

BÀI GIẢNG MÔN HỌC

BỒI DƯỠNG NGHIỆP VỤ KHẢO SÁT, TÍNH TOÁN THỦY VĂN – THỦY LỰC CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG

Giảng viên: **Nguyễn Đăng Phóng**

Đơn vị: **Bộ môn Thủy lực Thủy văn,
trường ĐH Giao thông Vận tải**

Mục tiêu môn học: Nhằm trang bị các kiến thức từ tổng quan đến chi tiết về công tác khảo sát, tính toán thủy lực, thủy văn cũng như việc dự báo thủy lực, thủy văn công trình giao thông. Ngoài ra, còn hướng dẫn phương pháp tính xói chung, xói cục bộ dưới cầu trong khảo sát thủy lực, thủy văn công trình.

Đối tượng học: Các kỹ sư, cán bộ kỹ thuật làm việc trong các Công ty Khảo sát Thiết kế Tư vấn giao thông, các cán bộ quản lý công trình giao thông; các sinh viên ngành Xây dựng công trình sau khi đã học xong các môn học Thủy văn công trình.

Bài 1:

TỔNG QUAN VỀ CÔNG TÁC KHẢO SÁT, TÍNH TOÁN THỦY LỰC, THỦY VĂN CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG.

I. Nội dung công tác khảo sát đường ô tô:

- Khảo sát tuyến.
- **Khảo sát thủy văn.**
- Khảo sát địa chất công trình.
- Điều tra kinh tế - xã hội.
- Khảo sát môi trường.

II. Nội dung công tác khảo sát thủy văn đường ô tô:

Thiết kế các công trình cầu, đường được thành lập trên cơ sở kết hợp kết quả của công tác đo đạc, địa chất, thủy văn. Tập hợp toàn bộ các công việc trên gọi là khảo sát đường ô tô.

Danh mục và khối lượng tài liệu khu vực xây dựng cần phải tập hợp trong thời gian khảo sát được xác định bằng nội dung của đồ án xây dựng.

Trong thiết kế phải xác định tất cả các kích thước cơ bản của công trình vượt sông, đảm bảo sức chịu đựng của công trình dưới tác dụng phá hoại của dòng chảy, không hạn chế việc sử dụng bình thường dòng nước vào các mục đích kinh tế khác (thông thuyền, cấp nước, cung cấp năng lượng, ...), đồng thời đảm bảo chi phí nhỏ nhất cho công trình vượt sông.

Để cho việc lựa chọn vị trí vượt sông có cơ sở phải thu thập hay biên soạn bản đồ địa hình đầy đủ trên cơ sở đo đạc và những hiểu biết chung về lũ ở nơi lựa chọn PA vượt sông.

Để xác định các kích thước cơ bản của công trình, cần phải tính thủy lực và tính lòng sông một cách chi tiết trên cơ sở có số liệu đầy đủ và chính xác đặc trưng của sông (chiều sâu, chiều rộng mặt cắt ngang sông, các chỉ tiêu về diễn biến lòng sông, dao động mực nước và lưu lượng).

Căn cứ vào các nhiệm vụ trên sẽ được giải quyết trong qua trình thiết kế, lúc khảo sát phải làm các công việc sau:

- Đo vẽ địa hình, vạch tuyến, đo vẽ bình đồ, đo vẽ mặt cắt.
- Điều tra thủy văn: thu thập các số liệu đặc trưng cho chế độ dòng chảy, điều tra hình thái thung lũng đoạn sông.
- Công tác đo đạc thủy văn: đo vẽ bình đồ đáy sông, xác định tốc độ dòng chảy, lưu lượng nước, các đặc trưng diễn biến dòng sông.
- Nghiên cứu địa chất công trình: thành lập mặt cắt địa chất, điều tra đất đá, nghiên cứu địa chất thủy văn, điều tra VLXD, ...
- Các công tác khác: mối quan hệ tương hỗ của công trình với các công trình khác trên sông, quy định về thông thuyền, ...

III. Các tài liệu khí tượng thủy văn:

1. Các nguồn tài liệu thủy văn sẵn có (ở các trạm KTTV hay Tổng cục KTTV):

- Tài liệu đo đạc thủy văn do Tổng cục KTTV chỉnh biên và đã xuất bản dưới hình thức niên giám và sổ đặc trưng.
- Tài liệu KTTV của các trạm riêng trên khu vực xây dựng:
 - + Lưu lượng lớn nhất hàng năm.
 - + Quan hệ Lưu lượng ~ Mực nước.
 - + Quan hệ Lưu lượng ~ Lưu tốc.
 - + Lượng mưa ngày lớn nhất hàng năm.
- Tài liệu điều tra khảo sát thủy văn vùng công trình.
- Đặc điểm KTTV (nhiệt độ, độ ẩm, gió) các tỉnh, TP trong cả nước.

2. Các tài liệu cần thu thập tại khu vực xây dựng:

a) Điều tra mực nước:

Trong GD khảo sát, công tác điều tra mực nước phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Dọc theo sông, mực nước điều tra ở các địa điểm rải đều cả hai bờ.
- Đối với các vị trí cống, phải điều tra ít nhất một điểm tại vị trí dự định làm cống.
- Tại mỗi điểm, phải điều tra được 3 trận lũ lớn nhất đã xảy ra trong lịch sử, mực nước lũ bình quân và mực nước lũ nhỏ nhất.
- Đối với từng trận lũ phải phân tích tính chính xác và ghi đầy đủ về năm tháng xuất hiện, những hiện tượng quan trọng xảy ra khi có lũ.
- Vị trí các mực nước lũ phải được đánh dấu bằng sơn, ghi rõ năm phát sinh và có sơ họa.

Điều tra mực nước được tiến hành theo 3 phương pháp:

- Điều tra và sưu tầm tại các cơ quan địa phương như: trạm bơm, đơn vị quản lý đường, bến phà, bến cảng, ...
- Phỏng vấn nhân dân địa phương sống lâu năm.
- Dựa vào các vết lũ còn lưu lại ở các địa hình.

b) Đo đạc hình thái:

- Lập bình đồ hình thái:

+ Tỷ lệ bình đồ:

Chiều rộng sông suối (m)	Tỷ lệ
< 50	1:500
50 – 200	1:1000
200 – 500	1:2000
> 500	1:5000

+ Phạm vi đo vẽ: đo về thượng lưu 1.5 chiều rộng sông khi ngập tràn và đo về hạ lưu 0.75 chiều rộng sông khi mực nước cao hơn nước lũ cao nhất 1 - 2 m.

