng thời gian tập trung nước  $t$  bằng công thức sau:

$$t = 16,67 \left( \frac{L_1}{V_1} \right) + \frac{L_2}{V_2} \quad (5-15)$$

trong đó:

$L_1, L_2$ : chiều dài lưu vực từ đỉnh phân thủy tới cửa núi và từ cửa núi tới mép hồ, km;

$V_1, V_2$ : lưu tốc bình quân từ đỉnh phân thủy tới cửa núi và từ cửa núi tới mép hồ, m/s;

Kết quả tìm được bằng những phương pháp trên phải so sánh lẫn nhau để quyết định trị số lưu lượng chảy vào hồ ao sử dụng cho thiết kế.

- Nếu tuyến đường đi qua giữa hồ, phải xét tới tác dụng triết giảm lũ chứa ở hồ, lưu lượng ở vị trí cầu tính theo công thức sau:

$$Q'_p = Q_p - \eta (Q_p + Q_c + Q_o) \quad (5-16)$$

trong đó:

$Q'_p$ : lưu lượng ở vị trí cầu, m<sup>3</sup>/s;

$Q_p$ : lưu lượng chảy vào hồ, m<sup>3</sup>/s;

$\eta$ : tỉ số giữa diện tích chứa nước ở hồ về phía thượng lưu cầu với diện tích chứa nước toàn bộ hồ;

$Q_c$ : lưu lượng của các sông khác cùng chảy vào hồ (thông thường có thể xét điều kiện bất lợi nhất tức là giả định các sông khác không chảy về đồng thời  $Q_c = 0$ );

$Q_o$ : lưu lượng ở hồ tràn ra khi lũ, m<sup>3</sup>/s.

### **d. Tính khẩu độ**

Trước khi tính khẩu độ cần căn cứ vào lưu lượng, hệ số nhám, mặt cắt và độ dốc lòng sông theo công thức Sêdi - Maning tính mực nước bình thường. Nhưng khi nước lũ về, mực nước sẵn có trong hồ có thể dâng cao tới mức nước lũ, nên dòng nước ở trạng thái chảy vật.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Điều kiện bất lợi nhất để tính khẩu độ vẫn thường xảy ra ở trường hợp mực nước bình thường.

Lấy mực nước bình thường làm mực nước tính toán thì các bước xác định khẩu độ như sau:

Thông thường trong tính toán cầu lớn và cầu trung, không xét tới triết giảm lưu lượng do tích nước trước cầu gây nên, còn dòng sông nội địa, tổng thể tích dòng chảy tương đối nhỏ, mà thể tích chứa nước hồ tương đối lớn, vì vậy khi tính khẩu độ cần phải xét tới triết giảm lưu lượng do tích nước trước cầu.

- Tính mực nước chứa và lưu lượng thoát dưới cầu như sau:

$$Q_c = Q_p \left( 1 - \frac{W_{ak}}{W} \right) = f(H) \quad (5-17)$$

trong đó:

$Q_c$ : lưu lượng thoát qua cầu sau khi điều tiết,  $m^3/s$ ;

$Q_p$ : lưu lượng thiết kế,  $m^3/s$ ;

$W$ : tổng thể tích dòng chảy (xem mục §2.4 chương II);

$W_{ak}$ : thể tích lớp nước phía trên mực nước bình thường ở thượng lưu cầu,  $m^3$ .

Tính đồ thị quan hệ  $Q_c = f(H)$  như bảng sau:

| Mực nước trước cầu H (m) | $\Delta_z$ (m) | $W_{ak}$ ( $10^5 m^3$ ) | $W_{ak}/W$ | $1 - W_{ak}/W$ | $Q_c$ ( $m^3/s$ ) |
|--------------------------|----------------|-------------------------|------------|----------------|-------------------|
|                          |                |                         |            |                |                   |

- Công thức tính chiều cao nước dâng cho phép như sau:

$$\Delta_z \leq 0,9 - i_b (L_n - a) - i_\delta (b + d) - i_n L_n \quad (5-18)$$

trong đó:

$i_b = \varphi \cdot i_\delta$ : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phía thượng lưu cầu:

$\varphi$ : hệ số tra theo bảng 5 – 2 ;

$i_\delta$ : độ dốc dòng nước thiên nhiên;

$i_n$ : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phía hạ lưu  $i_n = 0,5i_\delta$ ;

$L_n$ : cự li từ cao độ vai đường cần thiết đến mép trước mố cầu gần nhất, m;

$a$ : hình chiếu kè hướng dòng, phía thượng lưu trên trục nền đường, m;

$b$ : hình chiếu kè hướng dòng, phía thượng lưu trên đường pháp tuyến của trục nền đường, m;

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

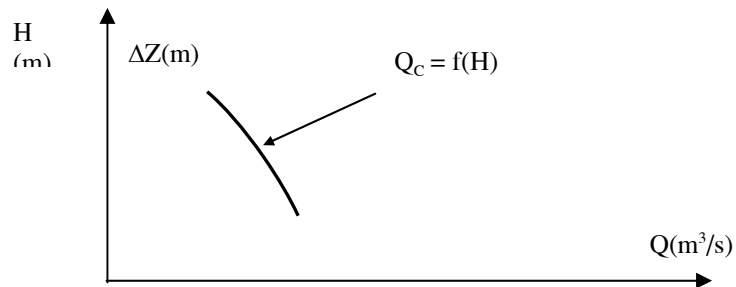
$d$ : hình chiếu kê hướng dòng, phía hạ lưu trên đường pháp tuyến của trục nền đường;

$h_1$ : chiều sâu bình quân đoạn bãi sông dưới cầu trong điều kiện thiên nhiên, m;

**Bảng 5-2**

**Bảng tra hệ số  $\phi$**

|                        |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $h_1/(h_1 + \Delta_z)$ | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,40 | 0,30 |
| $\phi$                 | 0,50 | 0,35 | 0,24 | 0,15 | 0,09 | 0,05 | 0,02 | 0,01 |



**Hình 5-7**

- Tính khẩu độ cần thiết theo công thức sau:

$$L_{cb} = \frac{Q}{\mu V_c h_{cp} P} \quad (5-19)$$

trong đó:

$\mu$ : hệ số thất hẹp dòng chảy do trụ cầu, tra bảng chương IV;

$L_{cb}$ : tổng chiều dài khẩu độ tính toán cầu, m;

$Q$ : xác định lưu lượng thoát nước dưới cầu trên hình (5-7) dựa theo trị số  $\Delta_z$  cho phép, m<sup>3</sup>/s;

$h_{cp}$ : chiều sâu nước bình quân dưới cầu, m;

$V_c$ : lưu tốc bình quân lòng sông trong điều kiện tự nhiên, m/s.

$$V_c = \left[ \frac{\Delta Z}{0,15} + V_0^2 \right]^{0,5} \quad (5-20)$$

$V_0$ : lưu tốc bình quân toàn mặt cắt sông trước khi làm cầu, m/s;

$P$ : hệ số xói cho phép tra theo bảng 4 - 2.

### § 5.3. Thiết kế khẩu độ cầu qua dòng bùn đá

#### 5.3.1. Miêu tả đặc trưng

Dòng bùn đá là dòng lũ nước ống chảy từ khe núi ra có mang theo bùn, cát, cuội đá v.v... Theo dung trọng bùn đá  $\gamma_c$  lớn nhỏ có thể phân làm dòng bùn cát dẻo ( $\gamma_c > 1,6$ ) và dòng bùn nhão ( $\gamma_c < 1,5$ ). Dòng bùn cát dẻo có trôi theo đá tảng lẫn đất sét kết lại thành một khối, thường phát sinh chảy từng đợt, khi ngừng di chuyển tụ lại không khuyếch tán. Dòng bùn nhão cuốn trôi bùn cát lẫn cuội sỏi lớn và chảy rối khi điều kiện lòng sông không tốt, thường xảy ra hiện tượng cát đá làm tắc và bồi tích.

