

# TÍNH TOÁN XÓI LỎ LÒNG SÔNG DO ẢNH HƯỞNG CỦA CẦU

PTS. NGÔ TRỌNG THUẬN

Viên Khí tượng Thùy văn

Trong công cuộc xây dựng và phát triển kinh tế, giao thông vận tải đóng vai trò cực kỳ quan trọng.

Như chúng ta đã biết, nước ta có hàng nghìn con sông lớn nhỏ. Mật độ sông suối trung bình khoảng  $1.5 \text{ km/km}^2$ . Ở đồng bằng Bắc Bộ và Nam Bộ, mật độ sông suối có thể lên đến  $4 \text{ km/km}^2$ .

Hệ thống sông suối dày, rất thuận tiện cho việc cấp cung nhu thoát nước, nhưng lại là một trở ngại lớn đối với việc xây dựng hệ thống đường giao thông sắt, bộ.

Để tạo điều kiện cho việc vượt sông trong giai đoạn mới, với sự phát triển của nền kinh tế thị trường mà thời gian là yếu tố có vị trí đặc biệt quan trọng, thì xây dựng cầu hâu như là một biện pháp duy nhất đạt hiệu quả cao.

Khi xây dựng cầu, với sự xuất hiện của hai mố cầu và hàng loạt trụ cầu (tùy theo độ rộng của lòng sông) và các biện pháp bảo vệ mố cầu, gây nên sự co hẹp mặt cát ngang lòng sông. Sự co hẹp này làm cho lưu lượng đơn vị qua mặt cát tuyển cầu tăng lên. Đồng thời, do sức cản của các trụ cầu mực nước ở thượng lưu cầu dâng lên và xuất hiện dòng xoáy xung quanh trụ cầu và hai đầu mố cầu.

Những thay đổi trên của chế độ thủy lực dẫn đến sự hình thành hai loại xói:

Xói chung (xói phổ biến) đáy sông giữa các trụ cầu và mố cầu do sự tăng lên của lưu lượng đơn vị gây ra.

- Xói cục bộ đáy sông quanh trụ và mố do sự thay đổi cục bộ kết cấu dòng chảy xuất phát từ dòng chảy bao quanh trụ và mố gây ra.

Xói cục bộ phát triển trên nền xói chung. Cơ chế xói cục bộ như sau: khi dòng chảy xô vào trụ cầu, động năng dòng chảy biến thành thế năng, mực nước thượng lưu dâng lên. Dưới tác dụng tăng lên cục bộ của áp lực dòng chảy, các phần tử nước bị dồn xuống đáy, gây nên xói lở đáy. Khi hố xói cục bộ tăng, năng lượng của dòng chảy ở đáy hố (thường có dạng phễu) giảm yếu dần, cho đến lúc không còn đủ sức khởi động hạt cát trong hố. Lúc đó xói cục bộ dừng lại [1.2].

Khi thiết kế cầu, cần phải tính đến những thay đổi trên để có phương án xử lý thích hợp, nhằm bảo đảm an toàn cho cầu trong mọi tình huống. Ở đây chỉ giới thiệu việc tính toán độ sâu của xói chung và xói cục bộ.

## 1. Tính toán độ sâu xói chung

Có nhiều phương pháp tính độ sâu xói chung. Dưới đây trình bày hai phương pháp được xem là có cơ sở và thường được sử dụng nhất.

### 1.1. Phương pháp Litstvan và Kherkheulze (còn gọi là phương pháp theo kích thước hât) 3.1

Xuất phát từ việc thiết lập công thức tính tốc độ của dòng chảy sau khi hoàn thành xói chung, các tác giả thiết lập công thức tính độ sâu mực nước tại điểm tính toán ( $h_{ch}$ ) sau khi quá trình xói chung kết thúc như sau:

$$h_{ch} = \left( \frac{\alpha \cdot h_i^{53}}{a \beta^{23}} \right)^{\frac{1}{1+x}} \quad (1)$$

Trong đó:  $h_i$ : độ sâu mực nước tại điểm tính trước khi có cầu,

$$\alpha = \frac{Q_{p,i}}{h^{53} \cdot L_c}$$

với  $Q_{p,i}$ : lưu lượng tương ứng với tần suất thiết kế p%.

$h$ : độ sâu trung bình tại tuyến xây cầu

$L_c$ : chiều dài cầu

$a = 0,68 \cdot d^{0,28}$

với  $d$ : đường kính hât lớp đất mà quá trình xói tới (mm).

