

**Giới thiệu một số mô hình toán thủy văn, thủy lực
ứng dụng trong tính toán dòng chảy lũ**

Trong phần này giới thiệu đến bạn đọc một số mô hình toán thủy văn, thủy lực tính toán dòng chảy lũ đang được ứng dụng rộng rãi trên thế giới và ở Việt Nam. Nội dung của phần giới thiệu là đưa ra xuất xứ và khả năng ứng dụng của từng loại mô hình. Tùy thuộc vào bài toán cụ thể và mục đích sử dụng, người tính cần tìm hiểu kỹ hơn về từng loại mô hình ở các tài liệu khác.

1. Mô hình toán thủy văn.

Việc tìm kiếm những dạng mô hình toán thủy văn có khả năng mô phỏng tốt các quá trình hình thành dòng chảy sông ngòi ở nước ta để tính toán, dự báo dòng chảy từ mưa, khôi phục các chuỗi số liệu dòng chảy theo các chuỗi số liệu mưa quan trắc được, là một trong những vấn đề được nhiều người làm công tác thủy văn ở Việt Nam quan tâm. Trong những năm gần đây, nhiều công trình nghiên cứu ứng dụng các mô hình TANK, SSARR, HEC, NAM, MIKE... vào các bài toán thủy văn đã cho thấy các mô hình này có những khả năng ứng dụng tốt, đặc biệt đối với các lưu vực vừa và nhỏ ở nước ta thường có sườn ngấn và dốc, chế độ dòng chảy chịu sự quy định khá chặt chẽ của chế độ mưa.

1.1 Mô hình TANK.

Là dạng mô hình bể chứa, tổng hợp dòng chảy trên lưu vực, được Sugawara (Nhật Bản) đưa ra từ năm 1956 và đã qua nhiều lần hoàn thiện. Hiện nay mô hình được sử dụng rộng rãi trên thế giới và ở nước ta. Mô hình TANK được ứng dụng trong các bài toán khôi phục dòng chảy từ tài liệu mưa thực đo, cũng như dự báo dòng chảy lũ cho các lưu vực vừa và nhỏ phục vụ cho công tác quy hoạch, thiết kế và quản lý tài nguyên nước. Hiện nay nhiều cơ quan ứng dụng mô hình LTANK (được cải tiến từ mô hình TANK do PGS Nguyễn Văn Lai và Thạc sĩ Nghiêm Tiến Lam viết bằng ngôn ngữ VISUAL BASIC chạy trên môi trường EXCEL7.0 với giao diện rất tiện ích đối với người sử dụng).

Tuy nhiên do mô hình có khá nhiều thông số, việc xác định các thông số đòi hỏi nhiều kinh nghiệm và yêu cầu các tài liệu khí tượng thủy văn và lưu vực khá chi tiết.

1.2 Mô hình SSARR (Stream flow synthesis and Reservoir Regulation).

Là mô hình tổng hợp dòng chảy và điều hành hồ chứa do Hiệp hội kỹ sư Hoa Kỳ xây dựng từ năm 1958 và đã qua nhiều lần cải tiến, phát triển. Đây là mô hình nhận thức thông số tập trung gồm ba thành phần:

- Mô hình lưu vực: Mô phỏng quá trình biến đổi mưa hoặc tuyết rơi trên lưu vực thành quá trình dòng chảy tại cửa ra lưu vực.
- Mô hình hệ thống sông: Mô phỏng quá trình chuyển động nước trong lòng dẫn trên từng đoạn sông.
- Mô hình điều tiết hồ chứa: Mô phỏng quá trình điều tiết hồ chứa trên hệ thống có các hồ chứa.

Đây là một mô hình tương đối hoàn chỉnh nên được nhiều nước trên thế giới ứng dụng để dự báo ngắn hạn cho vùng sông không ảnh hưởng triều, không có nước vật. Về lý thuyết, phạm vi sử dụng mô hình này là không hạn chế về diện tích lưu vực nhưng thực tế thường được sử dụng cho các lưu vực vừa và nhỏ. Mô hình cho phép xác định được nhiều đặc trưng lưu vực và ảnh hưởng của các hồ chứa trên lưu vực. Tuy nhiên mô hình chưa mô tả được hiện tượng phức tạp và có tác động tương hỗ lẫn nhau như nước vật, chảy tràn bờ, điều tiết của các bãi sông, chuyển động của nước trên các khu ngập rộng lớn. Đồng thời

yêu cầu tài liệu rất chi tiết và việc kiểm định mô hình đòi hỏi người sử dụng phải có nhiều kinh nghiệm trong xử lý.

1.3 Mô hình HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center - Hydrologic Modeling System)

Đây là mô hình thủy văn mưa - dòng chảy của Hiệp hội các kỹ sư quân sự Hoa Kỳ, rất phổ biến ở nước ta, có thể ứng dụng cho nhiều vùng địa lý khác nhau nhằm giải quyết bài toán trên phạm vi rộng. Nó bao gồm cung cấp nước ở lưu vực sông lớn, dòng chảy lũ, dòng chảy ở đô thị nhỏ hoặc dòng chảy lưu vực tự nhiên. Các biểu đồ trong chương trình có thể sử dụng trực tiếp hoặc có thể dùng kết hợp với các phần mềm khác.

1.4 Mô hình NAM (NedbØr-AfstrØmnings-Model hay Precipitation-Runoff- Model).

Mô hình mưa rào - dòng chảy NAM thuộc loại mô hình tất định nhận thức thông số tập trung của Viện Thủy lực Đan Mạch đã được ứng dụng ở rất nhiều nước trong khu vực châu Á như Thái Lan, Malaysia, Philippin, Ấn Độ, Srilanka... và Việt Nam. Mô hình này có thể được dùng trong bài toán phân tích thủy văn, dự báo dòng chảy lũ và dòng chảy kiệt, khôi phục chuỗi số liệu dòng chảy. Về cấu trúc mô hình NAM cũng là mô hình dạng bể chứa giống mô hình TANK, tuy nhiên thông số hiệu chỉnh mô hình ít hơn.

2. Mô hình toán thủy lực hệ thống sông.

Để có được các đặc trưng thủy văn tại vị trí công trình ở hạ lưu, đối với những lưu vực thiếu tài liệu thực đo, thường sử dụng mô hình thủy lực như KRSAL, MIKE, DURFLOW... để tính cho hệ thống sông, trong đó có sử dụng kết quả của mô hình thủy văn làm đầu vào. Tuy nhiên việc ứng dụng mô hình thủy lực phức tạp hơn và đòi hỏi phải có nhiều số liệu hơn, đặc biệt là cần số liệu địa hình tỷ mỉ và chính xác.

Hiện nay ở nước ta đang sử dụng nhiều mô hình toán thủy lực khác nhau để mô phỏng dòng chảy trong các hệ thống sông. Nhiều nhất và được ứng dụng rộng rãi nhất là các mô hình toán, thủy lực dòng chảy hở một chiều để xác định lưu lượng Q và mực nước Z trong bài toán truyền triều, truyền lũ trên hệ thống sông, kênh. Có thể kể đến các mô hình KOD-01 của GS.TSKH Nguyễn Ân Niên, mô hình VRSAP và VRSAPK của cố GS. Nguyễn Như Khuê, mô hình FWQ86M của PGS. Nguyễn Tất Đắc, mô hình WENDY của Hà Lan, mô hình SOGREAH tính lũ sông Cửu Long... Ngoài ra còn có các loại mô hình toán thủy lực khác như mô hình HGKOD của PGS Nguyễn Thế Hùng dùng để tính bài toán thủy lực hai chiều đứng, mô hình KOD-02 của GS.TSKH Nguyễn Ân Niên dùng để tính truyền lũ tràn trên đồng bằng.

2.1 Mô hình VRSAP.

Mô hình VRSAP (Vietnam River System And Plains) mà tiền thân của nó là mô hình KRSAL do cố GS. Nguyễn Như Khuê xây dựng, được sử dụng rộng rãi nhất ở nước ta trong những năm gần đây. Đây là mô hình toán thủy lực của dòng chảy một chiều trên toàn hệ thống sông có nối với đồng ruộng và các khu chứa nước khác. Dòng chảy trong các đoạn sông được mô tả bằng hệ phương trình Saint-Venant đầy đủ. Mô hình VRSAP có xét đến sự gia nhập dòng chảy của mưa trong tính toán thủy lực các hệ thống sông hay tính tiêu nước cho hệ thống thủy nông. Mô hình này sau khi được cải tiến về mặt giao diện và bổ sung phần tính truyền mặn trên hệ thống sông.

Mô hình VRSAP đã được sử dụng để tính toán cho các hệ thống sông Hồng, sông Thái Bình, sông Cửu Long, sông Cả, sông Hương, sông Nhật Lệ... Ngoài ra, mô hình VRSAP còn được ứng dụng rất có hiệu quả để tính toán thủy lực tưới, tiêu các hệ thống

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

thủy nông, quy hoạch và lập dự án quản lý, khai thác hệ thống thủy nông, quản lý lưu vực và tài nguyên nước.

2.2 Mô hình KOD-01 và KOD-02

Mô hình KOD-01 và KOD-02 của GS.TSKH Nguyễn Ân Niên dùng để tính thủy lực dòng chảy hở một và hai chiều trên hệ thống sông có công trình điều tiết và đồng ruộng. Hệ phương trình Saint-Venant được sử dụng ở dạng rút gọn. Sơ đồ tính là sơ đồ hiện tam giác hỗn hợp. Sơ đồ này cho phép giải các bài toán dòng không ổn định một chiều như tính toán truyền triều, truyền lũ, phân phối nước, tiêu nước... cho mạng lưới sông, ô chứa công trình điều tiết với độ phức tạp bất kỳ. Mô hình có thể phục vụ tính toán quy hoạch dự báo lũ và phân phối nước, phục vụ thiết kế và quản lý hệ thống kênh tưới, tiêu và các mục đích khác trong công tác thủy lợi ở nước ta.

2.3 Mô hình HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center - River Analysis System)

Một trong những mô hình thuận tiện khi sử dụng là mô hình HEC-RAS do Trung tâm Thủy văn Công trình thuộc Hiệp hội Kỹ thuật quân sự Mỹ (Hydrologic Engineering Center of US Army Corps of Engineers) xây dựng. Mô hình có ưu điểm nổi bật là cho kết quả rõ ràng, có hình vẽ sơ đồ mạng lưới sông, các mặt cắt của từng nút sông. Các quan hệ $Q \sim t$ và $z \sim t$ được trình bày ở dạng bảng biểu và đồ thị, đường mặt nước trong sông được mô tả rõ ràng. Các công trình trên sông như cống, tràn được mô tả chi tiết với nhiều tính năng tiện lợi cho người sử dụng. Mô hình HEC-RAS là mô hình tính dòng chảy một chiều của hệ thống sông. Mô hình có hạn chế là không xét đến lượng mưa rơi xuống các khu chứa sau đó gia nhập dòng chảy và không có các loại ruộng hở như mô hình VRSAP.

2.4 Mô hình MIKE

Gần đây, một mô hình đã gây được nhiều chú ý là mô hình thủy động lực MIKE của Viện thủy lực Đan Mạch (DHI). Mô hình áp dụng với chế độ sóng động lực hoàn toàn ở cấp độ cao. Trong chế độ này MIKE có khả năng tính toán với dòng nhanh, lưu lượng thủy triều, hiệu quả nước động thay đổi nhanh, sóng lũ, lòng dẫn dốc. Chế độ dòng chảy cho một đoạn sông đơn được mô tả bằng hệ phương trình vi phân đạo hàm riêng Saint - Venant và giải hệ theo phương pháp sai phân hữu hạn 6 điểm ẩn. Mô hình có giao diện thân thiện, tiện cho người sử dụng, cho kết quả rõ ràng. Hiện nay mô hình này vẫn phải có khoá cứng do đó chưa được sử dụng rộng rãi.

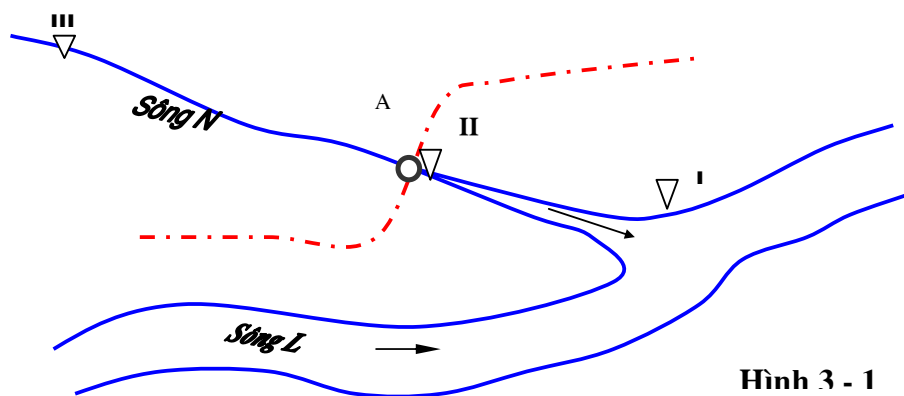
CHƯƠNG III - TÍNH TOÁN THUYẾT VĂN TRONG TRƯỜNG HỢP ĐẶC BIỆT

§ 3.1. Tính toán dòng chảy khi vị trí cầu bị ảnh hưởng nước dâng sông lớn

3.1.1. Đặt vấn đề

Khi tuyến đường chạy dọc theo sông, thường cầu cống đều bị ảnh hưởng nước tràn ngược do nước sông lớn (L) dâng lên và chảy ngược vào sông nhánh (N). Sông N là một nhánh của sông L ở tả ngạn sông L, đỉnh lũ của sông L thường rất cao. Nước dồn từ sông L vào sông N, lan tới trên vị trí A là nơi tuyến đường băng qua. Do đó cầu xây dựng tại A sẽ phải làm việc trong khu vực nước tràn ngược

Nước ở sông N chảy tới cầu A có thể bị nước dâng giữ lại toàn phần hay cục bộ trong một thời gian nào đó. Phần nước ứ tích lại tạo nên khu chứa nước trước cầu. Trong trường hợp nước dâng lên mạnh, hướng nước của sông L có thể ngược lại hướng nước của sông N. Vì thế thể tích nước qua cầu không những chỉ do lưu lượng dòng chảy sông N hình thành mà còn phải kể cả lưu lượng của sông L dồn ngược qua cầu nữa.



3.1.2. Tính lưu lượng thiết kế khi có số liệu quan trắc thủy văn

a. Tài liệu ban đầu:

- Số liệu mực nước giờ của trận lũ điển hình, tại tim cầu:
 - Trường hợp 1: nếu thượng hạ lưu cầu có trạm thủy văn quan trắc mực nước trong nhiều năm, thì tại cầu cần tổ chức quan trắc mực nước của một mùa lũ. Sau đó lập tương quan mực nước giữa vị trí cầu và trạm thủy văn để kéo dài mực nước tại cầu ra thời kỳ nhiều năm.
 - Trường hợp 2: nếu thượng hạ lưu cầu không có trạm thủy văn, thì với cầu đặc biệt lớn, cần tiến hành quan trắc mực nước tại cầu ít nhất trong một mùa lũ. Còn đối với cầu nhỏ, cầu trung và cầu lớn thông thường thì lưu lượng thiết kế tính theo trường hợp không có tài liệu quan trắc (được trình bày ở mục 3.1.3)

- Bình đồ địa hình hoặc bản đồ tỷ lệ 1/5000; 1/10000. Phạm vi của bản đồ phải bao quát hết phạm vi ảnh hưởng nước dâng của sông lớn về phía thượng lưu công trình.

b. Công thức tính lưu lượng:

Trường hợp bất lợi nhất của chế độ thủy lực tại cầu là: sông nhánh phát sinh đỉnh lũ lớn nhất, trong khi lưu vực sông nhánh ở thượng lưu cầu nước sông lớn đã tràn đầy và

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

bắt đầu rút mạnh. Đó chính là tổ hợp giữa giá trị cực đại của nước dâng sông lớn với đỉnh lũ bản thân sông nhánh cùng thoát qua cầu về hạ lưu. Khi đó dh/dt (tốc độ nước rút) có trị số âm nên có công thức tính lưu lượng như sau:

$$Q_c = \Omega \frac{dh}{dt} + Q_p \quad (3-1)$$

trong đó:

$\Omega \frac{dh}{dt} = Q_{\text{dềnh sông lớn}}$, xác định trên đồ thị (4), cụ thể xem đồ thị hình 3 - 2;

Q_p : lưu lượng lũ bản thân sông nhánh ứng với tần suất thiết kế, m^3/s .