Ở thung lũng sông vùng núi có dòng bùn đá, khi dòng lũ bùn đá chảy qua cửa núi, do độ dốc lòng sông nhỏ dần, lưu tốc giảm đi, bùn đá bị cuốn trong dòng chảy sẽ lắng xuống nhiều, tạo thành một khu vực bồi tích hình quạt, ở giữa cao, hai bên thấp.

Hướng chảy chủ yếu của dòng bùn đá nói chung là thuận theo cửa núi từ giữa chỗ cao đẩy dần xuống hạ lưu, đặc trưng chủ yếu của nó là xu hướng phát triển bồi cao và mở rộng. Ở khu vực khí hậu khô, lượng mưa tập trung, quạt bồi có thể phát triển đều hàng năm hay phát triển cách quãng.

Lòng lạch trên quạt bồi phát triển hàng năm thì luôn đổi dòng, khi nước nhỏ có thể có hiện tượng bào sâu dần, khi lũ lại phát triển thành một quạt bồi mới, trên mặt đất không có cỏ mọc, phần nhiều là đá dăm sắc cạnh hoặc đá tảng; trên mặt quạt bồi phát triển cách quãng, trông như cố định, vành đai rõ, có cỏ mọc hoặc trồng trọt, nhà cửa định cư, lòng lạch đã bào thành máng trũng tương đối ổn định, nhưng gặp trận mưa rào tập trung có thể phát triển đột biến. Đối với quạt bồi phát triển hàng năm dễ phân biệt, nhưng đối với quạt bồi phát triển cách quãng, do thường coi nhẹ nên dễ nhầm lẫn với thung lũng sông giữa núi.

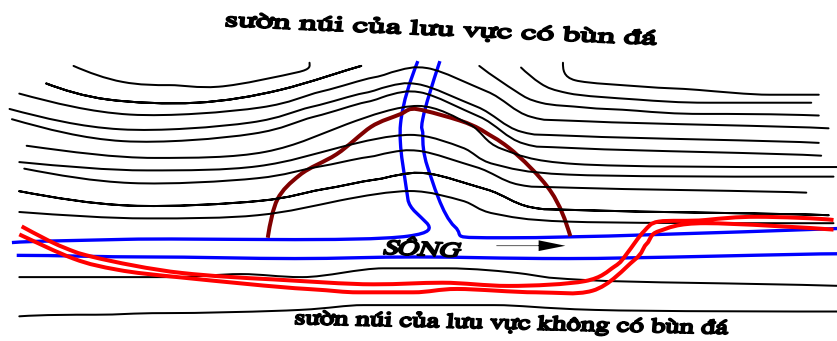
Khi khảo sát ngoại nghiệp, đối với loại lũng sông này cần điều tra kỹ, thu thập đầy đủ tài liệu thủy văn, địa chất và tài liệu về sự phá hoại của dòng bùn đá v.v... phân tích kỹ quy luật phát triển theo lịch sử để chọn phương án cầu và quyết định khẩu độ được chính xác.

#### 5.3.2. Nguyên tắc bố trí vị trí cầu

Chọn chính xác vị trí cầu vượt qua dòng bùn đá, có ý nghĩa quan trọng đối với việc sử dụng thường xuyên công trình sau này và bảo đảm vận doanh an toàn, do đó cần hết sức thận trọng. Thông thường tuyến đường nên tránh đi qua khu vực có dòng bùn dẻo nghiêm trọng.

Nguyên tắc bố trí cầu như sau:

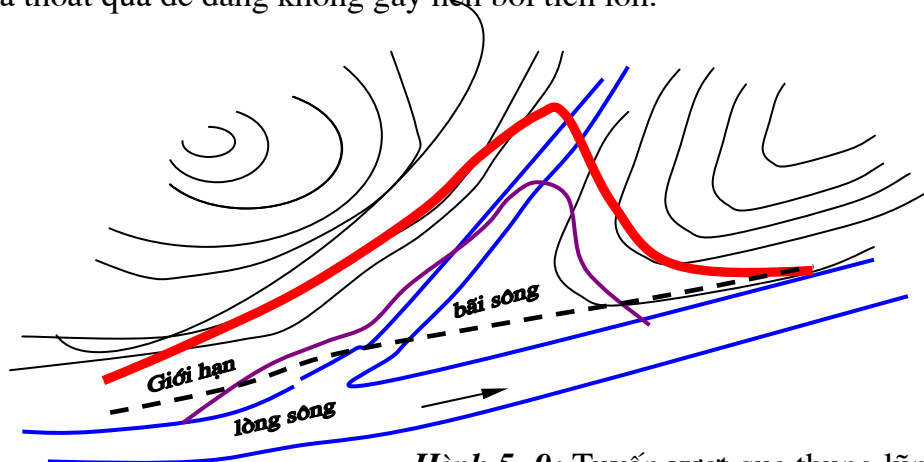
- Nếu tuyến đường đi qua



## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

khu vực dòng bùn đá, để bảo đảm nền đường và cửa sông an toàn, cần tăng thêm kinh phí về bảo dưỡng công trình, đồng thời phải xét tới các phương án tuyến khác đi vòng ra ngoài phạm vi dòng bùn đá, qua so sánh về kinh tế và kỹ thuật để lựa chọn cho thích hợp. Khi chọn phương án đi vòng tránh sang bên kia như hình (5 - 8), cần chú ý quạt bồi có thể ép chặt dòng nước sông lớn, làm cho dòng chủ sát bờ đó, gây xói nền đường và cầu cống, cho nên tận dụng tôn cao tuyến đường bên phía dốc núi, đặt ở đoạn ổn định hoặc trên lớp đá.

- Khi vượt qua quạt bồi hoặc giải bồi, ở khu vực bùn đá trôi, cần lựa chọn sao cho tuyến đường ở ven theo đường đồng mức khi vượt qua mỗi khe núi (hình 5-9). Như vậy có khi dùng cầu một nhịp vì ở đó lòng sông cố định, có thể tránh được nguy hiểm do thay đổi dòng, xói lở nền đường, hoặc nền đường bị cát đá vùi lấp và bị biến dạng. Nếu định tuyến như trên có khó khăn, cần phải chọn băng qua đoạn bùn cát chảy thông thoát. Khi lưu tốc dòng bùn rất lớn cần tận dụng khả năng dịch về phía hạ lưu, vùng có lưu tốc yếu để giảm bớt xói lở nền đường đầu cầu. Nếu dòng nước có lẫn nhiều phù sa phải chọn đoạn tương đối dốc, để bảo đảm phù sa thoát qua dễ dàng không gây nên bồi tích lớn.



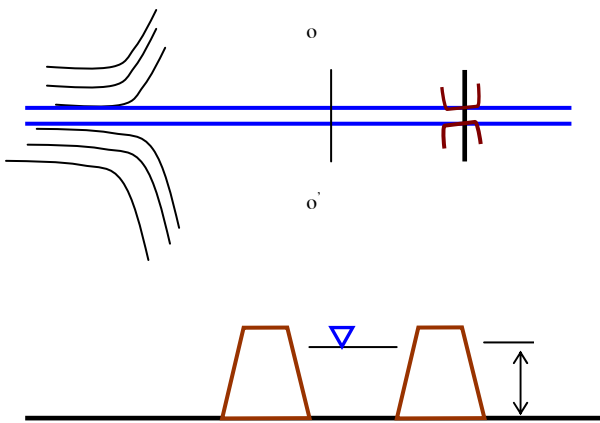
**Hình 5 -9:** Tuyến vượt qua thung lũng sông bùn đá

- Tuyến đường băng qua quạt bồi hoặc dải bồi, cần phải bảo đảm nền đường có đủ độ cao, không được đào. Vì xu thế dòng chủ của dòng lũ bùn đá luôn luôn thuận theo hướng cửa núi từ đỉnh quạt bồi chảy xuống, do đó cần phải bố trí cầu ở chỗ dòng chủ lớn nhất đối diện với cửa núi, đồng thời cũng phải bố trí cầu cống ở những chỗ trũng giữa dải quạt bồi để thoát nước tích hoặc nước trên mặt đất.