$\beta$ : hệ số tốc độ, được xác định theo bảng tương ứng với tần suất thiết kế cầu.

$x$ : hệ số triết giảm xói cũng được tra theo bảng, phụ thuộc vào  $d$ .

Như vậy, độ lớn của xói chung  $\Delta h_{ch}$  là:

$$\Delta h_{ch} = h_{ch} - h_i \quad (2)$$

Trong trường hợp lòng sông có hình dạng phức tạp, cần phải chia thành bộ phận bãi và bộ phận dòng chính. Việc tính toán được thực hiện riêng rẽ cho từng bộ phận theo sự phân bố của lưu lượng trên mặt cắt tuyến cầu và các độ sâu trung bình từng bộ phận khác nhau.

### 1.2 Phương pháp căn bằng giới hạn lượng bùn cát của Andreev 3.2

Thông qua việc thiết lập công thức tính lượng bùn cát, Andreev đề xuất công thức tính độ sâu xói chung  $h_{ch}$  sau khi quá trình xói kết thúc:

$$h_{ch} = h_i \left( \frac{Q_s}{Q_t} \right)^{80} \left( \frac{B_t}{B_s} \right)^{23} \quad (3)$$

trong đó  $Q_s, Q_t$ : lưu lượng nước ứng với tần suất thiết kế sau và trước khi có cầu.

$B_s, B_t$ : độ rộng lòng sông sau và trước khi có cầu.

Đặt  $\beta = \frac{Q_s}{Q_t}$  là hệ số tăng của lưu lượng nước khi có cầu so với điều kiện tự nhiên, sẽ có:

$$h_{ch} = h_i \cdot \beta^{\frac{1}{23}} \left( \frac{B_t}{B_s} \right)^{23} \quad (4)$$

Về mặt lý thuyết, phương pháp này được xem là hợp lý nhất. Tuy vậy, việc sử dụng có khó khăn vì phải xác định hệ số  $\beta$ , nghĩa là phải xác định được đúng giá trị lưu

lượng  $Q_s$  khi có cầu.

Độ lớn của xói chung cũng xác định theo (2).

## 2. Tính toán độ sâu xói cục bộ

Cũng có rất nhiều công thức tính độ sâu xói cục bộ, khác nhau về cấu trúc. Dưới đây, giới thiệu một vài công thức tiêu biểu.

### 2.1. Công thức Latisenkov

$$\Delta h_{cb} = 0,052 K\xi \cdot v \sqrt{\frac{b}{v_0}} \quad (5)$$

trong đó  $\Delta h_{cb}$ : độ sâu lớn nhất sau khi quá trình xói cục bộ kết thúc,

$K\xi$ : hệ số phụ thuộc hình dạng trụ cầu (tra bảng). Thường có ba dạng trụ cầu chính là: dạng cung tròn, chữ nhật và hình đầu đạn. Về mặt thủy lực, dạng hình đầu đạn có lợi nhất, nhưng không thuận tiện về mặt thi công. Do đó, dạng cung tròn là phổ biến hơn cả.

v: tốc độ dòng chảy ứng với lưu lượng thiết kế (m/s).

b: độ rộng trụ cầu (m).

$v_0$ : tốc độ khởi động của hạt đáy sông trong phạm vi hoạt động của xói cục bộ (m/s), được xác định theo công thức:

$$v_0 = a \sqrt{g \cdot d_{90} \cdot \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma'} \left( \frac{h}{d_{90}} \right)^m} \quad (6)$$

với a: hệ số phản ánh ảnh hưởng của số Rây-nôn và kích thước hạt đáy sông (tra bảng),

g: gia tốc trọng lực ( $m/s^2$ ),

$\gamma_s, \gamma$ : trọng lượng riêng của hạt đáy sông và nước,

h: độ sâu tính toán tại trụ kề cá độ sâu sau khi quá trình xói chung kết thúc (m),

$d_{90}$ : kích thước hạt đáy sông ứng với  $p = 90\%$ ,

m: số mũ, nằm trong khoảng  $\frac{1}{6} \dots \frac{1}{5}$ . Thông thường chọn  $m = \frac{1}{6}$ .

Cũng có thể thay tốc độ v trong (5) bằng tốc độ đáy  $v_d$ . Quan hệ giữa v và  $v_d$  như sau [2]:

$$v_d = \frac{n+1}{n} \cdot v \cdot \left( \frac{h}{d} \right)^{\frac{1}{n}} \quad (7)$$

trong đó: d: đường kính hạt đáy (mm),

n: số mũ, thường chọn  $n = 4$ .