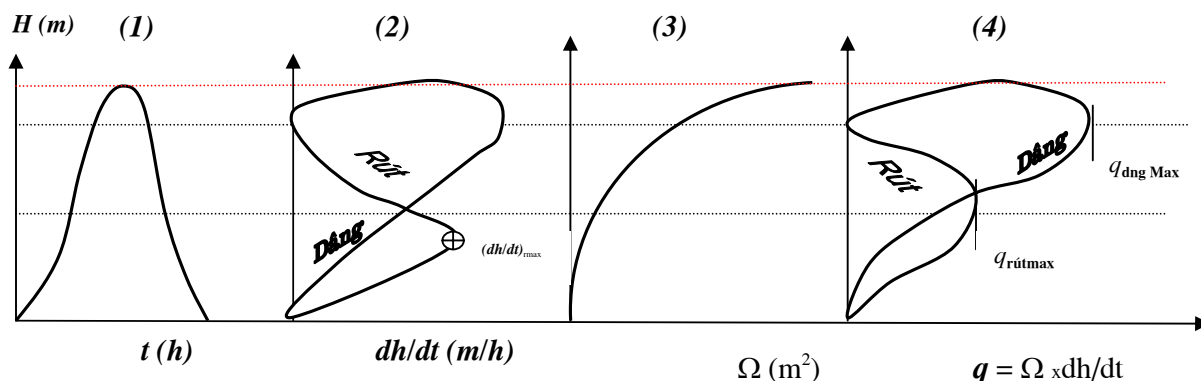
c. Trình tự tính lưu lượng thiết kế:

Bước 1: Tính lưu lượng nước dâng sông lớn $\Omega \frac{dh}{dt}$:

- Xây dựng đồ thị xác định lưu lượng nước dâng sông lớn :

Chọn một trận lũ điển hình có sự tổ hợp lũ lớn nhất giữa sông lớn và sông nhánh trong thời kỳ quan trắc để xây dựng các biểu đồ sau:

- Vẽ đường quá trình mực nước $H=f(t_{\text{giờ}})$: đồ thị (1)
- Vẽ đường quan hệ $H=f(dh/dt)$: đồ thị (2)
- Vẽ đường quan hệ $H=f(\Omega)$: đồ thị (3)
- Vẽ đường quan hệ $H=f(q = \Omega dh/dt)$: đồ thị (4)



Hình 3 -2

Hướng dẫn vẽ đồ thị:

+ **Đồ thị (1):** là đường quá trình mực nước giờ của trận lũ thiết kế. Trận lũ thiết kế được thu phóng từ trận lũ điển hình (trận lũ điển hình là trận lũ tổ hợp lớn nhất giữa lũ sông nhánh và sông lớn).

+ **Đồ thị (2):** xác định từ đồ thị (1) bằng cách chia thời gian lũ dâng và lũ rút thành các cấp thời gian $dt = 1$ giờ. Trên trục tung (H) xác định được dh tương ứng với dt đã lựa chọn ở trục hoành. Với nhánh nước dâng mang $\left(\frac{dh}{dt}\right)$ dấu dương, ngược lại nhánh nước rút $\left(\frac{dh}{dt}\right)$ mang dấu âm. Với nhiều cặp $H_i, \left(\frac{dh}{dt}\right)_i$ ta vẽ được đường $H = f\left(\frac{dh}{dt}\right)$.

Chú ý:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Thu phóng đường quá trình lũ xem Chương II.
- Đường $H = f\left(\frac{dh}{dt}\right)$ hình thành 2 nhánh nước dâng và nước rút riêng biệt.
- Đồ thị (2): hình thành 2 cực đại, nhánh nước dâng $\left(\frac{dh}{dt}\right)_{dang\ max}$ và nhánh nước

rút $\left(\frac{dh}{dt}\right)_{rut\ max}$

+ **Đồ thị (3):** dựa vào bình đồ địa hình hoặc bản đồ tỷ lệ 1/5000, 1/10000 xác định diện tích mặt nước dềnh khu vực phía thượng lưu cầu (Ω) tương ứng với các cấp mực nước trên đồ thị (1). Như vậy ứng với mỗi mực nước H_i xác định được Ω_i tương ứng. Với nhiều cặp H_i, Ω_i ta vẽ được đường quan hệ $H=f(\Omega)$.

+ **Đồ thị (4):** ứng với mỗi mực nước trên đồ thị (1) xác định trên đồ thị (2) được 2 trị số $\left(\frac{dh}{dt}\right)$ nhánh nước dâng và $\left(\frac{dh}{dt}\right)$ nhánh nước rút và trên đồ thị (3) xác định được 1 trị số Ω_i tương ứng. Nhân Ω_i với $\left(\frac{dh}{dt}\right)$ của nhánh nước dâng được $q_i = \Omega_i \left(\frac{dh}{dt}\right)_i$ và $\left(\frac{dh}{dt}\right)$ của nhánh nước rút được $-q = \Omega_i \left(-\frac{dh}{dt}\right)_i$. Với nhiều cặp $\Omega_i, \left(\frac{dh}{dt}\right)_i$ của hai nhánh nước dâng và nước rút ta vẽ được đồ thị $H=f(q)$.

Chú ý:

- Đồ thị (4): hình thành 2 cực đại, nhánh nước lên ($q_{dang\ max}$) và nhánh nước rút ($q_{rut\ max}$);
- Mực nước tương ứng với trị số cực đại của lưu lượng nước rút ($q_{rut\ max}$) là mực nước dùng để tính khẩu độ cầu.

- Xác định lưu lượng nước dềnh thiết kế:

Trên đồ thị (4), ở nhánh nước rút trị số cực đại ($q_{rut\ max}$), chính là lưu lượng dềnh sông lớn thiết kế tại vị trí cầu.

Bước 2: Tính lưu lượng lũ bản thân sông nhánh ứng với tần suất thiết kế (Q_p):

Các trường hợp tính toán như sau:

- Trường hợp 1:

Nếu tại vị trí cầu có trạm quan trắc lưu lượng và số năm quan trắc đủ dài thì lưu lượng thiết kế tính theo phương pháp thống kê xác suất, cách tính được trình bày trong Chương II. Trị số lưu lượng này chính là lưu lượng thiết kế cầu, bao gồm lưu lượng lũ bản thân sông nhánh và lưu lượng nước dềnh sông lớn.

- Trường hợp 2:

Nếu tại vị trí cầu số năm quan trắc ngắn (không bảo đảm điều kiện nêu ở trường hợp 1), thì phải kéo dài chuỗi lưu lượng ra thời kỳ nhiều năm. Phương pháp kéo dài xem hướng dẫn ở Chương II. Sau đó tiếp tục tính theo trường hợp 1.

- Trường hợp 3:

Tại vị trí cầu không quan trắc lưu lượng, nhưng thượng hoặc hạ lưu cầu có trạm quan trắc lưu lượng. Trong trường hợp này lại phải phân ra hai trường hợp:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Trường hợp a: trạm thủy văn này vẫn nằm trong phạm vi ảnh hưởng nước dâng sông lớn;
- Trường hợp b: trạm thủy văn nằm ngoài phạm vi ảnh hưởng nước dâng sông lớn.

Mỗi trường hợp có cách tính sau:

- Trường hợp a: Lưu lượng thiết kế tại cầu tính theo phương pháp lưu vực tương tự, theo tài liệu quan trắc của trạm thủy văn thượng lưu hoặc trạm thủy văn hạ lưu. Phương pháp tính lưu lượng theo lưu vực tương tự xem Chương II.
- Trường hợp b: lưu lượng thiết kế tính theo công thức (3-1)

trong đó:

Trị số $\Omega \left(\frac{dh}{dt} \right)$ cách tính theo đồ thị (4), đã trình bày ở trên.

Trị số Q_p : cách tính như trường hợp a, nhưng kết quả lưu lượng tính toán là lưu lượng lũ bản thân sông nhánh tại vị trí cầu.

3.1.3. Tính lưu lượng thiết kế khi không có số liệu quan trắc thủy văn

a. Công thức tính lưu lượng thiết kế

Áp dụng công thức của Bônđacốp:

$$Q_l = Q_p + Q_d \quad (3 - 2)$$

$$Q_d = \frac{h\Omega\alpha}{T}$$

trong đó:

h: tốc độ rút lớn nhất trong 1 ngày hoặc 1 giờ, m/ngày hoặc m/h;

T: thời gian, bằng 86400s (h tính theo ngày) hoặc 3600s (h tính theo giờ);

α : hệ số không đều, trong 1 ngày $\alpha = 1,5$; trong 1 giờ $\alpha = 1,2$;

Ω : diện tích mặt nước ở thượng lưu cầu ứng với mực nước thiết kế, m^2 .

Q_p : lưu lượng đỉnh lũ thiết kế của bản thân lưu vực sông nhánh tính tới cầu, m^3/s ;

b. Trình tự tính toán:

- Xác định lưu lượng đỉnh lũ thiết kế của bản thân lưu vực sông nhánh tính tới cầu (Q_p):

Q_p xác định theo phương pháp gián tiếp từ mưa rào ra dòng chảy, khi:

- Diện tích lưu vực $F \leq 100km^2$, Q_p tính theo "Tính toán các đặc trưng dòng chảy lũ 22TCN 220 – 95".

- Diện tích lưu vực $F > 100km^2$, Q_p theo công thức Đ.L.Xôkôlôpski, công thức triết giảm v.v... Cách tính cụ thể xem Chương II.

- Xác định diện tích mặt nước khu vực chịu ảnh hưởng nước dâng sông lớn phía thượng lưu cầu ứng với mực nước dâng thiết kế (Ω).

- Có thể dựa vào bản đồ (dựa vào đường đồng mức) để xác định phạm vi ảnh hưởng ứ dâng.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Khi không có bản đồ, hoặc bản đồ không thoả mãn cho việc xác định phạm vi ứ dềnh thì phải điều tra phạm vi ứ dềnh ngoài thực địa. Sau đó dùng máy kinh vĩ và mia để xác định phạm vi ứ dềnh, theo phương pháp đo đường sườn khép kín.

- Xác định cường suất lũ rút h

- Trường hợp trên sông lớn có trạm thủy văn, với điều kiện quy luật biến đổi mực nước của trạm thủy văn cũng phù hợp với quy luật mực nước dềnh của sông lớn ở khu vực cầu, thì có thể dùng số liệu quan trắc mực nước của trạm thủy văn này để xác định h.

- Trường hợp không có số liệu quan trắc mực nước: căn cứ vào số liệu điều tra mực nước ngoài thực địa, qua thăm hỏi nhân dân về quá trình diễn biến của trận lũ lịch sử tại khu vực cầu làm căn cứ xác định h.

3.1.4. Tính mực nước thiết kế

a. Công thức tính

Phần lớn các trường hợp đều không thu thập được tài liệu quan trắc thủy văn nên vấn đề tính toán gặp rất nhiều khó khăn. Thông thường trên sông lớn và sông nhánh chỉ có thể điều tra được một vài mực nước lũ lịch sử và mực nước trung bình hàng năm, vị trí điều tra nằm ngoài phạm vi ứ dềnh. Khi đó phải dựa vào cách xác định mực nước sẽ xảy ra dưới cầu trong trường hợp bất lợi nhất (lũ sông lớn và sông nhánh cùng rút). Có thể dùng phương pháp đơn giản sau đây của Tôpêliuliman, để tính ra mực nước dềnh dưới cầu H_c

Công thức Tôpêliuliman như sau:

$$i_o \frac{l_A}{h_o} = f\left(\frac{Z_1}{h_o}\right) - f\left(\frac{Z_A}{h_o}\right) \quad (3-3)$$

trong đó:

i_o : độ dốc bình quân lòng sông nhánh;

l_A : khoảng cách từ cầu đến cửa sông, m;

Z_1 : hiệu số giữa mực nước dôn ngược và mực nước tương ứng với h_o tại cửa sông, m;

Z_A : hiệu số giữa mực nước dôn ngược và mực nước tương ứng với h_o tại tim cầu, m;

h_o : độ sâu bình quân của sông nhánh, không kể nước dôn ngược, m

$$h_o = \frac{\omega_{BT}K_T + \omega_{BP}K_P + \omega_{ch}}{B_{BT}K_T + B_{BP}K_P + B_{ch}} \quad (3-4)$$

ω_{BT}, ω_{BP} : diện tích bãi trái, bãi phải, m^2 ;

B_{BT}, B_{BP} : chiều rộng bãi trái, bãi phải, m;

ω_{ch}, B_{ch} : diện tích và chiều rộng dòng chủ, m^2 ;

K_T, K_P : tỷ số giữa lưu tốc bãi trái với lưu tốc dòng chủ và lưu tốc bãi phải với lưu tốc dòng chủ;

$f(Z_1/h_o)$ và $f(Z_A/h_o)$: hai hàm số tính sẵn của Tôpêliuliman, xác định theo bảng 3-1.

Căn cứ vào các công thức trên sẽ tìm ra Z_A và Z_A+h_o tức là mực nước dưới cầu kể cả nước dôn ngược;

L: khoảng cách đoạn sông nhánh bị ảnh hưởng ứ dềnh của sông lớn tính từ cửa sông trở lên;

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Coi mặt nước dềnh là hình parapol tiếp tuyến tại M với mặt nước sông nhánh, tại N với mặt nằm ngang. Như vậy có thể tính L theo công thức gần đúng sau:

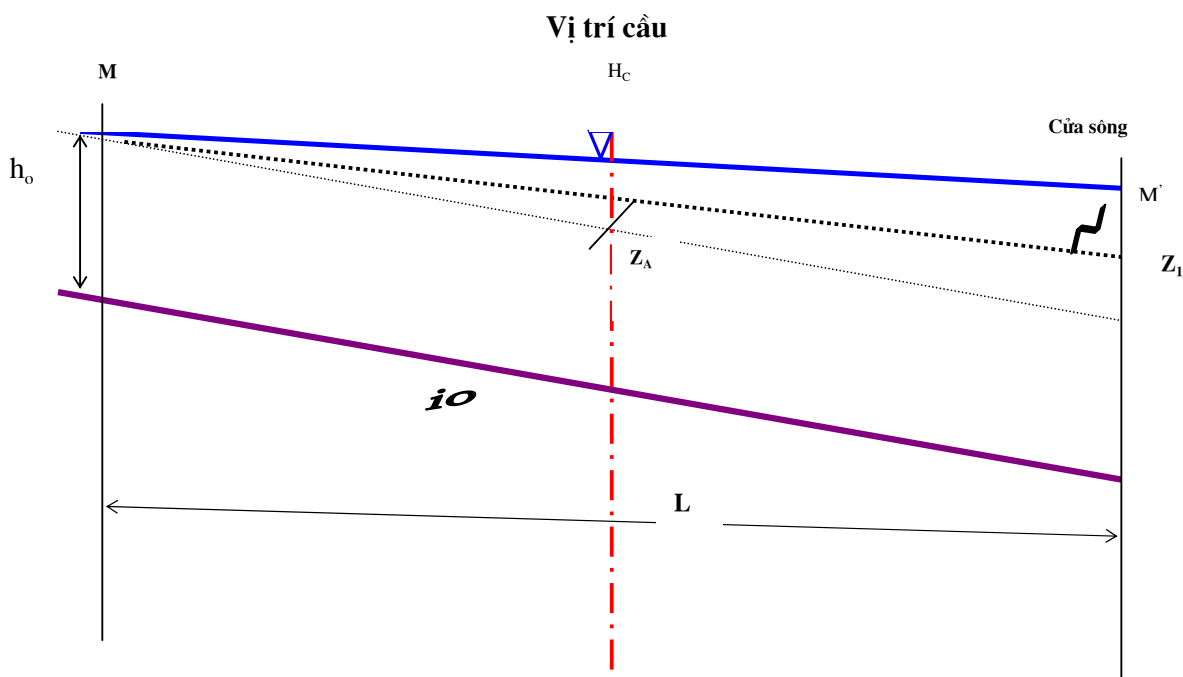
$$L=2Z_1/i_0 \quad (3-5)$$

Xem minh hoạ hình 3-3.