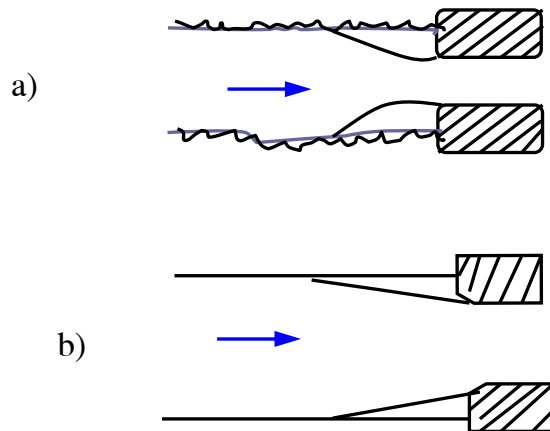
Không nên dịch vị trí cầu từ dòng chủ, chỗ bùn đá trôi mạnh sang phía trũng, vì sau khi cải dòng bùn đá đến chỗ trũng tốc độ bồi tích vẫn mạnh sẽ tạo thành mặt quạt bồi mới làm tắc cầu. Khi tuyến vượt qua liên tục nhiều dòng nhánh, nguyên tắc là phải bố trí từng cầu riêng, bắt buộc dĩ mới phải hợp nhất các dòng nhánh lại. Trong trường hợp điều kiện địa hình, địa mạo, dòng chảy v.v... thuận lợi, có thể bịt kín một số dòng nhánh, nhưng cần phải xây dựng công trình hướng dòng và phải tăng cường phòng hộ các công trình hướng dòng.

- Khi chọn vị trí cần phải căn cứ vào tài liệu điều tra và kết hợp với tình hình cụ thể để đồng thời bố trí công trình hướng dòng cho hợp lý, còn đối với cầu và nền đường, phải có biện pháp phòng hộ thích hợp. Khi lòng sông tương đối dốc, lưu tốc rất lớn nói chung không được dùng kè hướng dòng quá dài, vì kè hướng dòng lớn, dài dễ bị rò gây nguy hiểm, bảo dưỡng không tiện.

Khi dốc dọc lòng sông, tương đối thoải, trong dòng nước có lẫn ít cát và tạp chất mà lưu lượng lại lớn, muốn cho dòng nước khỏi chảy tràn rộng khắp quạt bồi, gây nguy hiểm cho nền đường thì có thể làm lòng sông nhân tạo, bắt nước chảy vào nhịp cầu, đồng thời phải chú ý kéo dài ra một đoạn nhất định ở cửa ra (hình 5-10) để đề phòng bị mở rộng đột nhiên gây hiện tượng bồi lấp làm tắc cầu. Lòng sông nhân tạo phải thẳng hoặc cong dần dần, để tiện cho dòng bùn đá chảy đều vào nhịp cầu.



Hình 5-10: Lòng sông khống chế bằng đê



Hình 5-11: Liên kết giữa mố cầu và lòng sông

### 5.3.3. Xác định lưu lượng và khẩu độ

#### a. Tính lưu lượng

Dưới đây giới thiệu phương pháp thường dùng hiện nay:

- Phương pháp 1:

$$Q_{bd} = Q_{\delta} \cdot \frac{1 + \rho(1 - \varepsilon)}{\gamma_H(100 - \rho)} \quad (5-21)$$

trong đó:

$Q_{bd}$ : lưu lượng dòng bùn đá,  $m^3/s$ ;

$Q_{\delta}$ : lưu lượng mưa rào,  $m^3/s$ ;

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$\varepsilon$ : độ hỏng của vật bồi tích khi khô;

$\gamma_H$ : tỷ trọng vật bồi tích, căn cứ vào điều tra thực địa mà xác định;

$\rho$ : tỷ lệ % trọng lượng vật bồi tích lơ lửng dòng bùn đá  $\rho = 53AI^{0,39}$

A: hệ số biểu thị mức độ xói lở sườn dốc của dòng bùn đá, đối với ta luy khó xói mòn (như có cỏ tốt, đá hoặc đá sỏi sông rất tốt) dùng 0, 6; ta luy trung bình có thể bị xói dùng 1,0; ta luy dễ bị xói ( hạt rất nhỏ rời rạc lộ ra ngoài) dùng 1:4;

I: độ dốc bình quân sườn dốc của dòng bùn đá, ‰.

- Phương pháp 2:

$$Q_{bd} = Q(1 + \varphi) + q \quad (5-22)$$

trong đó:

$\varphi$ : hệ số dòng bùn đá: 
$$\varphi = \frac{\gamma_C - 1}{\gamma_H - \gamma_C}$$

$\gamma_C$ : dung trọng dòng bùn đá, t/m<sup>3</sup>, có thể tính theo công thức sau:

$$\gamma_C = \frac{\gamma_H X_H + 1}{X_H + 1} \quad \text{hoặc} \quad \gamma_C = 1 + X_H' + \lambda_H X_H' \quad (5-23)$$

$\gamma_H$ : dung trọng vật bồi tích, t/m<sup>3</sup>;

$X_H$ : tỷ số giữa thể tích nước trong với thể tích vật cuốn theo dòng lũ bùn, do hỏi nhân dân địa phương, hoặc lấy mẫu ngay thực địa;

$X_H'$ : tỷ số giữa thể tích vật cuốn theo dòng lũ bùn đá với thể tích dòng bùn đá, do hỏi nhân dân địa phương, hoặc lấy mẫu ngay thực địa;

q: lưu lượng tăng thêm, ở trường hợp có ứ tắc và thiếu tài liệu thực đo, có thể lấy bằng 30% lưu lượng mưa rào.

- Phương pháp 3:

$$Q_{bd} = V_{bd} \cdot W_{bd} \quad (5-24)$$

$$V_{bd} = \frac{m \cdot R^{2/3} I^{1/2}}{a} \quad (5-25)$$

trong đó:

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

a: hệ số sức cản: 
$$a = \left( \frac{\gamma_H (\gamma_C - 1)}{\gamma_H - \gamma_C} \right)^{0,5} + 1$$

(5-26)

m: trị số nhám xét tới đặc trưng tình hình dòng bùn đá, dựa theo kết quả thống kê của Viện thiết kế I Trung Quốc lấy  $m = 15,3$ ;

$W_{bd}$ : diện tích mặt cắt thoát nước ở lòng sông của dòng bùn đá;

$\gamma_H$ : dung trọng vật bồi tích,  $t/m^3$ ;

- Phương pháp 4:

$$Q_{bd} = Q_{\delta} e^{0,8 \left( \frac{\gamma_C}{\gamma_b} - 1 \right)} \quad (5 - 27)$$

trong đó:

$$e = 2,72;$$

$\gamma_b$ : dung trọng dòng nước thông thường;

Công thức tính theo các phương pháp nói trên không thích hợp cho trường hợp dòng bùn dẻo. Phương pháp 1 dùng tính lưu lượng bùn đá có diện tích tụ nước nhỏ, phương pháp 2 thường áp dụng cho sông vừa; phương pháp 3 và 4 áp dụng cho sông tương đối lớn.

### ***b. Xác định khẩu độ***

Vì dòng bùn đá khi chảy có cuốn theo một lượng lớn đá tảng bùn cát, lưu tốc cân bằng động lực lớn hơn lưu tốc dòng nước bình thường, cho nên dễ gây tác hại nhiều đến nền đường, cầu cống. Khi xác định khẩu độ cầu, diện tích công tác dưới cầu phải đầy đủ để bảo đảm cho các vật bị cuốn theo vùng nước thoát qua cầu được dễ dàng.