+ Yêu cầu đo vẽ: trên bình đồ hình thái phải thể hiện:

- Vị trí các mực nước điều tra.
- Đường bao các khu dân cư, cơ quan, đồng ruộng, ...
- Đường bờ sông, đê, đường mép nước hai bên và đường đáy sông.
- Vị trí tim công trình.

- *Đo mặt cắt hình thái:*

+ Vị trí mặt cắt hình thái:

- Mặt cắt hình thái phải nằm trên đoạn sông thẳng, vuông góc với dòng chảy và trong phạm vi có mực nước điều tra.
- Hình dạng mặt cắt tốt nhất nên chọn là mặt cắt dạng parabol hay chữ V, không phải là khu vực nước tù và khống chế toàn bộ dòng chảy khi có lũ lớn nhất.
- Mặt cắt ổn định, không có hiện tượng xói bồi và sụt lở bờ sông.

+ Số lượng mặt cắt hình thái: ít nhất là 3 mặt cắt.

+ Yêu cầu đo vẽ: Phản ánh đúng địa hình tuyến đo.

- *Đo mặt cắt dọc sông suối:*

c) Điều tra tình trạng bề mặt lưu vực:

- Thăm sát bề mặt lưu vực: xem xét mức độ che phủ trên bề mặt lưu vực, loại lưu vực, tình hình ao hồ đầm lầy trên lưu vực, ... để từ đó quyết định lựa chọn hệ số dòng chảy, hệ số nhám bề mặt lưu vực, hệ số triết giảm lưu lượng trên lưu vực cho phù hợp.
- Quan sát tình trạng lòng sông để xác định phân lòng sông, bãi sông phù hợp, đồng thời là cơ sở để xác định hệ số nhám lòng sông.

3. Các tài liệu khác:

- Bản đồ địa hình có tỷ lệ lớn (1/10.000, 1/25.000, 1/50.000 hay 1/100.000). Trên bản đồ này phải có các vị trí công trình để khoanh lưu vực.

IV. Hệ thống văn bản liên quan đến công tác KSTTLTV.

- Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ 22TCN220 – 95.
- Quy trình thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn 22TCN18 - 79.
- Đường ô tô - Yêu cầu thiết kế TCVN4054 - 1998, 2005.
- Tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô 22TCN273 – 2001, 2005.
- Sổ tay tính toán thủy văn, thủy lực cầu đường – Bộ GTVT - 2006.
- Quy trình khảo sát đường ô tô 22TCN263 – 2000.

Bài 2:

HỒ SƠ KHẢO SÁT, TÍNH TOÁN THỦY VĂN, THỦY LỰC Ở CÁC CÔNG TRÌNH GIAO THÔNG

PHẦN I: THUYẾT MINH

I. GIỚI THIỆU CHUNG

II. ĐẶC ĐIỂM THỦY VĂN LƯU VỰC

III. PHÂN TÍCH TÍNH TOÁN THỦY VĂN, THỦY LỰC

IV. PHÂN TÍCH THỦY LỰC CẦU

V. PHÂN TÍCH THỦY LỰC CỐNG

VI. PHÂN TÍCH THỦY LỰC CÁC CÔNG TRÌNH KHÁC

PHẦN II: KẾT QUẢ TÍNH TOÁN

1. Kết quả tính toán thủy văn
2. Kết quả tính toán thủy lực cầu
3. Kết quả tính toán thủy lực cống

PHỤ LỤC

Phụ lục 1: Số liệu mưa và xây dựng đường tần suất mưa tại trạm X, tỉnh Y

Phụ lục 2: Tính toán thủy văn, thủy lực cầu

Phụ lục 3: Tính toán thủy văn, thủy lực cống thoát nước

Phụ lục 4: Biểu điều tra mực nước

Phụ lục 5: Bản đồ khoanh lưu vực

Bài 3:

PHƯƠNG PHÁP THỐNG KÊ XÁC SUẤT TRONG THỦY VĂN

I. Cơ sở của phương pháp:

Phương pháp TKXS dựa vào đặc điểm của các hiện tượng thủy văn là có tính ngẫu nhiên và tính chu kỳ tương đối. Xuất phát từ tính ngẫu nhiên của các hiện tượng thủy văn, người ta đã áp dụng một số khái niệm và phương pháp trong lý thuyết thống kê xác suất để tìm ra quy luật thống kê của các đặc trưng thủy văn, xác định trị số thiết kế cho các công trình.

II. Đường tần suất:

1. Tần suất và tần suất tích lũy:

Tần suất: tần suất xuất hiện của biến cố A là tỷ số giữa số lần xuất hiện của biến cố A với tổng số lần thực nghiệm (số năm đo đạc).

$$p = f/n$$

f - số lần xuất hiện của biến cố A trong n lần thực nghiệm (số năm đo đạc).

Tần suất tích lũy: là tỷ số giữa tổng số lần xuất hiện của biến cố có trị số lớn hơn hay bằng biến cố A với tổng số lần thực nghiệm (số năm đo đạc).

2. Đường tần suất:

Đường cong biểu diễn mối quan hệ giữa biến cố và tần suất của nó gọi là đường mật độ tần suất. Còn biểu diễn mối quan hệ giữa biến cố với tần suất tích lũy gọi là đường tần suất tích lũy (thường gọi là **đường tần suất**).

Đường tần suất xây dựng từ các số liệu đo đạc gọi là đường tần suất kinh nghiệm. Từ đường tần suất kinh nghiệm, chọn một hàm toán xác suất để xây dựng sẽ được đường tần suất

lý luận. Hai đường tần suất này phải vẽ trên cùng một hệ trục tọa độ, và được coi là phù hợp với nhau khi hai đường này sát nhau.

3. Cách xây dựng đường tần suất:

Để tính đường tần suất lý luận có nhiều phương pháp tính khác nhau như:

- Phương pháp mô men.
- Phương pháp thích hợp dần.
- Phương pháp tích hợp tối đa.
- Phương pháp vẽ đường đặc điểm mômen
- Phương pháp 3 điểm Alekseyev.
- Phương pháp uốn thẳng.
- Phương pháp giản hoá 3 điểm.

III. Giới thiệu chương trình tính và vẽ đường tần suất:

Bài 4:

TÍNH LƯU LƯỢNG THIẾT KẾ THEO PHƯƠNG PHÁP HÌNH THÁI LƯU VỰC

Hiện nay ở nước ta bên cạnh các công thức của nước ngoài được ứng dụng để tính toán như các công thức của Bônđakốp, Alếchxêép, Xôkôlốpski, công thức của Viện nghiên cứu thủy lợi Bắc Kinh. Một số tác giả trong nước cũng đã đưa ra công thức tính toán mới hoặc dựa theo các công thức của nước ngoài nhưng các thông số xác định theo tài liệu trong nước: Tổng Công ty Tư vấn thiết kế Giao thông vận tải, Cục Thủy lợi, Trường Đại học Thủy lợi, Đại học Xây dựng...