Bảng 3-1

Bảng trị số đường cong ứ dềnh $f(z/h_0)$ lập theo phương pháp Tôpêliuliman

Z/h_0	$f(Z/h_0)$	Z/h_0	$f(Z/h_0)$	Z/h_0	$f(Z/h_0)$	Z/h_0	$f(Z/h_0)$	Z/h_0	$f(Z/h_0)$	Z/h_0	$f(Z/h_0)$	Z/h_0	$f(Z/h_0)$
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
0.010	0.0067	0.170	1.0608	0.330	1.3964	0.490	1.6468	0.650	1.8631	0.810	2.0615	0.970	2.2496
0.015	0.1452	0.175	1.0740	0.335	1.4050	0.495	1.6540	0.655	1.8695	0.815	2.0675	0.975	2.2554
0.020	0.2444	0.180	1.0869	0.340	1.4136	0.500	1.6610	0.660	1.8759	0.820	2.0735	0.980	2.2611
0.025	0.3222	0.185	1.0995	0.345	1.4221	0.505	1.6682	0.665	1.8823	0.825	2.0795	0.985	2.2688
0.030	0.3863	0.190	1.1119	0.350	1.4306	0.510	1.6753	0.670	1.8887	0.830	2.0855	0.990	2.2725
0.035	0.4411	0.195	1.1244	0.355	1.4390	0.515	1.6823	0.675	1.8951	0.835	2.0915	0.995	2.2782
0.040	0.4889	0.200	1.1361	0.360	1.4473	0.520	1.6893	0.680	1.9014	0.840	2.0975	1.000	2.2839
0.045	0.5316	0.205	1.1497	0.365	1.4556	0.525	1.6963	0.685	1.9077	0.845	2.1035	1.100	2.3971
0.050	0.5701	0.210	1.1595	0.370	1.4638	0.530	1.7032	0.690	1.9140	0.850	2.1095	1.200	2.5083
0.055	0.6053	0.215	1.1709	0.375	1.4720	0.535	1.7101	0.695	1.9203	0.855	2.1154	1.300	2.6879
0.060	0.6376	0.220	1.1821	0.380	1.4801	0.540	1.7170	0.700	1.9266	0.860	2.1213	1.400	2.7264
0.065	0.6677	0.225	1.1931	0.385	1.4882	0.545	1.7239	0.705	1.9329	0.865	2.1272	1.500	2.8337
0.070	0.6958	0.230	1.2040	0.390	1.4962	0.550	1.7308	0.710	1.9392	0.870	2.1331	1.600	2.9401
0.075	0.7222	0.235	1.2448	0.395	1.5041	0.555	1.7376	0.715	1.9455	0.875	2.1390	1.700	3.0458
0.080	0.7472	0.240	1.2254	0.400	1.5111	0.560	1.7444	0.720	1.9517	0.880	2.1449	1.800	3.1508
0.085	0.7708	0.245	1.2358	0.405	1.5197	0.565	1.7512	0.725	1.9579	0.885	2.1508	1.900	3.2553
0.090	0.7933	0.250	1.2461	0.410	1.5275	0.570	1.7589	0.730	1.9641	0.890	2.1567	2.000	3.3594
0.095	0.8148	0.255	1.2563	0.415	1.5353	0.575	1.7647	0.735	1.9703	0.895	2.1625	2.100	3.4631
0.100	0.8353	0.260	1.2664	0.420	1.5430	0.580	1.7714	0.740	1.9765	0.900	2.1683	2.200	3.5664
0.105	0.8550	0.265	1.2763	0.425	1.5507	0.585	1.7781	0.745	1.9827	0.905	2.1742	2.300	3.6694
0.110	0.8739	0.270	1.2861	0.430	1.5583	0.590	1.7848	0.750	1.9888	0.910	2.1800	2.400	3.7720
0.115	0.8922	0.275	1.2958	0.435	1.5659	0.595	1.7914	0.755	1.9949	0.915	2.1858	2.500	3.8745
0.120	0.9098	0.280	1.3054	0.440	1.5734	0.600	1.7980	0.760	2.0010	0.920	2.1916	2.600	3.9768
0.125	0.9296	0.285	1.3149	0.445	1.5809	0.605	1.8046	0.765	2.0071	0.925	2.1974	2.700	4.0789
0.130	0.9434	0.290	1.3243	0.450	1.5884	0.610	1.8112	0.770	2.0132	0.930	2.2032	2.800	4.1808
0.135	0.9595	0.295	1.3336	0.455	1.5958	0.615	1.8178	0.775	2.0193	0.935	2.2090	2.900	4.2826
0.140	0.9751	0.300	1.3428	0.460	1.632	0.620	1.8243	0.780	2.3243	0.940	2.2148	3.000	4.3843
0.145	0.9903	0.305	1.3519	0.465	1.6106	0.625	1.8308	0.785	2.0315	0.945	2.2206	3.500	4.8891
0.150	1.0051	0.310	1.3610	0.470	1.6179	0.630	1.8373	0.790	2.0375	0.950	2.2264	4.000	5.3958
0.155	1.0195	0.315	1.3700	0.475	1.6252	0.635	1.8438	0.795	2.0435	0.955	2.2322	4.500	5.8993
0.160	1.0335	0.320	1.3789	0.480	1.6324	0.640	1.8503	0.800	2.0495	0.960	2.2380	5.000	6.4020
0.165	1.0473	0.325	1.3877	0.485	1.6396	0.645	1.8567	0.805	2.0555	0.965	2.2438		



Hình 3 - 3 Đường mặt nước khu vực ảnh hưởng ứ dềnh sông lớn, trên sông nhánh

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

b. Thí dụ tính toán

- Đầu bài:

Trên sông nhánh, điều tra và tính toán ra được mực nước ứng với tần suất 1% của bản thân là 96,21m tại cửa sông và 97,02m tại cầu. Độ dốc bình quân lòng sông nhánh là $i_0=0,000336$. Khoảng cách từ cầu đến cửa sông là: 2400m. Trên sông nhánh tại cửa sông đo được mặt cắt ngang sông.

Trên sông lớn, tại mặt cắt L xác định được mực nước ứng với tần suất thiết kế, chuyển về cửa sông nhánh là: 99,34m

Yêu cầu xác định mực nước dềnh sông lớn tại cầu ứng với tần suất

- Bài giải:

Như vậy $Z_1 = 99,34 - 96,21 = 3,13$ m

Tính h_0 tại cửa sông nhánh:

Căn cứ vào mặt cắt ngang sông nhánh tại cửa sông đã đo, áp dụng công thức (3- 4), tính được $h_0 = 4,68$ m

$$\text{Lập tỷ số: } \frac{Z_1}{h_0} = \frac{3,13}{4,68} = 0,6$$

Tra biểu Töpeliuliman (bảng 3-1) được: $f\left(\frac{Z_1}{h_0}\right) = 1,888$

Lắp các trị số đã có vào công thức (3-3) được:

$$0,000336 \frac{2400}{4,68} = 1,8887 - f\left(\frac{Z_A}{h_0}\right)$$

$$\text{suy ra: } f\left(\frac{Z_A}{h_0}\right) = 1,8887 - 0,1725 = 1,716$$

- Tra bảng 3-1, tìm ngược lại có:

$$\frac{Z_A}{h_0} = \frac{Z_A}{4,68} = 0,54$$

- Từ đó rút ra $Z_A = 4,68 \cdot 0,54 = 2,53$ m

- Và cao độ mực nước tại tim cầu kể cả nước dôn ngược là: $H_c = 97,02 + 2,53 = 99,25$ m

- Chiều dài đường nước dềnh ngược là : $L = 2,3,13/0,000336 = 18700$ m.

§ 3.2. Tính toán lưu lượng ở vị trí cầu trong miền ảnh hưởng của hồ đập

3.2.1. Cầu nằm ở thượng lưu đập vĩnh cửu

a. Trường hợp 1:

Nếu thể tích chứa nước trước cầu không nhiều hoặc mực nước bình thường của hồ chứa nước thấp hơn mực nước thiết kế trong trường hợp tự nhiên của dòng sông ở vị trí cầu thì khi đó vẫn có thể tính toán theo lưu lượng thiết kế bản thân của dòng sông.

b. Trường hợp 2:

Khi lưu lượng thiết kế của hồ chứa nước đáng tin cậy mà cầu nằm trong khu vực ảnh hưởng nước dâng của hồ, song cầu cách đập tương đối xa, thì lưu lượng tại vị trí cầu có thể dựa vào lưu lượng thiết kế của hồ chứa nước, điều chỉnh thêm theo công thức sau:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$Q_{cau} = Q_{dap} \left(\frac{F_{cau}}{F_{dap}} \right)^{0,50} \quad (3-6)$$

trong đó:

Q_{cau} : lưu lượng tại vị trí cầu ứng với tần suất thiết kế, m³/s;

Q_{dap} : lưu lượng thiết kế của hồ chứa, có cùng tần suất với tần suất lưu lượng thiết kế cầu, số liệu này thu thập từ các cơ quan chức năng thiết kế hoặc quản lý đập, m³/s;

F_{cau} ; F_{dap} : diện tích lưu vực tính tới cầu và tới đập, km²;

3.2.2. Cầu nằm ở hạ lưu đập vĩnh cửu

a. Trường hợp 1:

Khi vị trí cầu cách đập nước rất gần, ở giữa không có dòng nhánh lớn chảy vào, thì lưu lượng thiết kế dưới cầu có thể lấy bằng lưu lượng thoát qua đập có cùng tần suất với tần suất thiết kế cầu

b. Trường hợp 2:

Đối với hồ chứa nước, nếu sau khi hồ chứa nước bị bồi đầy, không có biện pháp xử lý, không sử dụng hồ nữa, thì lưu lượng thiết kế cầu tính theo điều kiện thiên nhiên (coi như không có hồ).

c. Trường hợp 3:

Nếu vị trí cầu cách đập tương đối xa, giữa có nhiều dòng nhánh gia nhập, thì lưu lượng thiết kế tại cầu có thể tính theo công thức sau:

- Phương pháp chấp đường quá trình

- Trên cùng một hệ trục tọa độ: vẽ đường quá trình thoát lũ của hồ và đường quá trình lưu lượng lũ của lưu vực phía hạ lưu hồ, từ đó tính được lưu lượng thiết kế.

- Nếu khoảng cách giữa vị trí đập đến cầu là L, thì thời gian truyền lũ từ điểm bắt đầu đường quá trình lũ thoát qua hồ chứa với đường quá trình lũ của lưu vực hạ lưu đập tại cầu sẽ là $t = L/V$, trong đó: V là lưu tốc bình quân lòng sông trong đoạn sông từ đập tới cầu. Vì thế trị số sau khi chấp đường quá trình không nằm trong đỉnh cao nhất của 2 đường quá trình.

Phương pháp này tương đối chính xác và hợp lý, nhưng trường hợp thông thường đường quá trình lưu lượng lũ ở khu vực tụ nước phía hạ lưu hồ rất khó thu thập nên ứng dụng bị hạn chế. Vì vậy kiến nghị vẽ theo công thức đường quá trình khái quát của Đ.L.Xôcôlôpski:

- Nhánh lên:
$$Q_t = Q_m \left(\frac{t}{t_l} \right)^m \quad (3 - 7)$$

- Nhánh xuống:
$$Q_t = Q_m \left(\frac{t_x - t}{t_x} \right)^n \quad (3 - 8)$$

trong đó:

Q_t : lưu lượng thời điểm t. Đối với nhánh lên t kể từ lúc bắt đầu lên đến đỉnh lũ, nhánh xuống t kể từ đỉnh lũ đến chân lũ, m³/s;

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Q_m : lưu lượng đỉnh lũ tính theo các công thức ở mục §2.2. Thời gian lũ lên lấy bằng thời gian chảy tụ của đỉnh lũ τ , m³/s;

$$\tau = \frac{L}{3,6v} \quad (\text{giờ})$$

\bar{v} : tốc độ chảy tụ trung bình của đỉnh lũ lấy bằng $0,7V_{\max}$;

V_{\max} : lưu tốc trung bình của tuyến tính toán, tương ứng với lưu lượng đỉnh lũ Q_m đã tính được. V_{\max} cũng có thể tính theo lưu lượng điều tra lũ.

L: chiều dài dòng chính, km;

m, n: số mũ $m = 1 \sim 2$; $n = 2 \sim 3$

t_x : thời gian lũ rút, $t_x = k_n t_1$. Trong đó k_n là tỷ số giữa thời gian lũ dâng trên thời gian lũ rút, có thể căn cứ vào đường quá trình lũ thực đo. Nếu không có đường quá trình lũ thực đo thì có thể xác định theo kinh nghiệm: lưu vực không có rừng hoặc sông nhỏ, đất ít ngấm nước $k_n = 2,0 \sim 2,5$; lưu vực có rừng hoặc sông nhỏ đất ngấm nhiều $k_n = 2,5 \sim 3,5$; sông vừa, bãi bình thường $k_n = 3 \sim 4$; sông lớn bãi rộng $k_n = 4 \sim 6$

- Phương pháp hệ số giảm nhỏ:

Trước hết tìm
$$K = \frac{Q_c}{Q_n} \quad (3 - 9)$$

trong đó:

Q_c : lưu lượng thiết kế sau khi các dòng nhánh đã nhập lại thành dòng chính, m³/s ;

ΣQ_n : tổng lưu lượng thiết kế có cùng tần suất của các dòng nhánh, lúc chưa xây hồ.