Cần chú ý những điểm sau:

- Ở khu vực bùn đá trôi bố trí cầu tốt hơn là cống, khẩu độ cầu không nên bóp hẹp, nói chung phải bằng chiều rộng lòng sông thiên nhiên ứng với mực nước thiết kế ở chỗ cửa vào, đồng thời nên chọn khẩu độ cầu 1 nhịp.
- Dưới cầu cần bảo đảm tĩnh không đầy đủ. Khi khảo sát phải điều tra kỹ quy luật biến đổi về bồi tích và bào mòn của lòng sông, tĩnh không dưới cầu phải xét tới chiều cao bồi tích bình quân nhiều năm và chiều cao có thể bồi tích nhiều nhất mỗi lần, chọn trị số lớn nhất trong đó để tìm mực nước thiết kế. Đáy dầm cao hơn mực nước này trên 1m. Về chiều sâu chôn móng, ngoài phần bị xói ra còn phải xét tới độ sâu bị bào mòn lớn nhất mỗi lần.
- Khi vượt qua quạt bồi, không được phép đào dưới cầu.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Đối với khẩu độ cầu có dòng bùn nhão, lưu tốc bình quân dưới cầu khi có lũ, chỗ cửa ra, cửa vào không được nhỏ quá trị số sau đây (căn cứ vào đề nghị của G.U.Samóps)

$$V_{bd} = 3,83d^{1/3}h^{1/6} \quad (5 - 28)$$

$V_{bd}$ : lưu tốc bình quân tối hạn, m/s;

$d$ : đường kính bình quân của nhóm hạt phù sa bị chuyển dịch, m; trong vật hỗn hợp của đất bồi, khi lũ nhỏ dùng nhóm hạt tương đối nhỏ, còn lũ lớn dùng nhóm hạt lớn.

$h$ : chiều sâu nước bình quân khi lũ nhỏ và lũ lớn, m.

- Khẩu độ cầu qua dòng bùn đá chảy rối, công thức tính xói chung và lưu tốc cân bằng động lực như sau:

$$h_{sx} = [\alpha h^{5/3} / (0,68 d^{0,28} \beta \psi)]^{1/1+x} \quad (5 - 29)$$

$$V_{cb} = 0,68d^{0,28} \beta \psi h_i^x \quad (5 - 30)$$

trong đó:

$h_{sx}$ : chiều sâu nước sau khi xói, m;

$\psi$ : hệ số tăng cường lưu tốc cân bằng động lực xác định theo dung trọng  $\gamma_c$  của dòng bùn đá, tra bảng (5-3);

$V_{cb}$ : lưu tốc cân bằng động lực xuyên qua các lớp đất;

$h, h_i, d, \beta, x, \alpha$  đã trình bày trong công thức tính xói chung theo Litstovan (chương IV).

**Bảng 5-3**

**Bảng tra hệ số  $\psi$**

|            |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $\gamma_c$ | 1,05 | 1,10 | 1,15 | 1,20 | 1,25 | 1,30 | 1,35 | 1,40 |
| $\psi$     | 1,06 | 1,13 | 1,20 | 1,27 | 1,34 | 1,42 | 1,50 | 1,60 |

- Khẩu độ cầu vượt qua vùng bùn dẻo nên làm một nhịp, không nên bó hẹp và cần bố trí mố cầu và 1/4 nón ở ngoài phạm vi vùng bùn đá.

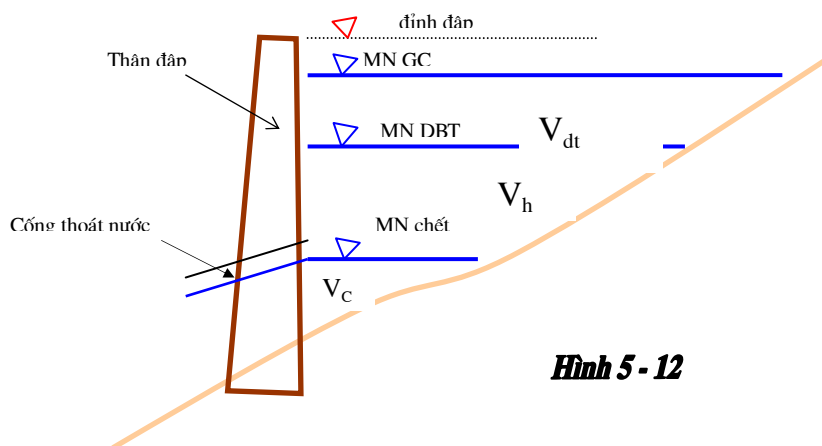
### § 5.4. Thiết kế khẩu độ cầu ở khu vực hồ chứa nước

Mục đích chủ yếu xây hồ chứa nước là nhằm khống chế nhân tạo và lợi dụng lòng sông, trữ nước lại khi mưa nhiều, đến mùa cạn sẽ phân phối sử dụng số nước dự trữ đó. Xây dựng hồ chứa nước là biện pháp khai thác tài nguyên thiên nhiên của nước ta hiện nay và là một biện pháp phòng chống lũ. Vì hồ chứa nước có ý nghĩa rất lớn về mặt kinh tế, nên khi xây dựng hồ chứa, đường xá cần có sự điều chỉnh cục bộ. Khi tuyến đường đi qua thượng lưu dòng sông, dòng sông đã

xây hồ chứa nước rồi thì hồ chứa sẽ giữ tất cả, hoặc một phần nước mưa lại, điều đó rất có lợi cho việc thoát lũ của cầu cống. Nếu tiêu chuẩn thiết kế hồ chứa nước quá thấp hoặc chất lượng thi công quá kém, sẽ uy hiếp cầu cống.

Cần phải tiến hành nghiên cứu, phân tích các mặt trên cơ sở toàn bộ lợi ích chung về kinh tế – xã hội để xử lý vấn đề thiết kế cầu cống ở khu vực hồ chứa nước.

### 5.4.1. Khái niệm chung về hồ chứa nước



**Hình 5 - 12**

a. **Yếu tố cơ bản trong hồ chứa nước:** xem hình 5-12.

- Công trình thoát nước

Công trình thoát nước là kết cấu để thoát một khối lượng nước trong hồ ra, rất nhiều trường hợp không dùng lối chảy tự nhiên. Công trình thoát nước này có thể là loại cho dòng nước chảy có áp, như: ống nước trong thân đập hoặc ống nước vòng quanh thân đập v.v... hoặc là loại cho nước chảy tự do, như đường tràn lũ v.v... Lưu lượng thoát qua công trình, chủ yếu quyết định bởi diện tích mặt cắt ngang của đập (khi đập có cửa thì dựa vào kích thước đóng mở) và đầu nước. Đầu nước là độ chênh lệch giữa mực nước trong hồ cao hơn mực nước ở khẩu độ thoát nước. Trường hợp cửa ra của khẩu độ thoát nước bị ngập, lưu lượng thoát nước còn quyết định bởi mực nước hạ lưu. Khi khai thác hồ chứa, tất cả lưu lượng thoát ra ở từng thời gian phải thích ứng với đường biểu diễn lợi dụng nước, vì thế những công trình này phải làm cửa đập để khống chế nhân tạo.

- Mực nước chết và dung tích chết
  - Mực nước tương ứng với cao độ đáy cống thoát nước trong hồ, gọi là mực nước chết (MNC) hay mực nước chết là mực nước thấp nhất mà người ta chỉ cho phép tháo nước ở hồ tới mức đó.
  - Dung tích chết ( $V_c$ ) của hồ là dung tích kể từ đáy hồ đến cao trình mực nước chết.
- Mực nước dâng bình thường, dung tích hữu ích

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Mục nước dâng bình thường (MNDBT) là mực nước cao nhất trong hồ chứa nước, dùng để tính toán các công trình thủy lợi đầu mối có tính đến mức an toàn bình thường theo tiêu chuẩn kỹ thuật. Mục nước dâng bình thường là thông số quan trọng nhất, nó định ra các chỉ tiêu làm việc của hồ chứa cũng như định ra kích thước của các công trình, mức độ ngập và vốn đầu tư vào việc xây dựng công trình đầu mối và hồ chứa nước.