Để tính lưu lượng đỉnh lũ thiết kế, tùy theo diện tích lưu vực mà sử dụng một trong các công thức sau để tính toán:

I. Với lưu vực nhỏ:

Đối với lưu vực có diện tích nhỏ hơn 100km² áp dụng công thức **Công thức cường độ giới hạn** (Tiêu chuẩn 22 TCN 220-95).

$$Q_p = A_p \times \varphi \times H_p \times F \times \delta$$

trong đó:

Q_p : lưu lượng đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế P%, m³/s.

H_p : lượng mưa ngày lớn nhất ứng với tần suất thiết kế P% của trạm đại biểu cho lưu vực tính toán, mm (Trong tính toán cần cập nhật chuỗi số liệu mưa của trạm đại biểu đến thời điểm tính)

φ : hệ số dòng chảy lũ, tùy thuộc vào loại đất cấu tạo nên lưu vực, lượng mưa ngày thiết kế (H_p) và diện tích lưu vực (F);

A_p : mô đun dòng chảy đỉnh lũ ứng với tần suất thiết kế tùy thuộc vào đặc trưng địa mạo thủy văn của lòng sông ϕ_{ls} , thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc τ_{sd} và vùng mưa;

δ : hệ số xét tới ảnh hưởng làm giảm nhỏ lưu lượng đỉnh lũ do ao hồ;

F: diện tích lưu vực, km²;

VD1:

II. Với lưu vực vừa:

Đối với lưu vực có diện tích lớn hơn 100km² có thể sử dụng công thức triết giảm, công thức Xôkôlôpxki.

Công thức Xôkôlôpxki.

$$Q_P = \frac{0,278(H_T - H_0)}{t_l} \cdot \alpha \cdot f \cdot F \cdot \delta + Q_{ng}$$

trong đó:

F: diện tích lưu vực, km²;

α : hệ số dòng chảy xem bảng sau:

Bảng tra α , H_0

Khu	Địa danh	α	H_0 (mm)
1	Lưu vực sông Nậm Rốn và thượng nguồn sông Mã	0,65	20
2	Lưu vực sông Đà, sông Thao	0,81	22
3	Các lưu vực thượng nguồn sông Lô, sông Chảy	0,82	20
4	Sông Gâm, hạ lưu sông Lô, sông Phó Đáy	0,66	26
5	Lưu vực sông Cầu, sông Thương, sông Trung, sông Bằng Giang, Bắc Giang.	0,77	22
6	Lưu vực sông Kỳ Cùng, sông Lục Nam	0,86	19
7	Lưu vực các sông Quảng Ninh	0,89	15
8	Lưu vực các sông từ sông Chu - sông Hương	0,92	21
9	Lưu vực các sông từ Thu Bồn - sông Cái	0,86	16
10	Lưu vực các sông Sê San và sông Srêpôk	0,76	21
11	Lưu vực các sông Đồng Nai, sông Bé	0,64	25

H_T : lượng mưa thời đoạn tính toán ứng với thời gian tập trung dòng chảy, mm;

H_0 : lớp nước mưa tổn thất ban đầu, mm (xác định theo bảng trên);

f: hệ số hình dạng lũ, ở sông không có bãi f=1,20; sông có bãi thoát được dưới 25% Q thì f=1,0; sông có bãi thoát được trên 50% Q thì f=0,75; ngoài ra có thể tham khảo [bản đồ phân khu f](#)

Q_{ng} : lưu lượng nước trong sông trước khi có lũ, có thể lấy bằng lưu lượng nước bình quân nhiều năm đối với lưu vực lớn, hoặc có thể bỏ qua đối với lưu vực nhỏ;

t_l : thời gian lũ lên, theo đề nghị của Xôkôlôpxki lấy bằng thời gian tập trung dòng chảy trong sông. Khi không có tài liệu mưa và dòng chảy thì có thể tính theo công thức:

$$t_l = \frac{K_n \cdot L}{3,6v_{tb}} (h)$$

trong đó:

L: chiều dài dòng chính tính từ nguồn tới mặt cắt tính toán, km;

K_n : hệ số, đối với mưa rào ngắn $K_n = 1,0$; đối với mưa có thời gian lớn hơn ngày đêm $K_n = 1,3 \div 1,6$;

v_{tb} : vận tốc trung bình dòng chảy trong thời gian lũ lên, lấy bằng (0,6 - 0,7) vận tốc bình quân lớn nhất ở mặt cắt sông tính toán (\bar{v}_{max}) xác định theo tài liệu quan trắc ở lưu vực tương tự, m/s;

H_T : lượng mưa thiết kế tính theo thời gian tập trung dòng chảy τ ($\tau = 60 \cdot t_l$, phút):

$$H_T = H_\tau = \Psi_\tau H_{np}$$

Ψ_τ : toạ độ đường cong triết giảm mưa ứng với thời gian mưa thiết kế lấy bằng τ , xem phụ lục 4-11;

H_{np} : lượng mưa ngày ứng với tần suất thiết kế P .

Đối với lưu vực vừa và lớn cần xét triết giảm của lượng mưa theo diện tích.

$$H'_T = \frac{H_T}{1 + K_T F^m} \quad (\text{mm})$$

K_T và m xác định theo T

$$T \leq 1440 \text{ ph} \quad \Rightarrow \quad K_T = 0,001 \text{ và } m = 0,80$$

$$T > 1440 \text{ ph} \quad \Rightarrow \quad K_T = 0,002 \text{ và } m = 0,60$$

$$F \leq 100 \text{ km}^2 \quad \Rightarrow \quad H'_T = H_T$$

δ : hệ số triết giảm đỉnh lũ do hồ ao đầm lầy, rừng;

[VD2:](#)

Bài 5:

XÂY DỰNG QUAN HỆ LƯU LƯỢNG VÀ MỰC NƯỚC

Xây dựng quan hệ lưu lượng và mực nước $Q \sim H$ ứng với các cấp mực nước tại các mặt cắt thủy văn theo công thức Sêdi – Maninh và từ quan hệ $Q \sim H$ xác định mực nước thiết kế:

$$Q = \omega \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

trong đó:

R : bán kính thủy lực, $R = \omega/P$

ω : diện tích mặt cắt ngang.

P : chu vi ướt.

n : hệ số nhám.

i : độ dốc mặt nước sông ứng với cấp mực nước tính toán.