Chú ý: *K luôn luôn nhỏ hơn 1 sau khi xây hồ chứa nước. Giả thiết trị số này vẫn không thay đổi, thì lưu lượng thiết kế tại vị trí cầu có thể tính theo công thức:*

$$Q'_p = K(\Sigma Q_T + Q_c) \quad (3 - 10)$$

trong đó:

Q_c : lưu lượng khu giữa (từ đập đến cầu), m³/s ;

ΣQ_T : tổng lưu lượng tháo từ hồ qua đập, m³/s. Số liệu này do cơ quan có tư cách pháp nhân của thủy lợi, thủy điện cung cấp. Nếu không có số liệu thiết kế thì Q_T có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$$Q_T = Q_p[1 - (W_m/W_c)] \quad (3 - 11)$$

Q_p : lưu lượng thiết kế trong điều kiện tự nhiên, m³/s;

W_m : dung tích điều tiết lũ của hồ. Trị số này dựa vào bình đồ địa hình của hồ lập đường cong quan hệ mực nước với dung tích hồ chứa. Nếu do khó khăn không có bình đồ địa hình thì có thể tính theo công thức đơn giản sau:

$$W_m = B_B H_H L_B / 4 = B_0 H_0 L_0 / 4 \quad (3 - 12)$$

B_H : chiều rộng mặt nước hồ ở vị trí đập ứng với mực nước thiết kế, m;

H_H : chiều sâu lớn nhất ở mặt cắt vị trí đập ứng với mực nước thiết kế, m;

B_B : chiều dài ngập của hồ nước ứng với mực nước thiết kế, m;

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

B_0, H_0, L_0 : chiều rộng mặt nước, chiều sâu lớn nhất và chiều dài ngập tương ứng với mực nước dâng bình thường, m;

W_c : tổng thể tích dòng chảy (cách xác định W_c khi có tài liệu quan trắc lưu lượng, dựa vào đường $Q=f(t)$ thiết kế để xác định, trường hợp không có tài liệu quan trắc W_c xác định theo phương pháp gián tiếp từ mưa ra dòng chảy (xem chương II).

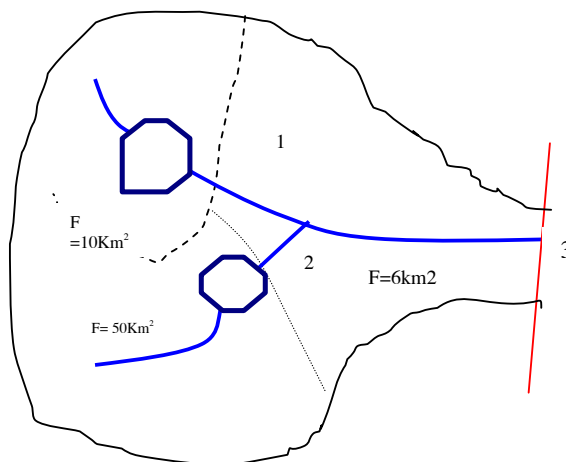
Phương pháp này rất đơn giản, có ý nghĩa sử dụng nhất định, nhưng trong đó giả định trị số K không thay đổi trước và sau khi xây hồ là không phù hợp với tình hình thực tế. Vì sau khi xây hồ trên dòng nhánh thời gian kéo dài liên tục của đỉnh lũ trên đường quá trình chảy ra tương đối dài (gần giống hình thang) lưu lượng lớn nhất ở vị trí cầu xấp xỉ với tổng số lưu lượng đỉnh lũ của các dòng nhánh. Còn ở trường hợp tự nhiên, do thời gian kéo dài liên tục, đỉnh lũ mà các dòng nhánh tương đối ngắn thì đường biểu diễn quá trình lưu lượng không đồng nhất nên lưu lượng trên dòng chính sau khi hợp dòng thường nhỏ hơn tổng lưu lượng đỉnh lũ của các dòng nhánh

- Trị số K khi đó phải nhỏ hơn trị số K sau khi xây hồ, còn lưu lượng thiết kế tìm được có xu thế nhỏ đi.

Thí dụ:

Phân bố dãy hồ chứa nước trong lưu vực thành hình quạt như hình 3 - 4, lần lượt tìm được lưu lượng lớn nhất $P = 2\%$, sau khi được điều tiết hồ chứa nước ở 3 mặt cắt 1, 2, 3... ghi các số liệu đã biết và các kết quả tính toán vào bảng sau:

Số hiệu mặt cắt	Diện tích lưu vực $F(\text{km}^2)$	Lưu lượng lớn nhất $Q(\text{m}^3/\text{s})$	Tổng thể tích dòng chảy $W(\text{m}^3)$	Dung tích điều tiết của hồ $W_m(\text{m}^3)$	Lưu lượng sau khi điều tiết $Q_T(\text{m}^3/\text{s})$
1	10,00	16,50	182	132	4,50
2	30,00	35,00	810	585	9,80
3 (bộ phận)		12,00	52		12,00
		$\Sigma Q = 63,50$			$\Sigma Q = 26,30$
Tổng cộng	46,00	47,00	1044		



Hình 3 – 4

Bố trí dãy hồ chứa nước trong lưu vực thành hình quạt

Lưu lượng ở mặt cắt 1 sau khi điều tiết trong hồ:

$$Q_{T1} = 16,5(1 - 132/182) = 4,50\text{m}^3/\text{s}$$

Lưu lượng ở mặt cắt 2:

$$Q_{T2} = 35,00(1 - 585/810) = 9,80\text{m}^3/\text{s}$$

Hệ số giảm nhỏ:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$K = Q/\Sigma Q = 47/63,5 = 0,74$$

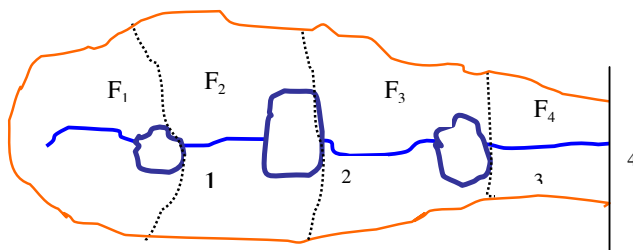
Lưu lượng tại mặt cắt 3:

$$Q'_p = 0,74(4,5+9,8+12,0) = 19,50\text{m}^3/\text{s}$$

Nếu vị trí hồ nước phân bố thành hình thang (xem hình 3-5) và nếu ngành thủy lợi không có tài liệu mà lại cần tiến hành kiểm toán thì tính lưu lượng lớn nhất phải tiến hành liên tục các mặt cắt từ thượng lưu về hạ lưu.

Các bước tính toán:

Trước hết phải dựa vào công thức (3-11), tính lưu lượng Q_{c2} gây ra do Q_{T1} hợp với khu tụ nước F_2 . Tiếp tục theo phương pháp trên tính lưu lượng lớn nhất Q_{T2} của hồ thứ 2, tính lưu lượng lớn nhất Q_{T3} của hồ thứ 3, cho tới mặt cắt 4 mới thôi. Hệ số giảm nhỏ phải xác định riêng cho từng lần tính.



Hình 3 - 5 Bố trí dãy hồ chứa nước thành hình bậc thang

Khi bố trí dãy hồ kiểu hỗn hợp thì phương pháp tính cũng giống như trên. Lúc tính cần phải phân bố hồ chứa làm hai loại: loại hình quạt và loại hình thang, rồi theo biện pháp trên lần lượt xác định lưu lượng lớn nhất của từng loại, sau đó mới tổng hợp lại để xử lý.

- Phương pháp tỷ lệ diện tích

Đối với khu vực hồ chứa nước nhỏ có tác dụng tạm chậm lũ, có thể dùng quan hệ tỷ lệ giữa diện tích tụ nước khống chế của hồ nước với diện tích tụ nước khống chế của vị trí cầu để tính. Dựa vào phương pháp này tính được lưu lượng thiết kế chảy dưới cầu sau khi điều chỉnh hồ nước theo công thức sau:

$$Q'_p = Q_p K_n \quad (3-13)$$

$$K_n = 1 - \frac{(1 - K_k) F_k}{F} \quad (3-14)$$

trong đó:

Q_p : lưu lượng thiết kế tại vị trí cầu trong điều kiện thiên nhiên, m^3/s ;

K_n : hệ số điều tiết lưu lượng tại vị trí cầu;

F_k : diện tích tụ nước khống chế của hồ, km^2 ;

F : diện tích tụ nước toàn phần phía thượng lưu vị trí cầu, km^2 ;

K_k : hệ số điều tiết lưu lượng của hồ nước, bằng tỷ số giữa lưu lượng ở hồ thoát ra với lưu lượng nước chảy vào hồ, căn cứ vào tài liệu thực tế để xác định hoặc tra bảng 3 – 2.

$\frac{100F_k}{F}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
K_k	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,90	0,88	0,87	0,85	0,82	0,79	0,76	0,75	0,70

Trong ba phương pháp nói trên thì phương pháp chập đường quá trình là tương đối thích hợp, còn 2 phương pháp khác sử dụng trong trường hợp thiếu tài liệu (mà diện tích tụ nước không lớn lắm mới có thể áp dụng).

3.2.3. Cầu ở hạ lưu hồ chứa nước tạm thời

a. Đặt vấn đề

Khi vị trí cầu ở hạ lưu hồ chứa nước loại vừa và nhỏ có tiêu chuẩn thiết kế thấp thì sẽ ảnh hưởng đến an toàn cho tuyến đường và công trình thoát nước ở hạ lưu. Gặp trường hợp này phải bàn bạc với đơn vị có liên quan, nếu có thể thì nâng cao tiêu chuẩn tần suất lũ thiết kế của đập để thỏa mãn được yêu cầu của tuyến đường. Nếu nâng cao tiêu chuẩn thiết kế đập nước có khó khăn thì đối với cầu cống ngoài việc thiết kế và kiểm toán theo trường hợp thiên nhiên của dòng sông ra còn phải xét tới ảnh hưởng khi đập bị vỡ.

Khi đập nước tạm thời bị vỡ thì lưu lượng sẽ tăng lên rất lớn, do đó cần căn cứ vào tình hình cụ thể ở thực địa để xét kỹ ảnh hưởng đó. Không nhất thiết phải theo lưu lượng sau khi đập bị vỡ toàn bộ để thiết kế khẩu độ cầu nếu giá thành quá cao. Nguyên tắc chủ yếu là phải bảo đảm an toàn cho các công trình. Nếu điều kiện cho phép, có thể xét cải vị trí tuyến đường. Đối với các hồ chứa nước loại nhỏ không có tài liệu thiết kế, mà qua kiểm toán có thể nâng mực nước trong hồ lên một giới hạn nhất định và nâng cao được khả năng phòng lũ thì có thể xét đến đập nước không bị vỡ. Về những trường hợp này, nhất là đối với cầu cống trên đường cũ và cầu trên các đường thứ yếu cần chú ý đầy đủ hơn.

b. Tính lưu lượng tại vị trí đập bị vỡ (Q_n)

$$Q_n = B_n H_H^{3/2} K_{np} \quad (3-15)$$

trong đó:

B_n : chiều dài đập nước ven theo đường mép nước phía thượng lưu, khi hồ chứa nước tới mực nước cực hạn, m;

H_H : chênh lệch mực nước thượng hạ lưu trước khi vỡ đập, m;

K_{np} : tỷ số xét tới chiều dài có thể vỡ và chiều dài đập B_n , đồng thời xét tới hệ số bóp hẹp mặt bên, quy định như sau:

- Đập cấp V mới xây dựng, điều kiện sử dụng tốt: $K_{np} = 0,50$;
- Đập đất cũ không có đẳng cấp và đập đất cấp V sử dụng không tốt: $K_{np} = 0,75$;
- Đập đất nhỏ chắn nước dùng cho sinh hoạt không có thiết kế: $K_{np} = 0,90$.

c. Tính lưu lượng tại vị trí cầu khi đập bị vỡ (Q_{nH})

- Công thức Litstovan:

$$Q_{nH} = \frac{WQ_n}{W_o + Q_n L_p \tau} \quad (3-16)$$

trong đó:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

W_0 : dung tích hồ chứa ứng với H_{\max} , m^3 ; xác định dựa vào bình đồ đường đồng mức hoặc lấy ở đơn vị quản lý hồ v.v... Nếu thiếu tài liệu có thể dùng công thức gần đúng sau:

$$W_0 = B_{\delta} H_H L_{\delta} / 4 \quad (3-17)$$

B_{δ} : chiều rộng mặt nước hồ chỗ mặt cắt đập, m;

H_H : ý nghĩa như trên;

L_{δ} : chiều dài đập nước, m;

τ : hệ số sóng vỡ ở đập điều kiện chảy về hạ lưu, tra bảng 3 - 3 và 3 - 4.

L_p : khoảng cách từ đập đến cầu theo lòng suối, m.

Bảng 3-3

Dòng sông có nước chảy thường xuyên

Thứ tự	Loại sông	Độ dốc đoạn sông truyền sóng	Trị số τ
1	Sông nhỏ nước cạn	0,0001 ÷ 0,0005	1,50
2	Sông vừa nước cạn	0,00005 ÷ 0,0001	1,25
3	Sông nhỏ vùng đồng bằng	0,0005 ÷ 0,005	1,00
4	Sông vừa vùng đồng bằng	0,0001 ÷ 0,0005	0,80
5	Sông nhỏ vùng trung du	0,005 ÷ 0,05	0,65
6	Sông vừa vùng trung du	0,0005 ÷ 0,005	0,50
7	Sông nhỏ vùng núi	0,05 ÷ 0,01	0,40
8	Sông vừa vùng núi	0,005 ÷ 0,05	0,35

Bảng 3-4

Dòng sông có nước chảy theo mùa

Thứ tự	Độ dốc của đoạn sông truyền sóng	Trị số τ
1	0,0005 ÷ 0,001	1,25
2	0,001 ÷ 0,005	1,00
3	0,005 ÷ 0,01	0,90
4	0,01 ÷ 0,05	0,80

- Theo phương pháp Andrâyep

Khi vỡ đập, sóng lũ chuyển dịch về hạ lưu. Tùy theo khoảng cách từ đập tới công trình, chỗ vỡ đập càng xa, chiều dài sóng càng dài thêm, chiều cao sóng càng giảm đi, lưu lượng lớn nhất vỡ đập (Q_n) cũng giảm theo.

Lưu lượng lớn nhất vỡ đập ở mặt cắt bất kỳ phía hạ lưu chỗ đập bị vỡ tính theo công thức sau:

$$Q_x = \frac{Q_n}{\sqrt{1 + \frac{2Q_n^2 n^2}{W^2 I_0^2} X}} \quad (3 - 18)$$

trong đó:

Q_n : lưu lượng vỡ đập, m^3/s ;

n : hệ số nhám;

W : thể tích nước thoát đi do vỡ đập, m^3 ;

I_0 : độ dốc mặt nước lũ;

X : khoảng cách từ chỗ đập bị vỡ đến điểm tính toán, m.

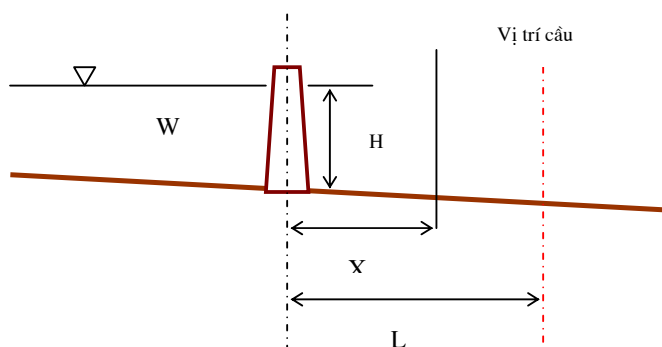
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Sau khi vỡ đập, sóng lũ truyền tới khoảng cách nhất định, lưu lượng nước lúc vỡ đập (Q_x) ở chỗ đó xấp xỉ lưu lượng thiết kế Q khi không vỡ đập. Khoảng cách lâm giới (X_{\min}) này có thể tính theo 2 trường hợp sau:

- Khi vỡ đập, lòng sông hạ lưu không có nước hoặc nước rất ít, từ công thức trên lấy $Q_x = Q$ (Q : lưu lượng thiết kế khi không xét tới vỡ đập), có:

$$X_{\min} = \frac{W^2 I_o^2 \left(\frac{1}{Q^2} - \frac{1}{Q_n^2} \right)}{2n^2} \quad (3-19)$$

Nếu khoảng cách giữa vị trí cầu với vị trí đập lớn quá X_{\min} thì thiết kế khẩu độ cầu không xét tới ảnh hưởng vỡ đập (xem hình 3 - 6).