- Phần dung tích hồ chứa nằm trong phạm vi từ mực nước chết đến mực nước dâng bình thường gọi là dung tích hữu ích của hồ chứa ( $V_{hi}$ ).

Dung tích hữu ích được dùng để điều tiết dòng chảy, bằng cách tháo nước theo chu kỳ và sau đó chứa nước vào hồ.

- Mục nước gia cường và dung tích gia cường:

- Mục nước gia cường (MNGC) là mực nước cao hơn mực nước bình thường cho phép hồ chứa giữ lại trong thời kỳ tháo nước lũ của những năm đặc biệt nhiều nước (điều kiện khai thác đặc biệt bất thường).

- Dung tích gia cường, hay còn gọi là dung tích dự trữ ( $V_G$ ), là dung tích trong phạm vi từ MNDBT đến MNGC, dung tích này dùng để giảm (cắt) những lưu lượng lũ lớn.

### ***b. Tiêu chuẩn thiết kế hồ chứa nước***

Theo quy phạm hiện hành của Việt Nam - Công trình thủy lợi các quy định chủ yếu về thiết kế (TCVN 5060-90) như các bảng sau đây:

**Bảng 5 - 4**

**Phân cấp công trình thủy lợi (TCVN 5060-90)**

| Đập vật liệu địa phương  |  |                                       | Đập BT và BTCT, đá xây, kết cấu dưới nước của nhà máy thủy điện, âu thuyền, công trình nâng tầu, tường chắn đất và những công trình BT và BTCT khác tham gia vào việc tạo tuyến áp lực |   |                                       | Cấp công trình |
|--------------------------|--|---------------------------------------|--|---|---------------------------------------|----------------|
| Dạng đất nền             |  |                                       |  |   |                                       |                |
| Đá                       | Cát sỏi đất sét tầng ở trạng thái cứng và nửa cứng | Đất sét bão hoà nước ở trạng thái dẻo | Đá   | Cát sỏi, đất sét tầng ở trạng thái cứng và nửa cứng | Đất sét bão hoà nước ở trạng thái dẻo |                |
| Chiều cao công trình (m) |  |                                       |  |   |                                       |                |
| $\geq 100$               | $>75$  | $>50$                                 | $>100$   | $>50$   | $>25$                                 | I              |
| $>70 \div 100$           | $>35 \div 75$                                      | $>25 \div 50$                         | $>60 \div 100$   | $>25 \div 50$                                       | $>20 \div 25$                         | II             |
| $>25 \div 70$            | $>15 \div 35$                                      | $>15 \div 25$                         | $>25 \div 60$  | $>10 \div 25$                                       | $>10 \div 20$                         | III            |
| $>10 \div 25$            | $>8 \div 15$                                       | $>8 \div 15$                          | $>10 \div 25$  | $>5 \div 10$  | $>5 \div 10$                          | IV             |
| $\leq 10$                | $\leq 8$   | $\leq 8$                              | $\leq 10$  | $\leq 5$  | $\leq 5$                              | V              |

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

*Ghi chú:*

- Nếu sự cố của công trình dâng nước có thể gây hậu quả có tính chất tai họa cho các thành phố, khu công nghiệp và quốc phòng, các tuyến đường giao thông, các khu dân cư ở hạ lưu công trình đầu mối, thì cấp công trình xác định theo bảng 5 - 4, được phép nâng lên cho phù hợp với quy mô hậu quả khi có luận chứng thích đáng.

- Nếu sự cố công trình dâng nước không gây hậu quả đáng kể đến hạ lưu (khi công trình nằm ở vùng thưa dân hoặc ở gần biển), cấp của chúng xác định theo bảng 5 - 4, được phép hạ xuống 1 cấp.

**Bảng 5 - 5 (TCVN 5060-90)**

| Nhà máy thủy điện có công suất, 10 <sup>3</sup> KW | Hệ thống thủy nông(10 <sup>3</sup> ha) |        | Công trình cấp nước có lưu lượng, m <sup>3</sup> /s | Cấp công trình lâu dài |         |
|--|--|--------|---|------------------------|---------|
|  | Tưới                                   | Tiêu   |   | Chủ yếu                | Thứ yếu |
| >300÷1000  |  |        |   | I                      | III     |
| >50÷300  | >50                                    | >50    | >15÷20  | II                     | III     |
| >2÷50  | >10÷50                                 | >10÷50 | >5÷15   | III                    | IV      |
| > 0,2÷2  | >2÷10                                  | >2÷10  | >1÷5  | IV                     | IV      |
| ≤ 0,2  | ≤ 2                                    | ≤ 2    | ≤ 1   | V                      | V       |

*Ghi chú:*

- Nhà máy thủy điện có công suất lắp máy >1000000KW thuộc cấp đặc biệt. Khi thiết kế phải xây dựng tiêu chuẩn thiết kế riêng.

- Cấp của âu tàu và công trình nâng tàu được ấn định theo sự thỏa thuận giữa Bộ Nông nghiệp & Phát triển nông thôn và Bộ Giao thông vận tải.

- Cấp của công trình thủy lợi tạm thời theo quy định ở điều 1.6 , Tiêu chuẩn Việt Nam - Công trình thủy lợi các quy định chủ yếu về thiết kế TCVN5060-90.

- Cấp của công trình giao thông cắt qua thân đê cũng được xác định như cấp của các công trình dâng nước, nhưng không thấp hơn cấp của tuyến đê đó.

Tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất để tính ổn định, kết cấu cho các công trình thủy lợi lâu dài (chính) trên sông và trên tuyến áp lực của hồ chứa nước, dâng nước, tháo nước, dẫn nước khi chưa có công trình điều tiết nhiều năm ở thượng nguồn được xác định theo bảng 5 – 6.

**Bảng 5 - 6 (TCVN 5060-90)**

| Cấp công trình | Tần suất lưu lượng, mực nước lớn nhất để tính ổn định, kết cấu công trình, % |
|----------------|--|
| I              | 0,10   |
| II             | 0,50   |

|     |      |
|-----|------|
| III | 1,00 |
| IV  | 1,50 |
| V   | 2,00 |

#### 5.4.2. Tính khẩu độ cầu cống trong phạm vi ảnh hưởng hồ chứa nước

##### a. Cầu nằm ở thượng, hạ lưu đập nước vĩnh cửu và tạm thời

Sau khi xác định được lưu lượng và mực nước thiết kế đã đề cập ở chương III, khẩu độ cầu xác định như sông thông thường, đã đề cập trong chương IV.

##### b. Cầu nằm trong khu vực hồ

Nói chung, đối với hồ chứa nước được xây dựng để phục vụ yêu cầu thủy lợi, thủy điện, hoặc yêu cầu tổng hợp khi tuyến đường qua đây nên tránh đi qua hồ.

Trường hợp nếu bắt buộc phải đi qua hồ thì phải được sự đồng ý của ngành chủ quản các công trình này. Các thông số thủy văn thủy lực của hồ (mực nước, lưu lượng, lưu tốc, khẩu độ thoát nước v.v...) làm cơ sở để thiết kế công trình thoát nước và nền đường, do ngành chủ quản hồ đập cung cấp.