[VD:](#)

Bài 6:

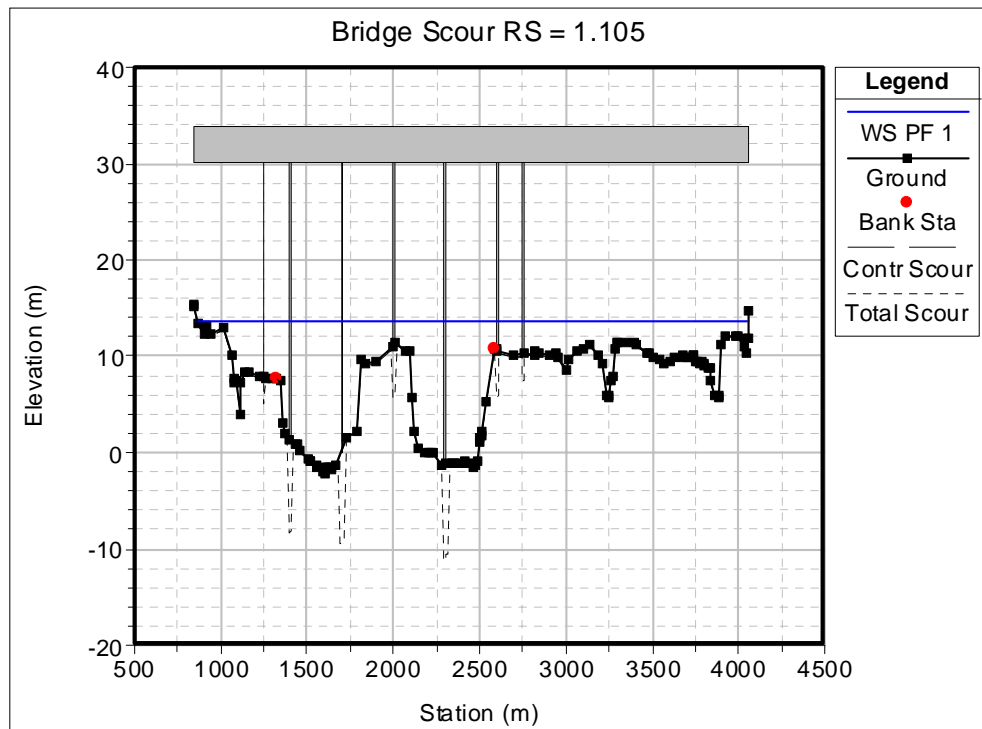
KHÁI NIỆM VỀ XÓI DƯỚI CẦU VÀ KHẨU ĐỘ CẦU

I. Khái niệm

Đối với cầu vượt sông, xói toàn diện dưới cầu thường bao gồm ba loại cơ bản:

- Xói tự nhiên: do sự biến dạng (xói và bồi) tự nhiên của lòng sông, không phụ thuộc vào sự có mặt của công trình trên sông mà phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như chế độ thủy văn, điều kiện địa chất, sự khai thác nguồn nước v.v...;
- Xói chung: do dòng chảy trên sông bị cầu thu hẹp (hiện nay có nhiều tài liệu thường gọi là “xói thu hẹp”; để thống nhất tên, sau đây vẫn gọi là “xói chung” như đã dùng);
- Xói cục bộ: do trụ và móng cầu cản dòng nước, xảy ra ở sát chân công trình, hố xói có dạng hẹp và sâu.

Nếu ba loại xói này xảy ra đồng thời tại một nơi, thí dụ tại chân trụ cầu thì ảnh hưởng của xói theo nguyên lý cộng tác dụng là tổng số học của ba loại xói thành phần.



II. Xói chung dưới cầu:

Xói chung ở lòng dẫn tự nhiên hoặc ở khu vực cầu có liên quan tới sự chuyển động của vật liệu đáy và bờ sông trên toàn bộ hoặc phần lớn bề rộng sông, là kết quả gia tăng của tốc độ dòng chảy và ứng suất tiếp ở đáy sông.

Sự thu hẹp dòng chảy do nền đường dẫn đầu cầu choán vào bãi hoặc lòng chính là nguyên nhân chủ yếu nhất của xói chung.

Các yếu tố khác có thể gây ra xói chung là: sự thu hẹp dòng chảy tự nhiên; nền đường đắp dẫn vào cầu làm thu hẹp dòng chảy; cỏ, rác chướng ngại dòng chảy; hoặc lớp phủ thực vật mọc trên phần lòng dẫn hoặc bãi sông v.v...

Xói chung xảy ra khi mặt cắt dòng chảy lũ bị thu hẹp do cả hai nguyên nhân: tự nhiên hoặc do cầu. Vì dòng chảy có tính liên tục nên khi giảm nhỏ tiết diện dòng chảy, sẽ làm tăng lưu tốc trung bình và ứng suất tiếp đáy trên đoạn sông bị thu hẹp. Vì thế, khi có sự gia tăng lực đào xói ở khu vực thu hẹp dòng chảy thì sẽ có các vật liệu đáy bị dòng nước mang đi nhiều hơn là được mang từ thượng lưu về. Khi cao độ đáy sông hạ xuống, diện tích thoát nước tăng lên, lưu tốc dòng nước và ứng suất tiếp đáy sẽ giảm đi cho đến khi đạt được sự cân bằng tương đối: lượng vật liệu đáy được dòng nước mang đến tương đương với lượng vật liệu đáy bị dòng nước mang đi; hoặc ứng suất cắt đáy được giảm đi tới trị số mà ở đó không có vật liệu đáy bị dòng nước mang đi.

Có hai dạng đối với xói chung và xói cục bộ là xói nước trong và xói nước đục.

Xói nước trong xảy ra khi không có chuyển động bùn cát đáy trong dòng chảy thượng lưu cầu hoặc vật liệu đáy được vận chuyển từ thượng lưu về ở dạng lơ lửng ít hơn khả năng mang bùn cát của dòng chảy. ở trụ hoặc mố, sự gia tăng dòng chảy và các xoáy được tạo ra do sự choán chỗ làm cho vật liệu đáy xung quanh chúng chuyển động.

Các tình trạng xói nước trong điển hình bao gồm: sông, suối có vật liệu đáy ở dạng thô; sông, suối có độ dốc bằng phẳng trong quá trình dòng chảy ở mực nước thấp; có sự lắng đọng cục bộ của vật liệu đáy lớn hơn những phần tử lớn nhất mà dòng nước có thể vận

chuyển đi (đá đổ là trường hợp đặc biệt của tình trạng này); đáy sông, suối được cấu tạo bằng lớp vật liệu thô; các lòng dẫn hoặc khu vực bờ sông, suối có thực vật che phủ.