Hình 3 - 6

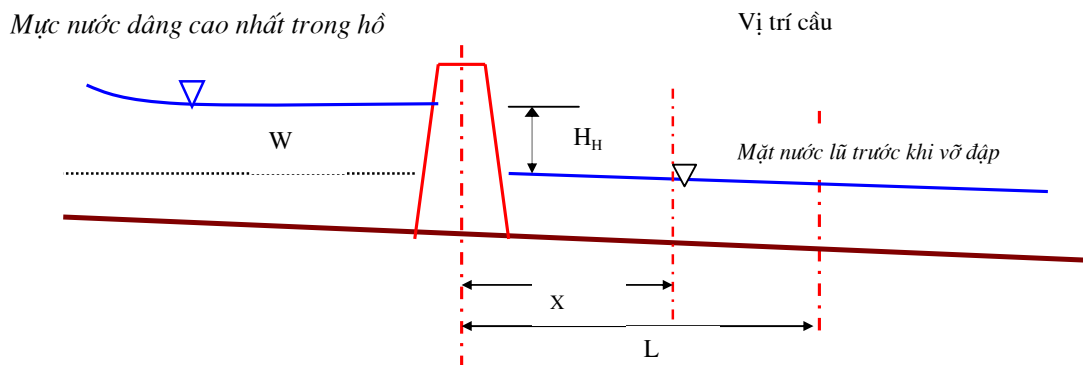
Khi vỡ đập, nếu lòng sông hạ lưu đập nước phát sinh lũ cùng một lúc thì đỉnh lũ giảm xuống, lưu lượng vỡ đập và thể tích đỉnh lũ thoát đi cũng tương ứng giảm đi. Giả định $Q_x \approx 0,05Q$, khi đó ảnh hưởng đỉnh lũ vỡ đập rất nhỏ nên:

$$X_{\min} = W^2 I_x^2 [(400/Q_2) - (1/Q_n^2)] / (2n^2) \approx 200W^2 I_o^2 / (Q^2 n^2) \quad (3-20)$$

Ở trường hợp này, W là thể tích trong phạm vi cột nước H_H (như hình 3-7). Nếu như khoảng cách giữa vị trí cầu và vị trí đập nhỏ quá X_{\min} thì lưu lượng thiết kế cầu là:

$$Q_P = Q + Q_x$$

Chiều dài đoạn tiêu năng nước rút khi đập vỡ khoảng $10H_H$, đoạn tiêu năng nước rút có thể hình thành hố xói, nên kiến nghị bố trí vị trí cầu cách đập nước tạm thời không được nhỏ hơn $20H_H$.



Hình 3 - 7

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

3.2.4. Cầu nằm ở thượng lưu đập nước tạm thời

Khi vị trí cầu ở thượng lưu hồ chứa nước tạm thời thì phải xét ảnh hưởng vỡ của hồ chứa nước. Khi khảo sát phải nghiên cứu điều tra tỷ mỉ đặc trưng của hồ chứa nước và hợp tác chặt chẽ với các ngành có liên quan, rồi căn cứ vào đó xác định lưu lượng thiết kế cầu cống.

Tính lưu lượng mặt cắt vị trí cầu ($Q_{n\sigma}$) ở thượng lưu hồ chứa nước tạm thời theo công thức sau:

$$Q_{n\sigma} = \frac{W_1(Q_n - q_n)}{W_o - W_2} \quad (3 - 21)$$

trong đó:

W_o và Q_n : ý nghĩa như trên;

W_1 : dung tích hồ chứa ở thượng lưu vị trí cầu, m^3 ;

W_2 : dung tích hồ chứa ở hạ lưu vị trí cầu khi cao độ mực nước bằng cao độ thấp nhất đáy sông ở mặt cắt vị trí cầu, m^3 ;

q_n : lưu lượng vỡ của hồ chứa nước tính theo công thức (3-16), trong công thức này tính chênh lệch cột nước (H_H) dựa vào cao độ thấp nhất chỗ mặt cắt vị trí cầu, với mặt cắt đập nước, m^3/s .

Nếu trị số W_2 với q_n không lớn (khi chênh lệch cao độ thấp nhất chỗ mặt cắt vị trí cầu với mặt cắt đập rất nhỏ), có thể đơn giản công thức (3-21) theo dạng sau đây:

$$Q_{n\sigma} = W_1 Q_n / W_o \quad (3 - 22)$$

§ 3.3. Tính toán dòng chảy trong khu vực ảnh hưởng của thủy triều

Triều dâng và triều rút làm thay đổi mực nước và lưu lượng trong sông. Ngoài ra còn làm thay đổi lưu tốc và hướng chảy. Khi triều dâng tạo nên dòng chảy chậm tạm thời và có hướng ngược lại. Khi triều xuống nước rút tốc độ tăng lên.

Dòng triều lên thay đổi ngược với dòng triều xuống không cùng lúc trên toàn mặt cắt mà từ đáy lên mặt, từ bờ đến giữa dòng. Trong một số giờ của pha triều dâng rút có thể quan sát thấy hai dòng chảy ngược nhau.

3.3.1. Tính lưu lượng và mực nước tính toán, khi không có tài liệu quan trắc

a. Lưu lượng triều dâng (Q_d):

$$Q_d = Q_{p\%} - \frac{W_o}{3600\Delta t_d} \quad (3 - 23)$$

b. Lưu lượng triều rút (Q_r):

$$Q_d = Q_{p\%} + \frac{W_o}{3600\Delta t_r} \quad (3 - 24)$$

trong đó :

Q_p : lưu lượng bản thân ứng với tần suất thiết kế, m^3/s ;

Δt_d : thời gian trung bình triều dâng trong mùa lũ, không nhỏ hơn 15 ngày đêm, h;

Δt_r : như trên đối với triều rút, h;

W_o : thể tích triều dâng, m^3 , xác định theo công thức sau:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$W_o = 0,33L_d h_d (B_c + B_L) + K_d \quad (3 - 25)$$

L_d : chiều dài ảnh hưởng lên thượng lưu vị trí cầu lúc triều dâng cao, m;

h_d : độ cao triều dâng trên mực nước trung bình, trong thời kỳ 15 ngày ở mặt cắt vị trí cầu, m;

B_c : chiều rộng ngập tràn của sông trong thời kỳ triều dâng lớn nhất ở mặt cắt vị trí cầu, m;

B_L : chiều rộng ngập tràn của sông ở mặt cắt thượng lưu vị trí cầu một khoảng L_d , m;

K_d : thể tích triều dâng trên sông nhánh, xác định theo công thức:

$$K_d = 0,33 \sum_{i=1}^n (B_{ci} + b_i) l_i \Delta h_i \quad (3 - 26)$$

B_{ci} : chiều rộng ngập tràn của sông nhánh ở cửa sông, m;

b_i : chiều rộng ngập tràn ở chỗ giao thoa sóng triều trên sông nhánh, m;

l_i : chiều dài lan ảnh hưởng triều dâng theo sông nhánh, m;

Δh_i : Độ cao triều dâng ở cửa sông nhánh, m.

Chú ý: trong công thức (3-25) và (3-26) khi tính gần đúng có thể lấy $B_c = B_L$; $B_c = b_i$

- Cao độ mực nước lũ lớn khi triều dâng (H_d), xác định theo công thức sau:

$$H_d = H_p + K_h (h_{\max} - h_{\min} + \Delta h_d) \quad (3 - 27)$$

trong đó:

H_p : mực nước lớn nhất ứng với tần suất thiết kế, tính theo chính lý thống kê liệt nhiều năm của mực nước lớn nhất hàng năm do tác động của tổ hợp lũ và triều, m;

K_h : hệ số xét tới khả năng không trùng lặp hàng năm của đỉnh lũ và triều, phụ thuộc vào số năm quan trắc, tra bảng 3 – 5.

h_{\max} ; h_{\min} : độ chênh lệch mực nước lớn nhất và nhỏ nhất của triều dâng, m;

Δh_d : sự tăng sóng triều phụ thuộc vào lực gió cùng hướng, lấy bằng $(0,70 \div 1,20)h_d$.

Bảng 3-5

Bảng tra K_h

Số năm quan trắc	<5	5 ÷ 10	10 ÷ 30	30 ÷ 50	>50
K_h	0,40	0,30	0,20	0,10	0

3.3.2. Tính lưu lượng thiết kế cầu trên sông ảnh hưởng thủy triều khi có tài liệu quan trắc

a. Vẽ đường cong quan hệ $Q_p = f(H)$

Ở sông có ảnh hưởng thủy triều hoàn toàn khác với sông ở trạng thái tự nhiên khi mực nước cao nhất sinh ra lưu lượng lớn nhất, vì mặt cắt thoát nước rất lớn, lưu tốc tương ứng giảm nhỏ, nên chưa chắc đã là trường hợp khống chế nguy hiểm nhất đối với khẩu độ cầu. Ngược lại khi lưu lượng tính toán tương đối nhỏ, ở mực nước thấp hơn, có thể trở thành lưu lượng tính toán khống chế khẩu độ cầu. Cùng một lưu lượng có thể xuất hiện ở giới hạn dưới trong phạm vi biên độ mực nước, lưu tốc tương ứng lớn nhất xuất hiện trường hợp bất lợi nhất với khẩu độ cầu. Do đó đem mực nước ở giới hạn dưới tương ứng

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

với các loại lưu lượng nối thành đường cong quan hệ $Q \sim H$, sẽ được đường cong lưu lượng tính toán.

Phương pháp vẽ đường cong lưu lượng tính toán là chấm tất cả các điểm quan hệ giữa mực nước lưu lượng, sau đó vẽ đường bao ngoài ở phía bên phải các điểm, được đường cong lưu lượng tính toán, $Q_p=f(H)$.

b. Xác định lưu tốc tính toán

Theo công thức:

$$V_p = \frac{Q_p'}{\omega_p + \sum \omega_n \frac{W_n}{W_p}} \quad (3 - 28)$$

trong đó:

ω_p, ω_n : diện tích thoát nước lòng, bãi sông ứng với mực nước thiết kế, m^2 ;

W_p, W_n : suất phân phối lưu lượng lòng và bãi sông, $W = C\sqrt{R}$;

C : hệ số Sêđi, $C = (1/n)R^y$; y lấy theo Maninh $y = 1/6$;

n : hệ số nhám lòng và bãi sông, tra bảng;

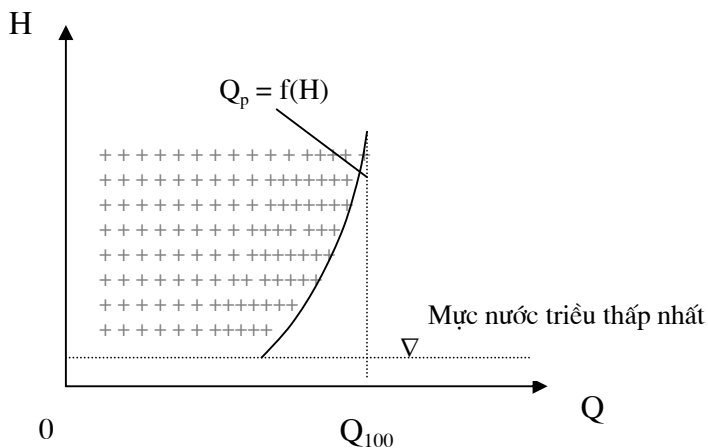
R : bán kính thủy lực, $R = \omega/\chi$. Trong đó: ω - diện tích, χ - chu vi ướt;

Cuối cùng có $W = (1/n)R^{2/3}$

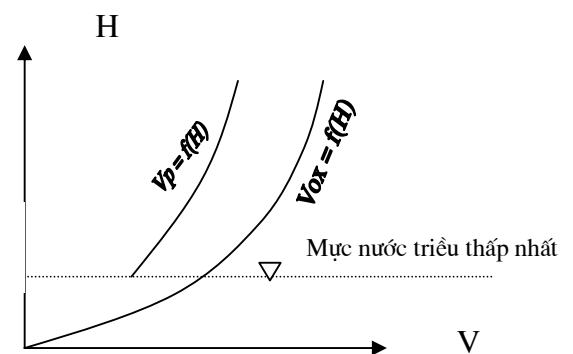
Q_p' : lưu lượng tương ứng với H , tra trên đường quan hệ $Q=f(H)$ (hình 3-8)

Từ đó tính ra được đường cong quan hệ giữa lưu tốc với mực nước. Có thể xuất hiện 3 trường hợp sau:

- Khi nước rất sâu, lưu lượng nhỏ, tất cả lưu tốc các điểm trên đường $V = f(H)$ đều nhỏ hơn lưu tốc không xói cho phép của đất, $V_p < V_{ox}$, xem hình 3-9.



Hình 3 - 8



Hình 3-9

$$V_{ox} = V_1 h^{0,2} \quad (3 - 29)$$

trong đó:

V_1 : lưu tốc cho phép không xói của đất, khi chiều sâu là 1 mét, tra bảng 1 và 2 phụ lục 4 -1, chương IV;

h : chiều sâu thủy trực, m ;

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

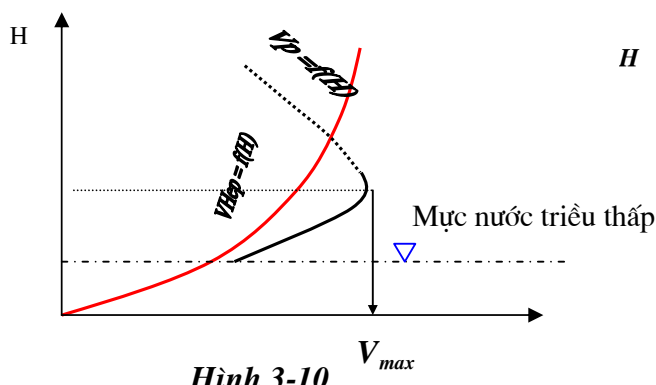
Như vậy lưu tốc tính toán nên dùng V_{ox} .

- Khi thủy triều thấp, nước không sâu lắm, lưu lượng tương đối lớn. Khi thủy triều cao nước rất sâu, lưu lượng ngược lại không lớn lắm, đồng thời một bộ phận lưu tốc trên đường cong $V_p = f(H) >$ lưu tốc không xói của đất, $V_p > V_{ox}$.

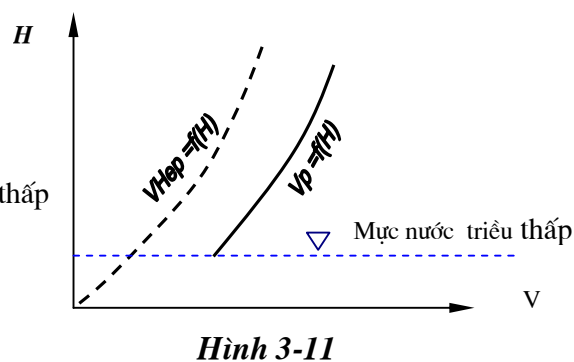
Như vậy:

+ Khi mực nước tính toán $H_p > H_K$: lưu tốc tính toán nên dùng lưu tốc lớn nhất V_{ox} trên đường cong $V_{ox} = f(H)$.