### § 5.5. Tính khẩu độ cầu, khi vị trí cầu bị ảnh hưởng thủy triều

#### 5.5.1. Theo hướng dẫn khảo sát và thiết kế các công trình vượt sông trên đường bộ và đường sắt (NIMP 72) của Liên Xô (trước đây),

##### a. Dự kiến khẩu độ cầu trong trường hợp bất lợi nhất (khi triều rút)

$$L = B_p + \Delta B \sum \frac{Q_b}{V_b H_b} \quad (5 - 31)$$

trong đó:

$B_p$ : chiều rộng lòng sông ứng với mực nước tính toán, m;

$\Delta B$ : hệ số có khả năng giảm tối đa khẩu độ cầu trong phân bãi sông, phụ thuộc vào tỷ số  $\Sigma Q_b/Q_{\text{rút}}$  (xem bảng 5 – 7);

$Q_b$ : lưu lượng bãi (trái hoặc phải) ở thời kỳ triều rút, m<sup>3</sup>/s;

$V_b$ : lưu tốc trung bình trên bãi, trong thời kỳ triều rút, m/s;

$H_b$ : chiều sâu nước trung bình trên bãi ở mực nước tính toán, m.

**Bảng 5 – 7**

|                             |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| $\Sigma Q_b/Q_{\text{rút}}$ | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
|-----------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ΔB | 0,92 | 0,90 | 0,89 | 0,86 | 0,84 | 0,80 | 0,74 | 0,60 | 0,30 |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|

*Ghi chú: Khi bãi sông nông và dài, cho khẩu độ trên bãi quá lớn sẽ không phù hợp với thực tế*

**b. Nếu trong miền triều dâng, rút lòng sông sụt lở thì khẩu độ cầu xác định theo công thức:**

$$L = \frac{Q_{rút}}{(1 - \lambda)V_o H_{sl}} \quad (5 - 32)$$

trong đó:

$\lambda = b/l$  (với b: chiều rộng trụ; l: chiều dài tĩnh của nhịp;

$V_o$ : lưu tốc không xói, m/s; tra bảng chương IV;

$H_{sl}$ : chiều sâu thiên nhiên trung bình của lòng sông sụt lở, m;

$Q_{rút}$ : lưu lượng lớn nhất trong thời gian triều rút, m<sup>3</sup>/s.

### 5.5.2. Theo Sổ tay tính toán thủy văn cầu đường Trung Quốc

$$L = \frac{\omega_\mu - \omega_o}{h} \quad (5 - 33)$$

$$\omega_\mu = \frac{Q_p}{P\mu(1 - \lambda)V_p} = \frac{Q_p}{\delta V_p h} \quad (5 - 34)$$

$$L = \frac{Q_p}{\delta V_p h} - \frac{\omega_o}{h} = L' - \Delta L_o$$

(5 - 35)

Tính thử dần khẩu độ cần thiết ứng với các mực nước tính toán theo bảng sau:

| H<br>(m) | Q <sub>p</sub><br>(m <sup>3</sup> /s) | δ | V <sub>p</sub><br>(m/s) | L' | W <sub>o</sub><br>(m <sup>2</sup> ) | ΔL<br>(m) | L<br>(m) | Ghi chú |
|----------|---------------------------------------|---|-------------------------|----|-------------------------------------|-----------|----------|---------|
|          |                                       |   |                         |    |                                     |           |          |         |

Cách ghi bảng:

h: chiều sâu bình quân của bãi giả định tùy ý phạm vi thay đổi từ 0.5 đến mực nước tương ứng với Q<sub>1%</sub>, cách 0.5m tính một lần;

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$Q_p$ : lưu lượng tính toán căn cứ vào trị số  $h$ , xem chương III;

$$\delta = P \cdot \mu \cdot (1 - \lambda)$$

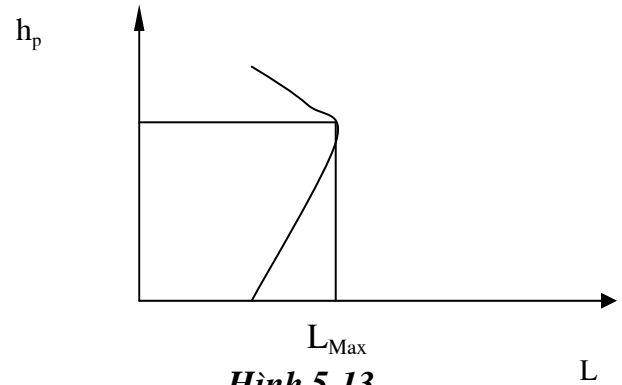
ý nghĩa:  $P, \mu, \lambda$  giống chương IV;

$V_p$ : lưu tốc tính toán xác định theo trường hợp 3, xem chương III;

$$L' = Q_p / (\delta V_p h)$$

$$\Delta L = \omega_o / h$$

$$L = L' - \Delta L$$



**Hình 5-13**

Dựa vào trị số  $h_1$ ,  $L$  tính được theo biểu trên vẽ đường cong quan hệ như hình 5-13;

Chọn khẩu độ cầu tính toán  $L_p \geq L_{max}$ .

### § 5. 6. Tính khẩu độ cầu, khi vị trí cầu bị ảnh hưởng nước dềnh sông lớn

Theo sổ tay tính toán thủy văn cầu đường Trung Quốc:

$$L = \frac{1}{\varepsilon V_p} \left[ \frac{\Omega \left| \frac{\Delta h}{\Delta t} \right|}{h} + \frac{Q_p' - \omega_o \varepsilon V_p}{h} \right] \quad (5 - 36)$$

trong đó:

$Q_p'$ : lưu lượng thiết kế,  $m^3/s$ , xác định ở chương III;

$\Omega$ : diện tích mặt nước dềnh phía thượng lưu cầu ứng với mực nước thiết kế,  $m^2$ ;

$\Delta h/\Delta t$ : trị số lớn nhất, xác định trên đường  $H \sim (\Delta h/\Delta t)$ , ở nhánh nước rút;

$\omega_o$ : diện tích thoát nước lòng sông tại vị trí cầu ứng với mực nước tự nhiên bình thường,  $m^2$ ;

$\varepsilon$ : hệ số thắt hẹp dòng chảy do nền đường đắp đầu cầu;

$h$ : chiều sâu nước tính toán,  $m$ ;

$V_p$ : lưu tốc tính toán,  $m/s$ ;

$$V_p = \frac{Q_p}{\omega_p + \sum \omega_n \frac{W_n}{W_p}} \quad (5 -$$

37)

$\omega_p$ : diện tích thoát nước ở lòng chủ ứng với mực nước thiết kế, m<sup>2</sup>;

$\omega_n$ : diện tích thoát nước ở bãi sông ứng với mực nước thiết kế, m<sup>2</sup>;

$W_n = (C h^{0.5})_n$ : suất phân phối lưu lượng trên bãi sông;

$W_p = (C h^{0.5})_p$ : suất phân phối lưu lượng ở lòng chủ.

## § 5.7. Tính khẩu độ cầu trong điều kiện dòng chảy điều tiết ở trong kênh

### 5.7.1. Các thông số thiết kế

Dòng chảy trong kênh nhân tạo chủ yếu là dòng chảy đều, ổn định. Các thông số thủy văn, thủy lực và kích thước kênh nói chung, khẩu độ công trình thoát nước bắc qua kênh nói riêng do các cơ quan quản lý chức năng cung cấp. Trong trường hợp không có tài liệu thì có thể dùng phương pháp tính toán được giới thiệu trong các giáo trình thủy lực dùng cho sinh viên các trường đại học ngành xây dựng công trình.

### 5.7.2. Những yêu cầu khi thiết kế công trình thoát nước qua kênh

- Nếu kênh đào nằm trong nền đất đắp, thì khẩu độ cầu nhỏ nhất lấy bằng chiều rộng kênh theo mép nước hai bờ.