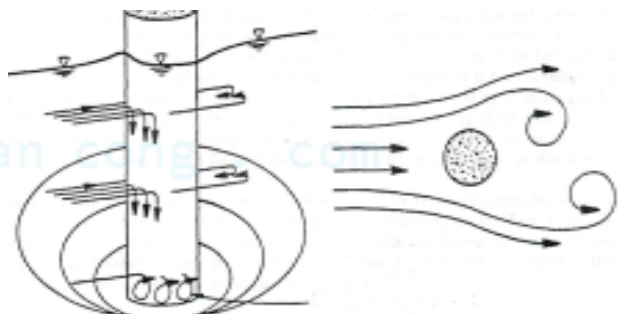
Xói nước đục xảy ra khi có vận chuyển vật liệu đáy từ đoạn sông ở thượng lưu về khu vực cầu.

Trong quá trình xảy ra lũ, các cầu vượt qua dòng sông có vật liệu đáy thô thường có: xói nước trong ở lưu lượng thấp, xói nước đục ở lưu lượng cao, và sau đó xói nước trong ứng với lưu lượng thấp hơn trong giai đoạn nước rút. Xói nước trong đạt tới giá trị cực đại của nó qua thời kỳ dài hơn là xói nước đục. Sở dĩ như vậy là vì xói nước trong phần lớn xảy ra trong dòng chảy có vật liệu thô.

III. Xói cục bộ trụ cầu.

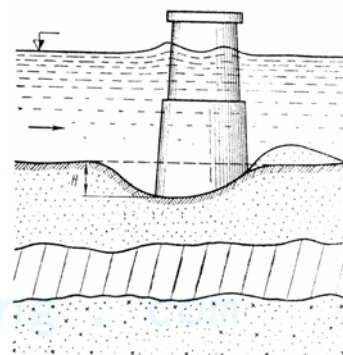
Cơ chế cơ bản gây ra xói cục bộ ở trụ hoặc móng cầu là sự hình thành các xoáy (xoáy nước có hình móng ngựa, còn gọi là “xoáy móng ngựa”) ở móng của chúng. Xoáy móng ngựa được tạo nên do dòng nước phía thượng lưu xô vào mặt cản làm tăng dòng chảy quanh mũi trụ hoặc móng. Hoạt động của xoáy làm di chuyển vật liệu đáy quanh móng móng, trụ. Mức mang bùn cát ra khỏi vùng móng lớn hơn mức mang bùn cát đến, kết quả là một hố xói được hình thành. Khi chiều sâu xói tăng lên, cường độ của xoáy móng ngựa giảm đi làm giảm mức vận chuyển bùn cát.

Cuối cùng, đối với xói cục bộ nước đục, sự cân bằng được thiết lập giữa dòng chảy có mang vật liệu đến và đi và quá trình xói chấm dứt. Đối với xói nước trong, quá trình xói chấm dứt khi ứng suất tiếp đáy gây bởi xoáy móng ngựa tương đương với ứng suất tiếp tới hạn của hạt bùn cát ở đáy hố xói.



Hình 6-1: Sơ đồ về cơ chế xói cục bộ ở chân trụ cầu hình trụ.

Ngoài các xoáy móng ngựa, xung quanh trụ còn có các xoáy thẳng đứng ở hạ lưu trụ được gọi là “xoáy rẽ nước”. Cả hai loại xoáy móng ngựa và xoáy rẽ nước làm chuyển động vật liệu ra khỏi khu vực móng trụ. Tuy nhiên, cường độ của xoáy rẽ nước giảm nhanh khi khoảng cách hạ lưu của trụ tăng. Do vậy ở ngay phía sau của một trụ dài theo hướng chảy, thường có bồi lắng vật liệu như mô tả trên hình 6-2.



Hình 6-2: Sự bồi lắng vật liệu ở hạ lưu chân trụ cầu trong quá trình xói cục bộ

Đối với móng cầu, xói cục bộ xảy ra ở chân móng cầu khi móng choán vào dòng nước. Sự thu hẹp dòng chảy tạo thành các xoáy nước theo phương ngang bắt đầu từ điểm cuối thượng lưu của móng chạy dọc chân đế móng, và một xoáy nước theo phương đứng làm khuấy động ở điểm cuối hạ lưu móng. Xoáy nước ở chân móng rất giống với xoáy móng ngựa ở trụ cầu.

IV. Khẩu độ cầu:

Khẩu độ cầu là bài toán kinh tế - kỹ thuật và xác định bằng cách so sánh nhiều phương án có khẩu độ cầu khác nhau thay đổi trong phạm vi từ chiều dài cầu L_c bằng chiều rộng lòng chủ B_l đến chiều rộng toàn bộ sông ứng với mực nước thiết kế B_0 ($B_l < L_c < B_0$)

Ứng với mỗi phương án khẩu độ cầu, tính toán xói lở tương ứng, chiều cao nước dâng, giá thành đầm, mố, trụ cầu, nền đường đắp qua bãi sông, công trình hướng dòng, công trình chống xói, ... để đưa ra tổng giá thành công trình với mỗi phương án và từ đó lựa chọn ra phương án phù hợp nhất.

Trong giai đoạn nghiên cứu khả thi, thì khẩu độ cầu có thể được xác định qua diện tích thoát nước dưới cầu trước khi xói theo công thức sau:

$$A_{tx} = \frac{Q_{p\%}}{\varepsilon \cdot V_l \cdot [P]}$$

trong đó:

$Q_{p\%}$ - lưu lượng thiết kế ứng với tần suất $p\%$.

ε - hệ số thất hẹp dòng chảy ở hạ lưu cầu.

$[P]$ - hệ số xói chung cho phép.

V_l - lưu tốc trung bình dòng chủ ứng với mực nước tính toán trước khi làm cầu.

Sau khi xác định được A_{tx} chiều dài cầu có thể được xác định theo phương pháp biểu đồ hoặc thử dần.

Bài 7:

TÍNH TOÁN XÓI CHUNG DƯỚI CẦU

I. Phương pháp của Andreev:

1. Xói nước đục:

Thường xảy ra ở lòng sông khi có: $V_l \geq V_{ox}$.

trong đó:

V_l - lưu tốc trung bình ở lòng chủ.