+ Khi $H_p \leq H_K$: lưu tốc tính toán dùng lưu tốc tương ứng với mực nước tính toán trên đường cong $V_p = f(H)$, xem hình 3-10.



Hình 3-10



Hình 3-11

- Khi ảnh hưởng thủy triều tương đối nhỏ, độ sâu và lưu tốc gần bờ như ở trạng thái thiên nhiên. Như vậy tất cả lưu tốc trên đường cong $V_p = f(H)$ đều lớn hơn lưu tốc không xói cho phép của đất $V_p > V_{ox}$.

Lưu tốc thiết kế dùng lưu tốc V_p trên đường cong $V_p = f(H)$ tương ứng với mực nước tính toán (xem hình 3-11).

§ 3.4. Biện pháp điều chỉnh lưu lượng trong tình hình đặc biệt

3.4.1. Nguyên tắc nhập cầu cống và tính toán lưu lượng

Hai hoặc một số cầu cống gần nhau khi điều kiện địa hình cho phép mà phương án nhập cầu, cống về phương diện kinh tế và kỹ thuật hợp lý hơn, thì có thể dùng phương pháp cải mới hoặc lợi dụng hố lấy đất, hay rãnh thoát nước, đem nước của suối nhỏ dẫn vào suối lân cận.

a. Nguyên tắc nhập cầu cống.

- Lưu lượng của suối bị cải không lớn;
- Khoảng cách cải dịch không xa;
- Có đủ độ dốc trong đoạn cải suối ($I \geq 2 \div 3\%$);
- Lưu tốc không lớn, khi thay đổi hướng nước không phát sinh xói nghiêm trọng, ảnh hưởng an toàn của nền đường;
- Lượng hàm cát trong mùa lũ không lớn. Sau khi đào lòng suối không bị cát bồi lấp;

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Khi lưu vực đào có khối lượng đào đá cứng rất lớn làm cho giá công trình tăng nhiều, hoặc địa chất quá xấu (rời rạc) làm cho sông đào dễ xói và biến hình;
- Trường hợp thông thường đối với cải suối không cần gia cố, nhưng cạnh đó có đá thì nên lát từng đoạn một để đề phòng xói cục bộ.

b. Công thức tính toán lưu lượng nhập sông suối

$$Q = Q_0 + 0,75(Q_1 + Q_2 + \dots) \quad (3-30)$$

trong đó:

Q: lưu lượng thiết kế tại công trình thoát nước khi nhập, m³/s;

Q₀: lưu lượng thiết kế của sông, suối làm cầu, cống, m³/s;

Q₁; Q₂... : lưu lượng thiết kế của các sông bị nhập, m³/s.

3.4.2. Ước tính truyền lũ

Khi địa hình thượng hạ lưu khu vực tụ nước có sự khác biệt rõ rệt, nghĩa là đỉnh lũ ở cửa núi lớn mà ở đoạn bằng phẳng phía hạ lưu có hiện tượng đỉnh lũ đổ tràn, lưu lượng thiết kế nên triết giảm theo lý luận truyền lũ.

Đầu tiên tìm thời gian truyền lũ từ mặt cắt thượng lưu đến mặt cắt hạ lưu:

$$\tau = \tau_\lambda L_1 \quad (\text{ph}) \quad (3-31)$$

trong đó:

L₁: khoảng cách giữa 2 mặt cắt, km;

τ_λ : thời gian cần thiết của con lũ đi 1km theo sông tính bằng phút (tra bảng 3- 6).

Tại vị trí mặt cắt hạ lưu, thời gian bắt đầu có lũ so với mặt cắt thượng lưu chậm một thời gian là τ. Thời gian τ tính theo lưu lượng bình quân của lũ, lưu lượng bình quân là lưu lượng lớn nhất trong đường quá trình lưu lượng nhân với hệ số bằng 0,60. Có thể tính theo khoảng cách thẳng giữa 2 điểm nhân với suất đường cong là 1,25. Giả định mặt cắt thoát nước dạng hình tam giác có mái dốc bờ là 1:5.

Trong phạm vi L₁ giữa 2 mặt cắt giả định ở lòng sông chứa được thể tích chảy là L₁W (1000m³), W: là diện tích bình quân của 2 mặt cắt thượng hạ lưu. Thể tích này chính là yếu tố thúc đẩy hiện tượng đổ tràn của con lũ. Lúc đó thời gian thông qua của đỉnh lũ nên tăng thêm:

$$\frac{1}{\beta} = \frac{t + \tau}{t} \quad (3-32)$$

trong đó:

t: toàn bộ thời gian từ lúc bắt đầu có dòng chảy tới đỉnh lũ. Để cho thể tích nước lũ không thay đổi nên giảm nhỏ tung độ của lưu lượng :

$$\beta = \frac{t}{t + \tau} \quad (3-33)$$

Phương pháp này không những thích hợp với tình hình trên mà khi có 2 hoặc trên 2 cầu cống nhập một. Trong trường hợp này nếu sông men theo tuyến có thể chứa một bộ phận nước lũ và có hiện tượng đổ tràn của đỉnh lũ thì cũng có thể áp dụng.

Bảng tra trị số của τ_L : thời gian cần thiết chảy của mỗi 100m (phút)

Thứ tự	Q (m ³ /s)	m _L	Độ dốc bình quân (hoặc số mét cao trên 1km)											
			1	2	3	5	7	10	15	20	30	40	60	100
1	3	25	4,6	3,5	2,9	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	0,97	0,85
		20	5,5	4,1	3,6	2,9	2,6	2,3	1,9	1,8	1,5	1,5	1,2	0,95
		15	6,6	5,1	4,4	3,6	3,2	2,8	2,4	2,2	1,8	1,8	1,5	1,20
		10	6,6	6,9	6,0	4,9	4,3	3,8	3,3	3,0	2,5	2,3	2,0	1,60
2	5	25	4,1	3,1	2,6	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,85	0,75
		20	4,8	3,6	3,2	2,6	2,3	2,0	1,7	1,6	1,3	1,20	1,0	0,80
		15	5,9	4,5	3,9	3,2	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,50	1,3	1,0
		10	5,9	6,1	5,2	4,3	3,8	3,4	2,9	2,6	2,2	2,0	1,7	1,4
3	7	25	3,7	2,8	2,4	2,0	1,8	1,5	1,4	1,2	1,0	0,90	0,78	0,70
		20	4,4	3,8	2,9	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,10	0,93	0,78
		15	5,4	4,1	3,6	2,9	2,6	2,3	2,0	1,8	1,5	1,40	1,2	0,94
		10	5,4	5,6	4,8	3,9	3,5	3,1	2,7	2,4	2,0	1,80	1,6	1,30
4	10	25	3,4	2,6	2,2	1,8	1,6	1,4	1,3	1,1	0,93	0,84	0,70	0,63
		20	4,0	3,0	2,6	2,2	1,9	1,5	1,4	1,3	1,1	0,97	0,85	0,71
		15	5,0	3,7	3,3	2,7	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,20	1,1	0,85
		10	5,0	5,1	4,4	3,7	3,2	2,9	2,4	2,2	1,8	1,70	1,4	1,20
5	15	25	3,0	2,3	2,0	1,5	1,5	1,3	1,2	1,0	0,85	0,75	0,65	0,55
		20	3,60	2,8	2,4	1,9	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	0,90	0,77	0,64
		15	4,50	3,4	2,9	2,4	2,2	1,9	1,6	1,3	1,3	1,10	0,95	0,77
		10	4,50	4,6	3,9	3,3	2,9	2,6	2,2	2,0	1,7	1,50	1,30	1,10
6	20	25	2,8	2,1	1,9	1,5	1,4	1,2	1,1	0,93	0,79	0,70	0,60	0,50
		20	3,4	2,6	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,94	0,84	0,72	0,58
		15	4,2	3,2	2,7	2,2	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2	1,0	0,88	0,74
		10	5,6	4,3	3,6	3,1	2,7	2,4	2,0	1,8	1,6	1,4	1,20	1,00
7	50	25	2,2	1,7	1,5	1,2	1,1	0,94	0,85	0,75	0,60	0,55	0,46	0,40
		20	2,7	2,1	1,8	1,4	1,3	1,1	0,95	0,86	0,75	0,65	0,56	0,45
		15	3,3	2,5	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	0,90	0,82	0,66	0,57
		10	4,4	3,4	2,8	2,5	2,2	1,9	1,6	1,4	1,03	1,1	0,96	0,82
8	100	25	1,9	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,50	0,45	0,40	0,30
		20	2,3	1,8	1,5	1,2	1,1	0,94	0,82	0,72	0,62	0,55	0,46	0,35
		15	2,7	2,1	1,9	1,5	1,4	1,2	1,0	0,90	0,80	0,70	0,57	0,50
		10	3,7	2,8	2,4	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,10	0,95	0,82	0,67
9	200	25	1,5	1,2	1,1	0,86	0,77	0,67	0,58	0,52	0,44	0,40	0,35	0,29
		20	1,9	1,4	1,3	1,0	0,91	0,79	0,68	0,61	0,52	0,47	0,40	0,34
		15	2,3	1,8	1,6	1,3	1,1	0,97	0,84	0,76	0,64	0,58	0,50	0,41
		10	3,2	2,4	2,1	1,7	1,5	1,03	1,2	1,0	0,90	0,79	0,68	0,56
10	500	25	1,10	0,93	0,85	0,69	0,62	0,54	0,46	0,41	0,36	0,31	0,28	0,22
		20	1,20	1,10	1,00	0,81	0,73	0,66	0,56	0,49	0,43	0,38	0,33	0,26
		15	1,70	1,40	1,30	1,00	0,88	0,78	0,69	0,60	0,53	0,46	0,40	0,33
		10	2,30	2,00	1,40	1,40	1,20	1,10	0,72	0,82	0,70	0,62	0,54	0,45
11	1000	25	0,96	0,81	0,72	0,59	0,52	0,45	0,40	0,35	0,31	0,28	0,23	0,19
		20	1,10	0,98	0,85	0,68	0,61	0,53	0,46	0,41	0,36	0,32	0,27	0,22
		15	1,40	1,10	1,00	0,86	0,76	0,65	0,59	0,57	0,44	0,38	0,33	0,28
		10	0,90	1,60	1,40	1,10	0,97	0,98	0,72	0,69	0,59	0,53	0,45	0,38

Ghi chú: m_L là hệ số nhám lòng sông

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Thí dụ:

$$Q_{1\%} = 100\text{m}^3/\text{s}; L_1 = 4,3\text{km}; m_1 = 20; i_0 = 7\text{‰}; t = 68\text{phút.}$$

Giải: Tra bảng 3 – 6 được $\tau_{\lambda_{100}} = 1,1\text{phút}/100\text{m}$

Vậy thời gian để con lũ đi được 1 km (1000m) là $\tau_{\lambda_{1000}} = 1,1 \cdot (1000/100) = 11\text{ phút}$

$$\text{Hay } \tau_{\lambda_{1\text{km}}} = 1,1 \cdot 10 = 11\text{ phút}$$

$$\tau = 11 \cdot 4,3 = 47,3\text{phút}$$

$$\beta = 68/(68+47,3) = 0,59. \text{ Tính được: } Q'_{1\%} = 0,59 \times 100 = 59\text{m}^3/\text{s}$$

3.4.3. Tính lưu lượng thiết kế sông máng

Hệ thống nông giang, gồm sông máng chính, kênh mương. Khi tuyến đường cắt qua đó cần phải bố trí cầu cống hoặc xê dịch mương máng, thì tài liệu thiết kế sẽ thu thập ngay ở cơ quan thủy lợi địa phương như: Q, H, V, diện tích, thời gian tưới, yêu cầu về khẩu độ và trị số tổn thất cột nước cho phép, kích thước mương máng và cao độ lòng mương máng v.v...

Nếu không có biện pháp nào thu thập tài liệu này, phải điều tra khảo sát ngay tại hiện trường để lấy được số liệu tính toán Q, H, V thiết kế.

Công thức tính lưu lượng mương máng, theo sổ tay tính toán thủy văn cầu cống Trung Quốc:

$$Q = \frac{m\omega}{60 \times 60 \times 24 \times T \times n \times 15} = \omega K \quad (3 - 34)$$

trong đó:

m: định mức lượng nước cần thiết cho một tấn lúa, theo lớp đất;

T: thời gian cần thiết cho diện tích được tưới, ngày đêm;

ω : diện tích được tưới trong thời gian T, ha;

$n = Q'/Q$: lưu lượng tính toán theo số ha được tưới/lưu lượng theo điều tra hình thái

n: có thể dùng hệ số có ích ở các mương máng lân cận, hoặc ở cơ quan quản lý thủy nông.

Chú ý: số liệu của các thông số trong công thức trên khai thác tại các cơ quan quản lý thủy lợi.

3.4.4. Tính lưu lượng ở khu vực có hiện tượng cacstơ

Hiện tượng cacstơ phân nhiều xuất hiện ở khu vực núi đá vôi. Khi dòng chảy qua khu vực có cacstơ thì một bộ phận hoặc toàn bộ nước chảy vào hang cacstơ trở thành dòng chảy ngầm, vì vậy lưu lượng phía hạ lưu khu vực có cacstơ nhỏ đi rõ rệt.

Tim lưu lượng nước chảy ra từ cacstơ có thể dùng phương pháp của Viện thiết kế 2 Trung Quốc biên soạn được giới thiệu dưới đây:

Đầu tiên phải xác định được mực nước lũ lịch sử của một năm nào đó ở khu vực hạ lưu cacstơ. Cửa hang cacstơ có bị ngập hay không, đồng thời thượng hạ lưu hang cacstơ cần đo mặt cắt hình thái để tính toán lưu lượng.

Giả thiết:

Q_1 : lưu lượng phía thượng lưu hang cacstơ, tính theo phương pháp hình thái hay lưu vực.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Q_2 : lưu lượng khe suối phía hạ lưu hang cacstơ, dùng phương pháp hình thái tính ra.

Như vậy lưu lượng còn lại trong lưu vực sẽ là : $Q = Q_1 - Q_2$

Nếu cửa vào và cửa ra của hang cacstơ chênh nhau rất lớn mà cửa vào nước ngập còn nông, thì cho Q_0 là một hằng số. Ngược lại độ chênh nhau giữa 2 cửa vào và cửa ra của hang cacstơ chênh nhau không lớn mà nước ngập ở cửa vào tương đối sâu thì phải điều tra nhiều trận lũ lịch sử để tìm ra quan hệ giữa lưu lượng cacstơ với chiều sâu nước $Q_0 = f(H)$.

Do ảnh hưởng của cacstơ nên những giá trị C_v , C_s , Q_{bq} của dòng sông phía hạ lưu vùng cacstơ đều có thay đổi lớn, cho nên không thể dùng phương pháp thông thường để tính lưu lượng theo tần suất thiết kế. Chỉ có thể sau khi tính được, dùng lưu lượng ứng với tần suất thiết kế phía thượng lưu hang cacstơ rồi trừ đi lưu lượng thoát ra từ cacstơ làm lưu lượng thiết kế phía hạ lưu.