- Dao động mực nước trong kênh có thể đồng thời với dao động mực nước của ao hồ chứa ở ngoài kênh. Nếu trong hồ chứa có trạm quan trắc dài ngày thì trong tính toán dùng mực nước theo tần suất của cầu. Khi thiếu hoặc không đủ số liệu quan trắc, để tính toán dùng mực nước lớn nhất xác định theo ngân vết hoặc điều tra ở dân địa phương

- Theo quy định với những kênh thủy lợi chỉ nên bắc cầu một nhịp để khỏi phá huỷ chế độ dòng chảy của kênh. Khi bố trí trụ giữa phải được sự thoả thuận của cơ quan khai thác kênh.

- Lưu lượng tính toán của kênh tưới phụ thuộc vào lưu lượng ở công trình đầu mối lấy nước, hoặc các công trình cấp nước tưới dọc kênh. Tài liệu lưu lượng thiết kế kênh do các cơ quan chức năng của ngành thủy lợi cấp.

## § 5.8. Kiểm toán công trình cầu hiện tại

Cầu cũ ở nước ta phần nhiều thiếu tài liệu tính toán thủy văn. Vấn đề là cần xét xem khẩu độ cầu và độ sâu chân móng cầu, bố trí vị trí cầu và công trình hướng dòng đã hợp lý chưa và nền đường bãi sông có an toàn không? Những vấn đề này có ý nghĩa rất quan trọng đối với việc phòng lũ phá hoại cầu cũ và bảo đảm xe chạy không bị gián đoạn.

Nguyên tắc kiểm toán thủy văn cầu lớn, cầu trung phải dựa trên kết quả điều tra, khảo sát tại thực địa để phân tích xem cầu có thể chịu đựng được các trận lũ lịch sử hay không, nếu không chịu được cần dựa vào đó để có biện pháp thiết kế xử lý phù hợp.

### 5.8.1. Xác định các đặc tính dòng chảy

#### a. Thu thập tài liệu:

- Điều tra mực nước:

Đối với mỗi trận lũ lớn lịch sử phải điều tra những tài liệu sau:

- Mực nước dưới cầu: điều tra mực nước lũ cao nhất ở cả 2 mố cầu phía bờ trái và bờ phải;
- Độ dốc ngang mặt nước: ven theo thượng hạ lưu nền đường bãi sông điều tra vết lũ để vẽ được độ dốc ngang mặt nước phía thượng và hạ lưu;
- Dọc theo sông, điều tra vết lũ ven theo hai bờ trái phải để vẽ được độ dốc dọc mặt nước lũ. Phạm vi đo vẽ phía thượng hạ lưu gấp trên 3 lần chiều rộng ngập tràn, phía hạ lưu bằng 1 lần chiều rộng ngập tràn.
- Mặt cắt dưới cầu và chiều sâu hố xói cục bộ thực đo của nhiều lần lũ, đồng thời đo một mặt cắt ngang lòng sông ở hạ lưu cách vị trí cầu bằng một lần chiều rộng ngập tràn (sau này gọi là mặt cắt thiên nhiên phía hạ lưu);
- Thu thập tài liệu thủy văn có liên quan gồm: mực nước, lưu lượng, lưu tốc mặt cắt, địa hình, lượng bùn cát v.v... của trạm thủy văn ở gần vị trí cầu;
- Thu thập và đo đạc bản đồ địa hình về diễn biến của đoạn sông bắc cầu qua các năm, các trận lũ lịch sử;
- Đo đạc hoặc điều tra tài liệu, lưu hướng, lưu tốc và độ sâu xói v.v... ở kè hướng dòng và nền đường bãi sông;
- Thu thập tài liệu thiết kế và tài liệu địa chất về cầu nền đường bãi sông và công trình chỉnh trị v.v...

#### b. Xác định lưu lượng thiết kế

Dựa vào tài liệu lưu lượng nhiều năm của trạm thủy văn hoặc dựa vào lưu lượng tính toán theo phương pháp hình thái tìm được lưu lượng thiết kế. Phải bố trí mặt cắt hình thái ở phía thượng lưu vị trí cầu ngoài khu vực nước vật, bố trí mặt cắt

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

phía hạ lưu vị trí cầu ở ngoài khu vực khuếch tán, chiều dài khu vực khuếch tán gấp 1 lần chiều rộng ngập tràn.

### c. Xác định mực nước thiết kế

Nếu có tài liệu lưu lượng mực nước tương đối nhiều, có thể vẽ đường cong quan hệ lưu lượng với mực nước ở mặt cắt vị trí cầu. Sau đó trên đường cong quan hệ này xác định được mực nước tương ứng với lưu lượng tính toán.

Nếu thiếu tài liệu lưu lượng mực nước, có thể dựa vào tài liệu 1 trận lũ lớn nhất theo công thức (5 - 38) tính hệ số phân phối lưu tốc dưới cầu:

$$\alpha = \frac{Q_p}{h_{cp}^{5/3} L_{Lv} \mu} \quad (5 - 38)$$

trong đó:

$Q_p$ : lưu lượng tính toán,  $m^3/s$ ;

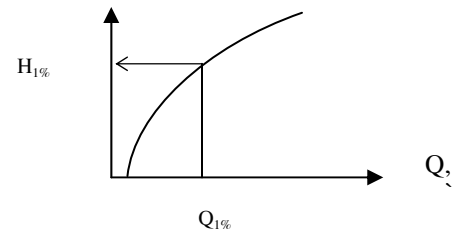
$h_{cp}$ : chiều sâu bình quân dưới cầu, m;

$L_{Lv}$ : chiều dài làm việc của cầu, m.

Tính lưu lượng thoát nước ở các mực nước theo công thức:

$$Q = \alpha h_{cp}^{5/3} L_{Lv} \mu = f(h)$$

Dựa vào công thức trên lập đường cong quan hệ lưu lượng mực nước, để xác định mực nước tính toán. Kiểm tra xem tính không từ mực nước thiết kế này cách đáy dầm có phù hợp với yêu cầu của quy trình không. Nếu không đủ tính không cần phải có biện pháp giải quyết.

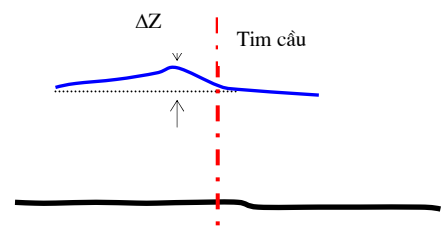


**Hình 5-14**

### 5.8.2. Kiểm toán khẩu độ cầu

Kiểm tra khẩu độ cầu có đủ không, chủ yếu phải dựa vào chênh lệch mực nước giữa thượng hạ lưu cầu lớn hay nhỏ để quyết định. Nếu chênh lệch mực nước vượt quá trị số cho phép, thì khẩu độ cầu còn thiếu. Phương pháp tính chênh lệch mực nước khi có lũ thiết kế thoát qua như sau:

Xác định trị số  $\Delta Z$  của lũ lịch sử trên bản vẽ độ dốc dọc mặt nước (xem hình 5-15). Sau đó tính trị số ứ dềnh như công thức sau:



**Hình 5-15**

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$\eta = \frac{\Delta Z}{V_{\mu}^2 - V_o^2} \quad (5 - 39)$$

$$V_{\mu} = \frac{Q_p}{\mu \omega_{\mu} (1 - \lambda)} \quad (5 - 40)$$

trong đó:

$V_{\mu}$ : lưu tốc dưới cầu khi có lũ lịch sử thoát qua, m/s;

$Q_p, \mu, \lambda$  : ý nghĩa như trên;

$\omega_{\mu}$ : diện tích thoát nước dưới cầu ứng với  $H_{TK}$ , m<sup>2</sup>;

$V_o$ : lưu tốc bình quân toàn mặt cắt sông (tính theo mặt cắt thiên nhiên hạ lưu), m/s;