V_{ox} - lưu tốc cho phép không xói của VL đáy sông, có thể xác định theo công thức:

$$V_{ox} = 3,6 \cdot (h \cdot d)^{1/4}.$$

Khi đó chiều sâu trung bình dòng chảy sau xói chung xác định theo công thức:

$$h_{lc} = h_l \left(\frac{B_l}{B_{lc}} \right)^{2/3} \left(\frac{Q_{lc}}{Q_l} \right)^{8/9} = h_l \frac{\beta_l^{8/9}}{P_{blc}^{2/3}}$$

Chiều sâu sau xói tại một vị trí bất kỳ:

$$h_{lci} = h_{li} \cdot P_h.$$

trong đó:

h_l, h_{lc} - chiều sâu trung bình dòng chủ trước và sau xói chung.

h_{li}, h_{lci} - chiều sâu dòng chảy tại một vị trí bất kỳ trước và sau xói chung.

B_l, B_{lc} - chiều rộng dòng chủ trước và sau xói chung.

Q_l, Q_{lc} - lưu lượng dòng chủ trước và sau xói chung.

β_l - hệ số tăng cường lưu lượng ở dòng chủ ($\beta_l = Q_{lc}/Q_l > 1$).

P_b - hệ số xói theo bề rộng ($P_b = B_{lc}/B_l$).

P_h - hệ số xói theo chiều sâu ($P_h = h_{lc}/h_l$).

- Trường hợp sông có bãi và cầu có thu hẹp một phần dòng chảy ở bãi thì hệ số tăng cường lưu lượng ở dòng chủ xác định theo công thức:

$$\begin{cases} \beta_b = \sqrt{\beta_l^2 + (\beta_l^2 - 1) \cdot F(\eta, a, x)} \\ \beta_l = \beta_b - \frac{1}{\tau} \left(\frac{\beta_b}{\beta} - 1 \right) \end{cases}$$

trong đó:

$$\tau = \frac{Q_l}{Q_{lk}} \quad \eta = \frac{V_{lm}}{V_{bm}} \quad a = \frac{\alpha \cdot V_{lm}^2}{g \cdot J_p \cdot l_f} \quad F(\eta, x, a) = \frac{a \cdot (\eta^2 - 1)}{a + \eta^2}$$

Với sông một bãi chiều dài phễu rút nước lấy:

$$l_f = B_{lu} - L_C$$

Với sông hai bãi đối xứng chiều dài phễu rút nước lấy:

$$l_f = (B_o - L_C)/2$$

- Trường hợp sông không có bãi: $Q_l = Q_{lc}$ và $B_{lc} = B_l - \Sigma b$.

b – bề rộng trụ.

2. Xói nước trong:

Xảy ra khi $V < V_{ox}$. (thường xảy ra ở bãi sông)

$$h_{bc} = h_b \cdot \frac{\beta_b \cdot V_{bctn}}{(1 - \lambda) \cdot V_{ox}}$$

trong đó:

h_b, h_{bc} – chiều sâu trung bình dòng chảy bãi sông trước và sau xói chung.

V_{bctn} – lưu tốc trung bình dòng chảy ở bãi sông trước xói chung.

Q_{bctn}, Q_{bc} – lưu lượng dòng chảy ở bãi sông trước và sau xói chung.

β_b – hệ số tăng cường lưu lượng ở bãi sông ($\beta_b = Q_{bc}/Q_{bctn} > 1$).

λ - hệ số choán chỗ do trụ cầu ($\lambda = \Sigma b/L_c = 0,05 - 0,10$)

b – bề rộng trụ cầu.

II. Phương pháp của Laursen:

1. Xói nước đục:

Thường xảy ra ở lòng sông khi có: $V_l \geq V_c = 6,19 \cdot h_l^{1/6} \cdot D_{50}^{1/3}$.

Khi đó chiều sâu trung bình dòng chảy sau xói chung xác định theo công thức:

$$h_2 = h_1 \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^{\frac{6}{7}} \cdot \left(\frac{B_1}{L} \right)^{k_1}$$

h_1, h_2 – chiều sâu trung bình dòng chảy ở thượng lưu và ở dưới cầu sau xói chung.

L – chiều dài thoát nước thực tế dưới cầu.

k_1 – số mũ phụ thuộc vào V_*/ω

V_*/ω	k_1
$< 0,50$	0,59
$0,50 \div 2,00$	0,64
$> 2,00$	0,69

V_* - lưu tốc động lực,

$$V_* = \sqrt{gh_i}$$

ω - độ thô thủy lực, có thể xác định theo công thức: $\omega = 1,068.(g.\Delta.D)^{1/2}$.

Δ - hệ số Acimet ($\Delta = 1,65 - 1,9$).

Q_1 – lưu lượng ở thượng lưu dòng chảy.

Q_2 – lưu lượng ở vị trí cầu.

B_1 – bề rộng dòng chảy ở thượng lưu.

2. Xói nước trong:

Năm 1963 Laursen đã đưa ra phương trình sau để xác định xói nước trong ở đoạn sông bị thu hẹp:

$$h_{sx} = \left(\frac{0,025Q^2}{D_m^{2/3} L^2} \right)^{3/7}$$

trong đó:

h_{sx} : chiều sâu trung bình ở đoạn thu hẹp sau xói chung, m;

Q : lưu lượng dòng chảy qua đoạn thu hẹp, m³/s;

D_m : đường kính của hạt vật liệu đáy nhỏ nhất trong bùn cát đáy không bị cuốn đi ($D_m = 1,25D_{50}$) ở đoạn thu hẹp, m;

[VD](#):

Bài 8:

TÍNH TOÁN XÓI CỤC BỘ TRỤ CẦU

I. Công thức của trường ĐH Xây dựng:

Năm 1982 GS.TS Nguyễn Xuân Trục và KS 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:

$$\frac{h_{cb}}{b} = C.K_d \left(\frac{h}{b} \right)^m \left(\frac{V}{V_{ox}} \right)^n$$

h_{cb} – chiều sâu hố xói cục bộ.

b – bề rộng trụ.

V – lưu tốc dòng chảy trước trụ.

V_{ox} – lưu tốc cho phép không xói.

h – chiều sâu dòng chảy trước trụ.

K_d – hệ số hình dạng trụ, $K_d = 0,1K_\xi$.

K_ξ – hệ số hình dạng trụ theo Iaroslavtsev.

$C = 0,52$; $m = 0,12$ và $n = 1,16$ với xói nước đục.

$C = 0,97$; $m = 0,17$ và $n = 1,04$ với xói nước trong.

II. Công thức của Trần Đình Nghiên (trường ĐH GTVT):

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 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 như sau:

$$h_{cb} = K \cdot \sqrt{b \cdot h} \left(\frac{V}{V_{ng}} \right)^n K_\alpha \cdot K_\varphi$$

trong đó:

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

b : chiều rộng hay đường kính trụ, m;

K_α và K_φ : hệ số xét tới ảnh hưởng của hướng dòng chảy và hình dạng trụ;

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

$K = 1,11$; $n = 1$ khi $V > V_{ox}$ nhưng $V > V_{ng}$ (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:

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

trong đó:

ω : 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;

V_{ox} : là tốc độ không xói của hạt đất, m/s.