§ 3.5. Nghiệm chứng lưu lượng tính toán

Dòng chảy trên lưu vực nhỏ là số liệu cơ bản để tính khẩu độ cầu nhỏ, cống. Chọn được phương pháp tính toán với tham số sử dụng thích hợp có liên quan rất nhiều đến giá thành cầu cống và an toàn vận chuyển. Vì biện pháp tính toán hiện nay là dựa vào đặc tính khí hậu, địa mạo, địa hình và địa chất v.v... nên kết quả không thể phù hợp với tình hình thực tế. Do đó trong sử dụng cần phải nghiệm chứng thêm với tình hình cụ thể tại hiện trường, ở đây giới thiệu phương pháp nghiệm chứng thường dùng và biện pháp tính toán điều chỉnh lưu lượng lý luận.

3.5.1. Biện pháp nghiệm chứng bằng điều tra hình thái

a. Lòng lạch để nghiệm chứng bằng điều tra hình thái cần có các điều kiện sau:

- Có thể điều tra mực nước lũ chính xác và xác định được tần suất tương ứng của nó;
- Mực nước lũ không ngập bãi hoặc ngập rất ít;
- Đoạn sông tương đối thẳng;
- Mặt cắt lòng sông không có trường hợp xói bồi hàng năm;
- Hạ lưu không có hiện tượng nước chảy ngược hoặc có kè đập, vật nổi làm tắc dòng nước;
- Không có hiện tượng dòng bùn đá.

b. Các bước nghiệm chứng điều tra như sau:

- Điều tra mực nước lũ lịch sử và xác định tần suất tương ứng bằng cách hỏi nhân dân.

Có hai phương pháp xác định tần suất lũ lịch sử:

- Tính theo công thức tần suất kinh nghiệm;
- Dùng tần suất lượng mưa làm tần suất lưu lượng đỉnh lũ nếu trong lưu vực hoặc gần đó có tài liệu lượng mưa.
- Tính lưu lượng lũ lịch sử

Căn cứ vào mặt cắt ngang suối, độ dốc lòng suối và hệ số nhám, dùng công thức Sêđi -Manning tính lưu lượng lũ lớn nhất lịch sử.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Lấy lưu lượng lũ lớn nhất lịch sử làm cơ sở xác định lưu lượng thiết kế.

Căn cứ vào tài liệu điều tra hình thái, so với lưu lượng lý luận cùng tần suất có thể biết được phạm vi sai số từ đó mà điều chỉnh lưu lượng lý luận.

3.5.2. Phương pháp nghiệm chứng lưu lượng lớn nhất lịch sử chảy qua cầu cống cũ

a. Nghiệm chứng lòng lạch có cầu cống cũ cần những điều kiện sau:

- Điều tra chính xác chiều cao nước tích trước cầu và tần suất tương ứng của nó;
- Cầu cống bóp hẹp dòng nước nhiều, khi có lũ lớn sẽ phát sinh dòng chảy lâm giới;
- Trường hợp dưới cầu cống không bị bồi hoặc xói v.v...
- Hạ lưu không có hiện tượng nước tràn ngược, không có đập, không có vật nổi trôi, hoặc nguyên nhân nào đó tắc đoạn sông dẫn đến nước dâng cao;
- Không có dòng bùn đá;
- Cầu cống nằm trong phạm vi đoạn đường có thể đặt thủy chí để đo nghiệm chứng;
- Nước lũ tràn ra lòng lạch, hoặc tràn ít.

b. Các bước nghiệm chứng như sau:

- Điều tra thu thập tài liệu:
 - Điều tra mực nước lũ cao nhất lịch sử phía thượng lưu cầu (chỗ 1/4 nón, hoặc đầu cuối tường cánh, chỗ chân dốc nền đường);
 - Năm phát sinh mực nước lũ cao nhất lịch sử và tần suất tương ứng của nó;
 - Loại cầu cống, khẩu độ tĩnh cao, độ dốc lòng sông, cao độ cửa ra vào, tình hình xây lát dưới cầu và chiều dài cống v.v...
 - Các lần xảy ra sự cố, chi tiết tình hình xói lở, ngập lụt.
- Tính lưu lượng lũ lớn nhất lịch sử

Phương pháp tính xem phần có liên quan trong biện pháp kiểm toán khẩu độ cầu, cống cũ. Biện pháp tính đổi lưu lượng giống phương pháp nghiệm chứng điều tra hình thái.

3.5.3. Điều chỉnh lưu lượng lý luận

Ở khu vực khí hậu, địa chất, địa hình, địa mạo gần giống nhau chọn ít nhất từ 10 đến 15 cầu cống, đo chiều sâu bình quân nước lớn nhất ứng với tần suất thiết kế lần lượt tính tỷ số lưu lượng quan trắc và lưu lượng lý luận cùng tần suất: $\alpha = Q_H/Q_m$ và tỷ số bình quân α_{cp} tính đổi thành tỷ số theo tần suất 1% làm số điều chỉnh lưu lượng lý luận M (hệ số tính đổi theo tần suất 1% xem bảng 3-7).

Lưu lượng ở khu vực cùng loại (khu vực có khí hậu, địa chất, địa hình, địa mạo tương tự) đều dùng cùng một số điều chỉnh. Sau khi xác định hệ số điều chỉnh rồi, có thể dựa vào đó để kiểm toán xem khẩu độ cầu nhỏ, cống cũ và cao độ nền đường có đủ hay không.

Nếu lưu lượng điều chỉnh không vượt quá năng lực thoát nước bình thường của công trình từ 20-25% trở lên và nếu trạng thái kỹ thuật của công trình còn tốt, không cần phải thay đổi cơ bản thì có thể giữ nguyên khẩu độ cũ. Ngoài ra có thể giảm bớt chiều cao dự trữ của nền đường vượt quá mực nước lũ cao nhất nhưng không giảm quá 0,25m.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Nếu kết quả tính được không phù hợp với điều kiện trên, cần phải mở rộng khẩu độ cầu cho thích hợp, hoặc dùng biện pháp nâng cao năng lực thoát nước của công trình.

Đối với tất cả các công trình bị nước lũ xói mòn, hay nền đường ngập tràn và cả các công trình vì tình trạng kỹ thuật cần phải thay đổi cơ bản thì phải xác định lưu lượng theo như ở tuyến mới và kết hợp với mục điều chỉnh trị số lưu lượng, xác định lại khẩu độ thoát nước.

Bảng 3- 7

Hệ số tính đổi theo tần suất 1%

P	C_v	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,2	1,5
	%	C_s	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,85	2,0	2,3	2,9
20		1,37	1,57	1,77	1,98	2,20	2,39	2,57	3,04	3,50	4,19
10		1,25	1,37	1,49	1,60	1,71	1,80	1,90	2,09	2,28	2,50
5,0		1,16	1,23	1,29	1,35	1,41	1,45	1,49	1,58	1,65	1,73
4,0		1,13	1,20	1,25	1,30	1,34	1,37	1,41	1,47	1,53	1,59
3,0		1,11	1,16	1,19	1,23	1,26	1,28	1,31	1,36	1,41	1,46
2,0		1,07	1,09	1,11	1,13	1,15	1,16	1,18	1,20	1,22	1,24

Thí dụ:

Cho 10 cầu cống cũ ở các lưu vực của một tuyến đường, trị số $\alpha = Q_H/Q_m$ và số liệu tính toán như bảng sau:

Ký hiệu công trình	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\alpha = Q_H/Q_m$	0,25	0,50	0,30	0,15	0,10	0,15	0,66	0,35	0,80	0,20
$K = \alpha/\alpha_{cp}$	0,74	1,47	0,88	0,44	0,29	0,44	1,77	1,03	2,35	0,59
$K - 1$	-0,26	0,47	-0,42	-0,56	-0,71	-0,56	0,77	0,03	1,35	-0,41
$(K - 1)^2$	0,07	0,22	0,01	0,31	0,50	0,31	0,59	0,00	1,82	0,17

ở bảng trên có:

$$\Sigma \alpha = 3,4 \quad ; \quad \Sigma (K_i - 1)^2 = 4,6 \quad ; \quad \alpha_{cp} = 3,4/10 = 0,34; \quad C_v = [\Sigma (K_i - 1)^2 / (n-1)]^{0,5} = 0,67$$

Giả thiết tần suất bình quân các mực nước quan trắc trên là 5%, căn cứ vào bảng 3-7 xác định được hệ số tính đổi là 1,44. Vậy hệ số điều chỉnh lưu lượng lý luận của khu vực này là:

$$M = 1,44 \times 0,34 = 0,49$$

Tần suất tính toán là 1%

Lưu lượng điều chỉnh là: $Q' = MQ_{1\%}$

Tài liệu sử dụng trong Chương III:

- [1]. Sổ tay tính toán thủy văn cầu đường. Viện thiết kế GTVT dịch từ nguyên 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]. Giáo trình thủy văn công trình. Trường Đại học GTVT Hà Nội.

CHƯƠNG IV – PHÂN TÍCH THUYẾT LỰC CÔNG TRÌNH CẦU THÔNG THƯỜNG

§ 4.1. Yêu cầu cơ bản khi định các phương án khẩu độ cầu

Công trình cầu qua sông phải được thiết kế thoả mãn các yêu cầu về kinh tế, kỹ thuật, địa hình, địa chất, thủy văn, môi trường v.v.... Để định được phương án khẩu độ cầu hợp lý cần xem xét rất nhiều vấn đề. Dưới đây chỉ tóm tắt một số điểm chính cần lưu ý.

- Bảo đảm an toàn cho giao thông trên cầu và bản thân cầu khi xảy ra lũ thiết kế;
- Tránh do làm cầu mà nước sông dâng quá lớn phía thượng lưu cầu, gây ảnh hưởng đến sinh hoạt đời sống của con người và độ an toàn các công trình khác;
- Bảo đảm thuyền bè qua lại trên sông bình thường ở mức cho phép;
- Khẩu độ cầu không nên làm nhỏ hơn chiều rộng lòng chủ để tránh phải đắp và xử lý nền đường đầu cầu trong phạm vi lòng chủ, tránh gây nên những biến đổi lớn về chế độ thủy lực và môi trường khu vực cầu;
- Đối với sông có nhiều bãi rộng và lạch sâu, nên dùng sơ đồ nhiều cầu thay cho sơ đồ một cầu để tránh nước dâng quá cao, nền đường phải làm việc trong điều kiện bất lợi;
- Nên bố trí cầu vuông góc với dòng chảy;
- Nên bố trí cầu ở đoạn sông hẹp, lòng sông thẳng đều, ổn định, mặt cắt ngang sông gọn để với một diện tích thoát nước cần thiết, khẩu độ cầu có chiều dài ngắn nhất trong điều kiện địa chất hai mố ổn định nhất;
- Cần xét tới quá trình diễn biến lòng sông (xem Chương VI), chủ động đề xuất giải pháp xây dựng công trình hướng dòng, công trình bảo vệ bờ (xem chương VII) nếu cần thiết.

§ 4.2. Xác định khẩu độ cầu thông thường

4.2.1. Yêu cầu khẩu độ cầu

Về mặt thủy văn, thủy lực, trị số khẩu độ cầu đề xuất phải thoả mãn các yêu cầu cơ bản:

- Cầu phải thoát hết được lưu lượng lũ thiết kế với độ dâng nước cho phép có thể ở phía thượng lưu cầu;
- Yêu cầu chi phí xây dựng công trình hướng dòng, công trình gia cố bảo vệ mố, trụ cầu, bảo vệ bờ sông, bảo vệ mái đê (nếu có) là ít nhất.

4.2.2. Tài liệu ban đầu để xác định khẩu độ cầu

- Tài liệu địa hình: bình đồ khu vực cầu, mặt cắt dọc tìm cầu các phương án;
- Tài liệu thủy văn, thủy lực: lưu lượng lũ thiết kế và mực nước tương ứng, mực nước lũ thiết kế, sự phân bố lưu lượng, vận tốc dòng nước ở lòng chủ và bãi sông;
- Tài liệu địa chất: bình đồ vị trí lỗ khoan, chỉ tiêu cơ lý các lớp đất dưới đáy sông.

4.2.3. Công thức xác định khẩu độ cầu

Công thức xác định diện tích thoát nước cần thiết dưới cầu có dạng:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

$$\omega_c = Q / \mu P V_{ch} \quad (4-1)$$

trong đó:

ω_c : diện tích cần thiết thoát nước dưới cầu trước khi xói ứng với mực nước tính toán, m²;

Q: lưu lượng tính toán ứng với tần suất thiết kế, m³/s;

μ : hệ số thu hẹp dòng chảy do mố và trụ cầu, xác định theo bảng 4-1;

P: hệ số xói cho phép lớn nhất lấy theo bảng 4-2;

V_{ch} : tốc độ trung bình dòng chảy ở lòng sông lúc tự nhiên ứng với lũ thiết kế, dựa vào tài liệu thực đo hoặc công thức kinh nghiệm, m/s. Có thể tham khảo giá trị V_{ch} theo kinh nghiệm của Listovan ở bảng 4-3.

Bảng 4-1

Hệ số thu hẹp dòng chảy μ do mố và trụ cầu

Thứ tự	V_{ch} (m/s)	Khẩu độ thoát nước (m)												
		≤ 10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
1	< 1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,5	0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
4	2	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
5	2,5	0,90	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00
6	3	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
7	3,5	0,87	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
8	≥ 4	0,85	0,88	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99

Bảng 4-2

Hệ số xói cho phép P

Lưu lượng nguyên tố tại cầu khi chưa xói và đào rộng lòng sông, q (m ³ /sm)	≤ 2	3	5	10	15	≥ 20
Hệ số xói cho phép P	2,20	2,10	1,70	1,40	1,30	1,25

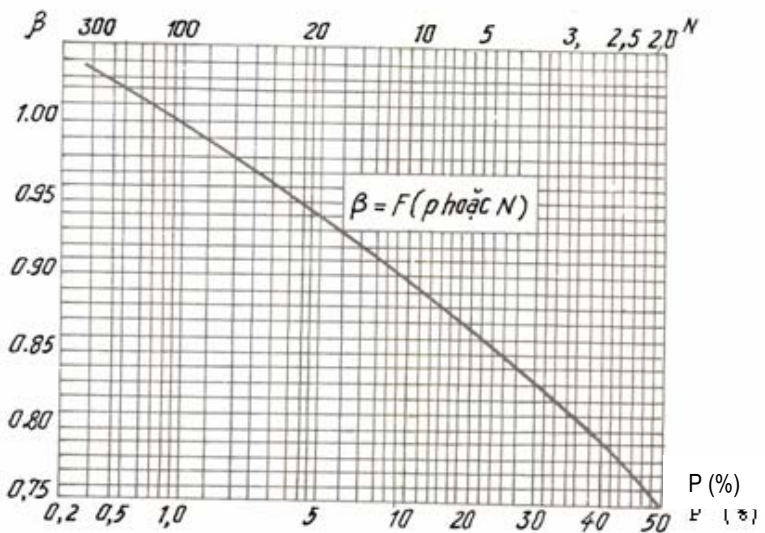
Bảng 4-3

Tốc độ trung bình dòng chảy lòng sông ở điều kiện tự nhiên ứng với lũ tần suất 1%

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

TT	Đặc trưng đất lòng sông		Tốc độ trung bình của dòng chảy ở lòng sông với độ sâu khác nhau V_{ch} (m/s)										
	Đất không dính		h_{bq} (m)										
	Mô tả	d (mm)	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18
1	Cát nhỏ chứa bùn	0,15	0,56	0,67	0,75	0,83	0,90	1,01	1,11	1,20	1,28	1,35	1,41
2	Cát nhỏ và đất cát pha sét	0,50	0,72	0,86	0,96	1,05	1,13	1,28	1,39	1,50	1,61	1,70	1,78
3	Cát nhỏ và lẫn sỏi	1,00	0,89	1,05	1,19	1,29	1,38	1,55	1,71	1,84	1,95	2,04	
4	Cát to lẫn sỏi	2,50	1,11	1,30	1,45	1,59	1,69	1,88	2,05	2,20	2,34	2,46	
5	Đá sỏi lẫn cát to	6	1,36	1,57	1,74	1,90	2,01	2,22	2,42	2,57	2,72		
6	Đá cuội nhỏ lẫn sỏi và cát	15	1,70	1,95	2,12	2,28	2,41	2,64	2,84	3,02	3,20		
7	Cuội nhỏ lẫn sỏi cát	25	2,05	2,33	2,56	2,74	2,90	3,14	3,37	3,57			
8	Cuội lớn lẫn sỏi	60	2,46	2,77	3,00	3,19	3,35	3,64	3,90	4,12			
9	Sỏi nhỏ lẫn sỏi cuội	140	3,00	3,36	3,62	3,85	4,03	4,39	4,65				
10	Sỏi lớn lẫn cuội	250	3,57	3,96	4,24	4,51	4,70	5,04	5,43				
11	Cuội trung bình và nhỏ	450	4,19	4,60	4,88	5,15	5,35	5,70					
12	Cuội lớn	750	4,90	5,31	5,60	5,87	6,07	6,45					
	Đất dính												
	Mô tả	$\gamma_{khô}$ (T/m ³)											
13	Sét nhão và sét pha cát	1,00	0,82	0,97	1,10	1,22	1,31	1,49	1,65	1,77	1,89	2,00	
14	Sét vừa và sét pha cát	1,40	1,11	1,28	1,41	1,53	1,63	1,80	1,95	2,07	2,18		
15	Sét mịn và sét pha cát	1,80	1,48	1,67	1,80	1,92	2,03	2,21	2,36	2,48			

Ghi chú: Khi đổi thành tần suất lũ thiết kế khác, số ghi trong biểu phải nhân với hệ số β . Trị số β được xác định qua biểu đồ trên hình 4-1.