Căn cứ vào hệ số dềnh này có thể tìm được chiều cao ứ dềnh phát sinh khi lưu lượng thiết kế thoát qua dưới cầu theo công thức (5 - 41) như sau:

$$\Delta Z = \eta (V_{\mu}^2 - V_o^2) \quad (5 - 41)$$

Tính cao độ mặt nước dọc theo thượng hạ lưu nền đường khi có lũ lịch sử thoát qua theo công thức sau:

- Cao độ mặt nước phía thượng lưu:

$$H_b = H_{p\%} + \Delta Z + I_B (L_n - a) + I_{\delta} b \quad (5 - 42)$$

- Cao độ mặt nước phía hạ lưu:

$$H_H = H_{p\%} - I_H L_n - I_{\delta} d \quad (5 - 43)$$

trong đó:

$H_p$ : mực nước thiết kế, m;

$\Delta Z$ : chiều cao nước dềnh trước cầu, m;

$I_B$ : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phía thượng lưu cầu;

$$I_B = \varphi i_{\delta}$$

$i_{\delta}$ : độ dốc thiên nhiên dòng nước;

$\varphi$ : hệ số tra bảng 5 - 2;

$L_n$ : khoảng cách từ cao độ vai đường cần thiết, đến mép trước mố cầu gần nhất, m;

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

a: hình chiếu kê hướng dòng phía thượng lưu lên trục nền đường, m;

b: hình chiếu kê hướng dòng phía thượng lưu lên đường pháp tuyến của trục nền đường, m;

$i_H$ : độ dốc dòng nước ven theo nền đường phía hạ lưu,  $i_k = 0.50i_\delta$ ;

d: hình chiếu kê hướng dòng phía hạ lưu lên đường pháp tuyến của trục nền đường, m.

Dựa vào hai công thức trên có thể vẽ được độ dốc ngang mặt nước tính toán ở phía thượng hạ lưu nền đường. Đường mặt nước ngang tính toán phải phù hợp với đường mặt nước ngang thực đo. Nếu không phù hợp thì nhân độ dốc mặt nước ngang tính toán với hệ số điều chỉnh K.

- Độ dốc ngang mặt nước phía thượng lưu:  $I_b = \varphi i_\delta K_b$  (5 - 44)

- Độ dốc ngang mặt nước phía hạ lưu:  $I_H = 0,5i_\delta K_h$  (5- 45)

Căn cứ vào độ dốc ngang mặt nước đã điều chỉnh, tìm được cao độ vai đường cần thiết của nền đường bãi sông theo biện pháp ở §7.1. So sánh cao độ này với cao độ vai đường thực tế, xác định xem có cần thiết tôn cao nền đường không?

Mặt khác tìm đường mặt nước ngang phía thượng hạ lưu men theo nền đường khi có lũ tính toán và tính được chênh lệch mực nước, phía thượng hạ lưu. Chênh lệch mực nước này phải nhỏ hơn trị số cho phép (0,9m). Nếu vượt quá trị số cho phép, phải mở rộng khẩu độ cầu để giảm bớt chiều cao ứ dềnh.

### 5.8.3. Kiểm toán xói chung

Dựa vào những công thức đã ghi ở chương IV, kiểm toán chiều sâu xói chung dưới cầu khi có lũ lịch sử thoát qua, trong lúc tính cần đặc biệt chú ý chiều sâu đường thủy trực h và chiều sâu bình quân  $h_{cp}$  ở dưới cầu trước khi xói, nên dùng trị số mặt cắt ban đầu trước khi làm cầu. Nếu không có mặt cắt ban đầu có thể thay bằng mặt cắt thiên nhiên phía hạ lưu. So sánh chiều sâu xói chung, tính bằng các công thức và chiều sâu xói thực đo, trong đó lấy công thức phù hợp với tài liệu thực đo nhất để tính chiều sâu xói chung khi lưu lượng thoát qua và kiểm toán hệ số xói:

$$P = \frac{h_p}{h}$$

Nếu trị số P vượt quá qui định, phải xét tới mở rộng khẩu độ cầu.

### 5.8.4. Kiểm tra xói cục bộ:

Tính độ sâu xói cục bộ khi lũ lịch sử thông qua cũng theo các công thức tính xói cục bộ ở chương IV, rồi so sánh với chiều sâu xói cục bộ thực đo để chọn công thức tính toán phù hợp với thực tế, dựa vào đó tính chiều sâu xói cục bộ ứng với lũ theo tần suất thiết kế.

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Dựa vào kết quả tính xói chung và xói cục bộ ứng với lũ thiết kế như trên, kiểm tra độ sâu chôn móng hoặc độ dự trữ có đủ không?

Nếu không đủ phải dùng biện pháp phòng hộ hoặc mở rộng khẩu độ cầu.

### 5.8.5. Kiểm tra nền đường đầu cầu và công trình kè hướng dòng:

Cầu lớn, cầu trung cũ bị nước phá hỏng, có khi không phải nguyên nhân do không đủ khẩu độ, mà do lòng sông biến đổi, lưu hướng thay đổi, dòng chủ xói vào nền đường.

Do đó kiểm tra thủy văn cầu lớn, cầu trung, ngoài việc kiểm tra mực nước lưu lượng, khẩu độ và chiều sâu xói ra, phải đặc biệt chú ý kiểm tra và diễn biến lòng sông biện pháp bố trí công trình chỉnh trị, phòng hộ nền đường bãi sông v.v...có thích hợp không?

Dựa vào bản đồ địa hình và hình vẽ mặt cắt đáy sông thực đo của các lần lũ lịch sử (kể cả nhiều trận lũ phát sinh trước khi làm cầu) nghiên cứu xu thế và tốc độ phát triển diễn biến lòng sông sau này, quy luật thay đổi bồi cao hoặc xói sâu lòng sông và chiều hướng thay đổi lưu hướng để phân tích về mực nước, tĩnh không, độ sâu chôn móng công trình chỉnh trị v.v... xem có thích hợp với sự thay đổi lòng sông sau này (như bồi cao lòng sông và thay đổi lưu hướng v.v...). Nếu không thích hợp phải có biện pháp cải thiện như mở rộng khẩu độ, xây thêm và gia cố công trình chỉnh trị hoặc tăng cường phòng hộ nền đường bãi sông v.v...

Trước khi cải thiện công trình chỉnh trị và phòng hộ nền đường bãi sông, phải kiểm tra lưu hướng và lưu tốc của lũ thực đo kết hợp với kiểm tra công trình chỉnh trị cũ và phòng hộ nền đường. Sau đó tính được lưu hướng, lưu tốc ở trạng thái lũ thiết kế và dựa vào đó để xác định biện pháp xử lý.

*Tài liệu sử dụng trong Chương V:*

- [1]. Sổ tay tính toán thủy văn cầu đường (Viện TKGTVT dịch từ bản tiếng Trung Quốc).
- [2]. Quy định về Khảo sát và Thiết kế các công trình vượt sông trên đường bộ và đường sắt. Bộ Xây dựng - Vận tải Liên Xô (trước đây), Matxcova 1972 (NIMP 72).
- [3]. Nguyễn Xuân Trục. Thiết kế đường ô tô, Công trình vượt sông (Tập 3). Nhà xuất bản Giáo dục, 2003 (Tái bản lần thứ ba).
- [4]. Quy phạm tính toán các đặc trưng thủy văn thiết kế: QPTL –C6-77.
- [5]. Giáo trình thủy văn công trình – Trường Đại học Thủy lợi.
- [6]. Tiêu chuẩn Việt Nam. Công trình thủy lợi và các quy định chủ yếu về thiết kế (TCVN 5060 – 90).
- [7]. Cẩm nang thủy công, Bộ Thủy lợi.
- [8]. Tính toán thủy lực kinh tế kỹ thuật các kênh (tài liệu dịch của Liên Xô).

[9]. Giáo trình thủy lực.

[10]. Tiêu chuẩn thiết kế hệ số tiêu cho ruộng lúa của Bộ Thủy lợi (14 TCN 60 – 88).