III. Công thức của Richardson (trường ĐH Colorado – Mỹ):

Phương trình dự báo xói cục bộ trụ cầu đã và đang được các tổ chức tư vấn thiết kế công trình giao thông trên thế giới sử dụng rộng rãi là của Richardson (năm 1990) ở Trường Đại học Colorado, Hoa Kỳ. Phương trình này dùng chung cho cả hai trường hợp xói cục bộ ở dòng nước trong và dòng nước đục có dạng:

$$h_{xcb} = 2,0 K_1 K_2 K_3 K_4 b^{0,65} h_1^{0,35} Fr_1^{0,43}$$

trong đó:

h_1 : chiều sâu dòng chảy ngay trước trụ, m;

Fr_1 : hệ số Froude ngay trước trụ, $Fr_1 = V_1 / (gy_1)^{0,5}$;

K_1 : hệ số hiệu chỉnh cho hình dạng mũi trụ như trong bảng sau: .

Dạng mũi trụ	Hệ số K_1
Mũi vuông	1,1
Mũi tròn	1,0
Trụ tròn	1,0
Nhóm trụ tròn	1,0
Mũi nhọn	0,9

K_2 : hệ số hiệu chỉnh đối với góc chéo θ của dòng chảy được xác định theo bảng:

Góc θ (độ)	$L/b = 4$	$L/b = 8$	$L/b = 12$
0	1,0	1,0	1,0
15	1,5	2,0	2,5
30	2,0	2,75	3,5
45	2,3	3,3	4,3
90	2,5	3,9	5,0

trong đó: L : chiều dài trụ, m; b : bề rộng trụ, m.

K_3 : hệ số hiệu chỉnh đối với tình trạng đáy sông lấy theo bảng:

Tình trạng đáy sông	Chiều cao sóng cát (m)	K_3
Xói nước trong		1,1
Đáy sông bằng phẳng hoặc có các sóng cát ngược		1,1
Đáy sông có các sóng cát nhỏ	$0,6 \leq H < 3$	1,1
Đáy sông có các sóng cát vừa	$3 \leq H < 9$	1,1 đến 1,2
Đáy sông có các sóng cát lớn	$H \geq 9$	1,3

K_4 : hệ số hiệu chỉnh để giảm bớt chiều sâu hố xói cục bộ đối với trường hợp đáy sông có vật liệu thô đường kính $D_{50} \geq 60$ mm có khả năng thô hoá đáy hố xói. Yếu tố hiệu chỉnh này là kết quả từ nghiên cứu gần đây của Molinas ở Trường Đại học Colorado. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy: khi tốc độ tiến vào khu vực cầu V_1 nhỏ hơn tốc độ tới hạn V_{c90} của đường kính hạt vật liệu đáy D_{90} , sẽ có sự cấp phối về kích thước vật liệu đáy, hạt D_{90} sẽ giới hạn được chiều sâu xói. Phương trình xác định K_4 do Jones phân tích và đưa ra như sau:

$$K_4 = [1 - 0,89 (1 - V_R)^2]^{0,5}$$

trong đó, tỷ số tốc độ V_R được xác định qua biểu thức:

$$V_R = \left[\frac{V_1 - V_i}{V_{c90} - V_i} \right]$$

V_1 : tốc độ dòng chảy tiến vào cầu trước trụ, m/s;

V_i : tốc độ khởi động của hạt bùn cát khi dòng chảy tiến tới trụ, m/s; được tính qua công thức:

$$V_i = 0,645 \left[\frac{D_{50}}{a} \right]^{0,053} V_{c50}$$

V_{c90} : tốc độ tới hạn đối với hạt vật liệu đáy D_{90} , m/s;

V_{c50} : tốc độ tới hạn đối với hạt vật liệu đáy D_{50} , m/s;

b: bề rộng trụ, m;

$$V_c = 6,19 y^{1/6} D_c^{1/3}$$

D_c : kích thước hạt tới hạn đối với tốc độ tới hạn V_c , m.

Giới hạn các giá trị của K_4 và kích thước vật liệu đáy được cho trong bảng:

[VD](#):

Bài 9:

TÍNH TOÁN THỦY LỰC CẦU NHỎ

Sơ đồ tính thủy lực cầu theo sơ đồ của đập tràn đỉnh rộng.

1. Chỉ tiêu chảy ngập:

- $h_h < 1,3.h_k$: Cầu làm việc theo chế độ đập tràn đỉnh rộng chảy không ngập.
- $h_h > 1,3.h_k$: Cầu làm việc theo chế độ đập tràn đỉnh rộng chảy ngập.

h_h : độ sâu hạ lưu.

h_k : độ sâu phân giới.

2. Công thức tính lưu lượng:

a) Với chế độ chảy không ngập:

Với chế độ chảy không ngập dòng chảy dưới cầu coi như ở chế độ chảy phân giới, lưu tốc phân giới được coi như bằng lưu tốc cho phép không xói của vật liệu gia cố đáy sông, khi đó khẩu độ cầu tính theo công thức:

$$b = \frac{g \cdot Q}{\varepsilon \cdot V_{cp}^3}$$

trong đó:

b – khẩu độ cầu.

ε - hệ số co hẹp, lấy theo bảng sau:

Loại mố	ε	φ
Mố vùi có ¼ nón chóp	0,90	0,90
Mố có tường cánh chắn đất	0,85	0,90
Mố chìa ra ngoài ¼ nón chóp	0,80	0,85

Chiều cao nước dềnh trước công trình:

$$H = h_k + \frac{V_{cp}^2}{2g \cdot \varphi^2}$$

φ - hệ số lưu tốc lấy theo bảng trên.

Độ sâu phân giới h_k có thể tính theo công thức:

$$h_k = \frac{V_{cp}^2}{g}$$

a) Với chế độ chảy ngập:

Với chế độ chảy ngập chiều sâu dòng chảy dưới cầu coi như bằng độ sâu dòng chảy tự nhiên ở hạ lưu, khẩu độ cầu tính theo công thức:

$$b = \frac{Q}{\varepsilon \cdot h_h \cdot V_{cp}} + m \cdot h_h$$

Chiều cao nước dềnh trước công trình:

$$H = h_h + \frac{V_{cp}^2}{2g \cdot \varphi^2}$$

[VD:](#)

Bài 10:

TÍNH TOÁN THỦY LỰC CỐNG VÀ ĐƯỜNG TRÀN

I. Tính toán thủy lực cống.

1. Sơ đồ tính

Sơ đồ tính thủy lực cống theo sơ đồ của đập tràn đỉnh rộng.