### 2.2. Công thức của trường Đại học xây dựng Hà Nội [3]

Khi tốc độ dòng chảy v nhỏ hơn tốc độ cho phép không xói  $v_{ox}$  của hạt đáy sông:

$$h_{cb} = 0,97 \cdot b^{0,83} \cdot h^{0,17} \left( \frac{v}{v_{ox}} \right)^{1,04} \quad (8)$$

Khi tốc độ dòng chảy v lớn hơn tốc độ cho phép không xói  $v_{ox}$  của hạt đáy sông:

$$h_{cb} = 0,52 K_d b^{0.88} h^{0.12} \left( \frac{v}{v_{ox}} \right)^{1.16} \quad (9)$$

với

- $h_{cb}$  : độ sâu mực nước tại trụ sau khi xối cục bộ kết thúc.
- $h$  : độ sâu mực nước tại trụ (kể cả độ sâu xói chung) trước khi xối cục bộ.
- $b$  : độ rộng trụ cầu.
- $K_d$  : hệ số xét đến ảnh hưởng của hình dạng trụ cầu.

$$K_d = 0,1 K_\xi$$

$$v_{ox} = \left[ \frac{v_{od}}{d^{1/6}} \right] \cdot h^{1/6} \quad (10)$$

trong đó  $v_{od}$  : tốc độ đáy cho phép không xối của hạt đáy sông (tra bảng).

$d$  : kích thước hạt đáy sông.

### 2.3. Một số công thức khác

- Công thức Nein

$$h_{cb} = K_d \cdot b \quad (11)$$

- Công thức Lara

$$h_{cb} = 3,33 K_d \cdot b^{0.75} \quad (12)$$

- Công thức Laursen

$$h_{cb} = 1,5 K_d \cdot b \left( \frac{h}{b} \right)^{0.35} \quad (13)$$

- Công thức Jaratslasev

$$\Delta h_{cb} = K_\xi \cdot K_v \left( K_{II} + t \right) \frac{v^2}{2g} - 30d$$

với  $K_v$  : hệ số phụ thuộc chiều rộng trụ cầu và tốc độ nước chảy tới trụ (tra bảng).

$K_{II}$  : hệ số phụ thuộc độ sâu dòng chảy và tỷ số h/b (tra bảng).

$t$  : hệ số đặc trưng cho đặc điểm lòng sông.

Các ký hiệu khác như đã mô tả trong các công thức trên.

Nhìn chung, hầu hết các công thức đều là kinh nghiệm và mang tính địa phương.

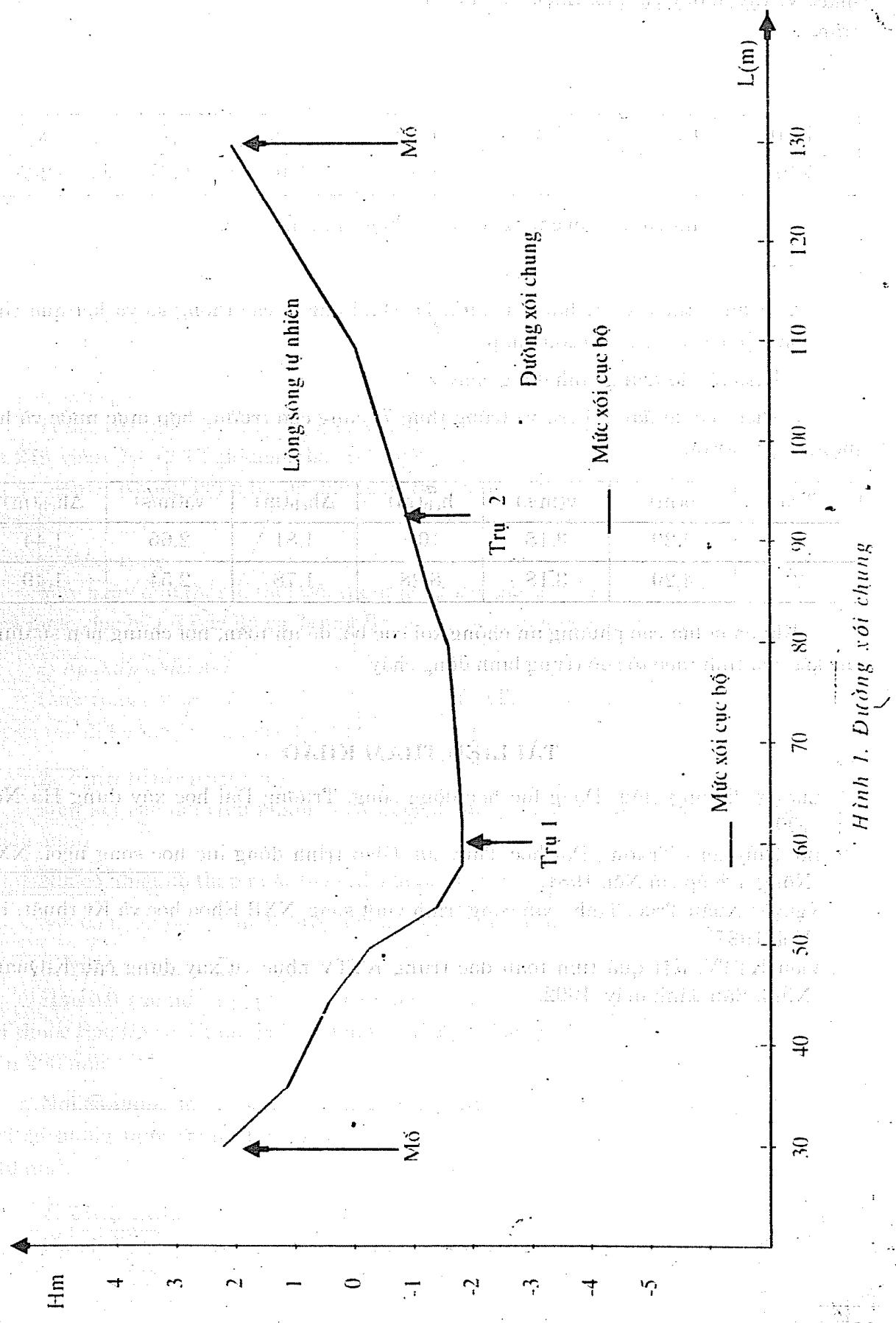
Chúng chỉ cho phép tính độ sâu lớn nhất do xối cục bộ gây ra mà không cho phép tính quá trình xói.