2. Chỉ tiêu chảy có áp và không áp

Khi $H \leq 1.2D$ thì dòng chảy là không áp, còn khi $H \geq 1.4D$ thì dòng chảy trong cống là có áp.

trong đó:

D : chiều cao cống tại cửa vào.

H : chiều cao nước dâng trước cống, m.

3. Công thức tính

a. Khả năng thoát nước

Chế độ chảy không áp:

$$Q = \varphi_c \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)} = \varphi_c \omega_c \sqrt{gH}$$

trong đó:

φ_c : hệ số lưu tốc cống không áp, $\varphi_c = 0.82 \div 0.85$.

ω_c : diện tích mặt cắt co hẹp trong cống.

h_c : chiều sâu dòng chảy tại mặt cắt co hẹp, $h_c = 0.9h_k$.

h_k : chiều sâu phân giới của dòng chảy trong cống.

H : chiều sâu nước dâng trước cống, thường $H \cong 2h_c$.

Chế độ chảy có áp:

$$Q = \varphi_n \omega \sqrt{2g(H - D)}$$

trong đó:

φ_n : hệ số lưu tốc cống có áp, .

ω : diện tích mặt cắt ngang cống.

D : Chiều cao hoặc đường kính cống.

Trong thiết kế có thể tra bảng khả năng thoát nước đối với cống tròn hoặc đối với cống hộp.

b. Nước dâng trước cống

Chế độ chảy không áp:

$$H = h_c + \frac{v_c^2}{2g\varphi_c^2}$$

trong đó:

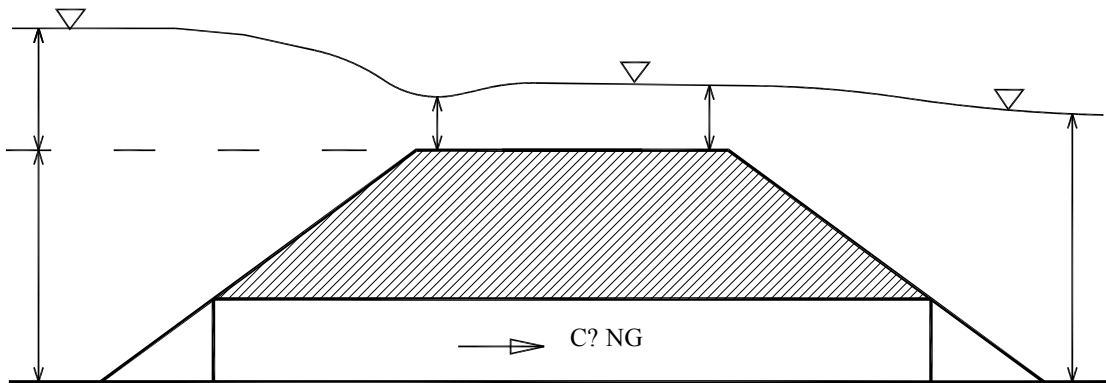
v_c : lưu tốc dòng chảy trong cống tại mặt cắt co hẹp, (m/s).

Chế độ chảy có áp:

$$H = D + \frac{Q^2}{2g\omega^2\varphi_n^2}$$

VD:

II. Tính toán thủy lực đường tràn.



Đường tràn được thiết kế sao cho một số phương tiện vận tải vẫn qua lại được khi xảy ra lũ thiết kế, đồng thời phải thoát được lưu lượng lũ thiết kế. Đường tràn được tính như đập tràn đỉnh rộng, công thức tính lưu lượng qua tràn như sau:

$$Q = \sigma_n \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H_o^{3/2}$$

trong đó:

Q – lưu lượng qua tràn.

b – chiều dài đường tràn.

H_o – mực nước thượng lưu so với mặt đường tràn.

σ_n – hệ số chảy ngập, phụ thuộc vào h_n/H_o .

$h_n/H_o \leq$	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96	0.98
σ_n	1.00	0.99	0.97	0.95	0.90	0.84	0.78	0.70	0.60	0.40

h_n – chiều sâu ngập ở hạ lưu tính ở mép đường tràn, $h_n = h_h - H_n$.

H_n – chiều cao mặt đường.

m – hệ số lưu lượng, phụ thuộc vào H_n/H_o :

H_n/H_o	Theo Pikalop		Theo Chetanxop	
	m	k_c	m	k_c
4	0.300	0.424	0.300	0.447
3	0.324	0.458	0.320	0.470
2	0.329	0.483	0.328	0.490
1	0.339	0.500	0.341	0.570
0.5	0.357	0.558	0.356	0.576
0.064	0.381	0.641	0.376	0.647

h_c – chiều sâu nước chảy trên tràn, $h_c \leq [h]$

$[h]$ – chiều sâu cho phép trên mặt đường tràn:

Vận tốc dòng chảy trên tràn (m/s)	Chiều sâu cho phép trên mặt đường tràn (m)		
	Ô tô	Xe xích	Xe thô sơ
< 1.50	0.5	0.7	0.4
1.5 – 2.0	0.4	0.6	0.3
> 2.0	0.3	0.5	0.2

Chú ý: chiều sâu nước chảy trên tràn xác định như sau:

- Nếu chảy tự do $h_n \leq 0.8H_o$ thì $h_c = k_c \cdot H_o$.

- Nếu chảy ngập $h_n \geq 0.8H_o$ thì $h_c = h_n = h_h - H_n$.

Lưu lượng qua cống dưới tràn xác định theo công thức:

$$Q = \varepsilon . \varphi . \omega \sqrt{2g(H_n + H_o - h_h)}$$

ε - hệ số co hẹp, $\varepsilon = 0,65$.

φ - hệ số lưu tốc, $\varphi = 0,85$.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Đình Nghiên “**Thiết kế thủy lực cho dự án cầu đường**” NXB Giao thông Vận tải – 2003.
2. Trần Đình Nghiên “**Thiết kế thủy lực cho công trình giao thông**” NXB Giao thông Vận tải – 2010.
3. Trần Đình Nghiên “**Xói lở ở công trình cầu**” NXB Xây dựng – 2008.
4. Bộ Giao thông Vận tải “**Sổ tay tính toán thủy văn, thủy lực cầu đường**” NXB Giao thông Vận tải – 2006.

Hà Nội, ngày 22/06/2010

Người viết bài giảng

cuu duong than cong . com

Nguyễn Đăng Phóng

cuu duong than cong . com