Khi sử dụng các công thức này, cần so sánh các kết quả nhận được để chọn kết quả thích hợp.

## 3. Tính toán độ sâu xói chung và xói cục bộ phục vụ thiết kế cầu K tại Quảng Ninh [4].

### 3.1 Tính toán độ sâu xói chung

Phản tính toán thủy văn cầu đã cho các giá trị mực nước, lưu lượng, tốc độ và các đặc trưng hình học của mặt cắt tuyến cầu, tương ứng với các tần suất thiết kế khác



Hình 1. Đường xói chung

nhau. Ứng với mực nước, lưu lượng thiết kế đạt ngưỡng tràn cho độ sâu xói chung lớn nhất. Vì vậy, ở đây chỉ giới thiệu kết quả tính theo công thức (1) khi bắt đầu xuất hiện tràn.

Các đặc trưng tính toán như sau:

H(m)	Q( $m^3/s$ )	B(m)	h(m)	d(mm)	$\beta$	x
5,40	1830	350	1,94	350	0,77	0,235

Kết quả tính độ sâu xói chung được thể hiện trên hình (1).

### 3.2. Tính toán độ sâu xói cục bộ

Cầu được thiết kế có hai trụ (hình 1). Dưới đây là các thông số và kết quả tính theo công thức (5) cho hai trường hợp:

- Theo tốc độ trung bình dòng chảy v
- Theo tốc độ đáy tại trụ v<sub>d</sub> (công thức 7) cũng cho trường hợp mực nước và lưu lượng ở mức tràn.

Trụ	b(m)	v(m/s)	h <sub>cb</sub> (m)	$\Delta h_{cb}$ (m)	v <sub>d</sub> (m/s)	$\Delta h_{cb}$ (m)
1	4,20	3,18	10,1	1,81	2,66	1,44
2	4,20	3,18	8,28	1,78	2,54	1,49

Khi chọn lựa các phương án chống xói cục bộ, để an toàn, nói chung nên sử dụng các kết quả tính theo tốc độ trung bình dòng chảy.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Lương Phương Hậu. Động lực học dòng sông. Trường Đại học xây dựng Hà Nội, 1992.
2. Bộ Thủy lợi - Trường Đại học Thủy lợi. Giáo trình động lực học sông ngòi. NXB Nông nghiệp Hà Nội, 1981.
3. Nguyễn Xuân Trục. Tính toán công trình vượt sông. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1987.
4. Viện KTTV. Kết quả tính toán đặc trưng KTTV phục vụ xây dựng cầu K-Quảng Ninh. Bản đánh máy, 1992.