Hình 4-1: Biểu đồ xác định hệ số β cho các tần suất thiết kế

Trường hợp cầu hợp với hướng nước chảy của lòng sông một góc chéo α thì chiều dài thoát nước cần thiết theo phương chéo L_{ch} cần được hiệu chỉnh cho góc chéo đó:

$$L_{ch} = L_c / \cos\alpha \quad (4-2)$$

§ 4.3. Xói dưới cầu

4.3.1. Phân biệt ba loại xói có thể gây nguy hiểm cho cầu vượt sông

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

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- 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 mố 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. Chiều sâu dòng nước sau xói cục bộ tại trụ là:

$$h_{xtr.} = h_{xtn.} + \Delta h_{xch.} + \Delta h_{xcb.} \quad (4-3)$$

trong đó:

$h_{xtr.}$: chiều sâu dòng nước tại trụ sau xói cục bộ tính từ mực nước thiết kế, m;

$h_{xtn.}$: chiều sâu dòng nước tại trụ sau xói tự nhiên (đã xét tới khả năng biến dạng tự nhiên của lòng sông) tính từ mực nước thiết kế, m;

$\Delta h_{xch.}$: chiều sâu xói chung do cầu thu hẹp dòng chảy, m;

$\Delta h_{xcb.}$: chiều sâu hố xói cục bộ tại chân trụ, m.

4.3.2. Nguyên nhân gây xói và cách xác định chiều sâu của ba loại xói

a. Xói tự nhiên

Các yếu tố gây ra sự thay đổi lâu dài cao độ lòng sông có thể là đê, hồ chứa, sự thay đổi địa hình trong quá trình sử dụng đất trên lưu vực (quá trình đô thị hoá, việc tàn phá rừng v.v...), việc kênh hoặc cứng hoá đoạn cong (tự nhiên và nhân tạo), sự thay đổi cao độ lòng sông ở hạ lưu, sự hạ thấp dần dần lòng sông, sự làm lệch hướng dòng chảy ở nơi phân lưu hoặc nhập lưu đối với đoạn sông, sự bào mòn tự nhiên hệ thống sông, sự chuyển động của đoạn cong, vị trí cầu làm ảnh hưởng tới hình dạng sông. Các tác động hình thái trực tiếp cũng có thể do hoạt động của con người gây nên.

Để có được chiều sâu xói tự nhiên, có thể liên hệ với tất cả các cơ quan liên quan tới sông ngòi để tìm hiểu những tài liệu về quá trình lòng sông đã và đang thay đổi, và dự báo sự thay đổi tiềm ẩn của nó trong tương lai.

Nếu không có tài liệu hiện có hoặc cần dự báo cho tương lai, có thể đánh giá sự thay đổi cao độ lòng sông lâu dài qua phân tích các nguyên tắc cấu trúc sông ngòi (xem Chương VI).

b. Xói chung

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 chắn 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

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

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.

Dấu hiệu phân loại nói trên có thể được áp dụng đối với lòng sông không có cây cối mọc hoặc cho khu vực bãi để xác định xem xói là xói nước trong hay xói nước đục. Đối với phần lớn trường hợp, sự có mặt của lớp phủ thực vật trên phần bãi đóng vai trò như một “cái túi” bảo vệ có hiệu quả bờ sông khỏi bị xói mòn. Tương tự đối với bãi sông, nói chung tốc độ trước khi thu hẹp là nhỏ và vật liệu đáy mịn đến mức ở phần lớn khu vực bãi sông, theo kinh nghiệm được coi là xói nước trong.

Phương pháp xác định chiều sâu xói chung dưới cầu được trình bày ở mục § 4.4.

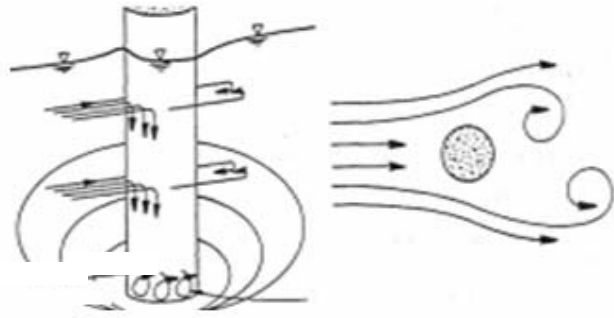
c. Xói cục bộ

Cơ chế cơ bản gây ra xói cục bộ ở trụ hoặc mố cầu là sự hình thành các xoáy (xoáy nước có hình móng ngựa, còn gọi là “xoáy móng ngựa”, hình 4-2) 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 mố. Hoạt động của xoáy làm di chuyển vật liệu đáy quanh móng mố, 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.

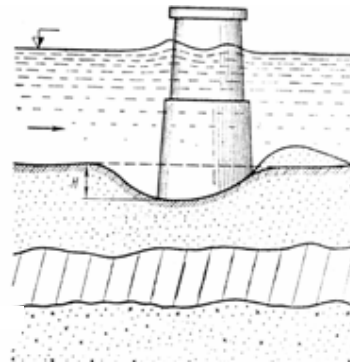
Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Hình 4-2: Sơ họa 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 4-3.

Hình 4-3: Sự bồi lắng vật liệu ở hạ lưu chân trụ cầu trong quá trình xói cục bộ



Đối với mố cầu, xói cục bộ xảy ra ở chân mố cầu khi mố 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 mố chạy dọc chân đế mố, và một xoáy nước theo phương đứng làm khuấy động ở điểm cuối hạ lưu mố. Xoáy nước ở chân mố rất giống với xoáy móng ngựa ở trụ cầu.

Theo tài liệu [7], các yếu tố chính ảnh hưởng tới chiều sâu xói cục bộ ở trụ và mố cầu có thể tóm tắt như sau:

- Tốc độ của dòng chảy đến: tốc độ nước chảy càng lớn, chiều sâu xói cục bộ càng lớn.
- Chiều sâu của dòng chảy: tăng một giá trị chiều sâu có thể tăng chiều sâu xói đến 2 lần.
- Bề rộng trụ: bề rộng trụ càng lớn, chiều sâu xói cục bộ càng lớn.
- Chiều dài của trụ nếu phương dọc trụ xiên với phương dòng chảy: gấp đôi chiều dài trụ có thể tăng chiều sâu xói cục bộ từ 30 đến 60%, tùy thuộc vào góc xiên.
- Đặc trưng của vật liệu đáy: vật liệu đáy là dính hoặc không dính có ảnh hưởng tới thời gian đạt tới chiều sâu xói lớn nhất, nhưng chiều sâu xói sau một thời gian dài đều có trị số tương đương nhau. Đáy sông là cát có thời gian đạt xói lớn nhất có thể chỉ sau một số giờ do chỉ một trận lũ gây ra; trong khi đó, với đáy sông là vật liệu dính, để đạt đến xói lớn nhất phải mất thời gian lâu hơn, thậm chí phải sau nhiều năm, sau nhiều trận lũ lớn.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Hình dạng mũi mố, trụ: có thể làm tăng chiều sâu xói tới 20%.
- Tình trạng đáy sông: xói ở đáy sông có hình dạng bằng phẳng có chiều sâu xói nhỏ hơn xói ở đáy sông có các sóng cát từ 10 đến 30%.
- Vật cản (cây trôi, bè rác v.v...): số liệu đo đạc hiện trường cho thấy khi có cây trôi mắc vào trụ hoặc cọc, chiều sâu xói có thể tăng lên đến hơn 3 mét.

Phương trình xác định chiều sâu xói cục bộ của trụ và mố cầu theo tài liệu [7] được trình bày ở mục § 4.5.

§ 4.4. Phân tích xói chung

4.4.1. Xói chung ở dòng nước đục

Xói chung ở dòng nước đục dưới cầu được xác định theo phương trình đã được cải biến từ phương trình nguyên dạng của Laursen (năm 1960). Phương trình tính xói chung ở dòng nước đục (bỏ qua sự thay đổi về độ nhám) có dạng:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1} \quad (4-4)$$

$$y_x = y_2 - y_0 \quad (4-5)$$

trong đó:

- y_x : chiều sâu xói trung bình, m;
- y_1 : chiều sâu trung bình ở lòng dẫn phía thượng lưu, m;
- y_2 : chiều sâu trung bình ở đoạn thu hẹp, m;
- y_0 : chiều sâu hiện tại ở đoạn thu hẹp trước khi xói, m;
- Q_1 : lưu lượng ở thượng lưu lòng dẫn có vận chuyển bùn cát, m³/s;
- Q_2 : lưu lượng ở đoạn lòng dẫn bị thu hẹp, m³/s;
- W_1 : bề rộng đáy của lòng dẫn đoạn thượng lưu, m;
- W_2 : bề rộng đáy của lòng dẫn ở đoạn bị thu hẹp có trừ đi bề rộng các trụ, m;
- k_1 : số mũ được xác định theo bảng sau.

Bảng 4-4

Xác định số mũ k_1 qua phương thức vận chuyển bùn cát

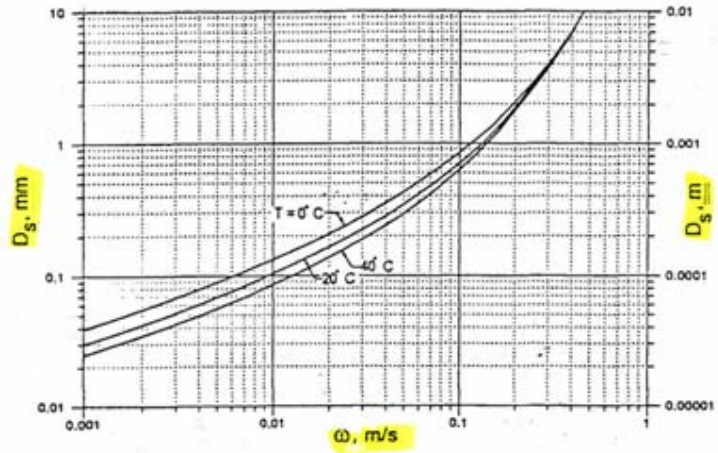
U*/ ω	k ₁	Phương thức vận chuyển bùn cát đáy
< 0,50	0,59	Phần lớn lưu lượng bùn cát là bùn cát đáy
0,50 đến 2,00	0,64	Một phần lưu lượng bùn cát ở dạng lơ lửng
> 2,00	0,69	Phần lớn lưu lượng bùn cát ở dạng lơ lửng

$U_* = (gy_1 S_1)^{0,5}$ là tốc độ động lực do ứng suất tiếp đáy dòng chảy tạo ra ở đoạn thượng lưu, m/s;

ω : độ thô thủy lực (tốc độ lắng chìm) của bùn cát đáy theo hạt có đường kính D_{50} , m/s, được tra trên hình 4-4;

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

S_1 : độ dốc đường năng lượng ở lòng dẫn, m/m.



Hình 4-4: Đồ thị xác định độ thô thủy lực của hạt bùn cát.

4.4.2. Xói chung ở dòng nước trong

Với xói chung ở dòng nước trong, tiết diện của mặt cắt thu hẹp được tăng cho đến khi đạt tới giới hạn, mà ở đó tốc độ của dòng chảy hoặc ứng suất tiếp đáy là tương đương với tốc độ tới hạn hoặc ứng suất tiếp đáy tới hạn của kích thước hạt nào đó của bùn cát đáy. Vì bề rộng của đoạn thu hẹp bị khống chế nên chiều sâu cần phải tăng lên cho đến khi đạt được các điều kiện giới hạn.

Theo nguyên lý trên, sau khi cải biến phương trình nguyên dạng của Laursen (năm 1963) đã thu được phương trình sau để xác định xói nước trong ở đoạn sông bị thu hẹp:

$$y_2 = \left(\frac{0,025Q^2}{D_m^{2/3}W^2} \right)^{3/7} \quad (4-6)$$

$$y_x = y_2 - y_0 \quad (4-7)$$

trong đó:

y_x : chiều sâu xói trung bình, m;

y_2 : 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 ($D_m = 1,25 D_{50}$) ở đoạn thu hẹp, m;

W : bề rộng đáy ở đoạn thu hẹp đã trừ đi chiều rộng trụ, m;

y_0 : chiều sâu hiện tại ở đoạn thu hẹp trước xói, m.

Lưu ý khi tính xói nước trong: Phương trình xói nước trong giả định rằng vật liệu đáy là đồng nhất. Đối với xói nước trong ở các lớp vật liệu đáy có phân tầng, nếu dùng lớp vật liệu có đường kính hạt D_{50} nhỏ nhất có thể cho kết quả dự báo xói chung thiên an toàn. Có thể dùng phương trình xói nước trong phân tích xói chung lần lượt với D_m của các lớp vật liệu đáy liên tiếp, sau đó lựa chọn kết quả sử dụng.

4.4.3. Sử dụng công thức tính xói chung

Xói chung có thể được dự báo nhờ sử dụng hai phương trình cơ bản: phương trình xói nước đục và phương trình xói nước trong. Dù cho bất kỳ trường hợp nào thì điều cần thiết cũng vẫn là xác định xem dòng chảy ở lòng chủ hoặc dòng chảy ở trên phần bãi thượng lưu cầu (đoạn dòng chảy tiến vào cầu) có mang vật liệu đáy (nước đục) hay không (nước trong); sau đó áp dụng phương trình thích hợp có các biến số được xác định tùy

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

thuộc vào bộ phận có xói chung (lòng chủ hoặc bãi sông). Chiều sâu xói nước đục có thể được giới hạn nếu có số lượng đáng kể hạt vật liệu đáy có kích thước lớn làm thô hoá đáy sông.

Do vậy, khi phân tích nên dùng thêm phương trình xói nước trong để tính, sau đó chọn trị số nhỏ hơn của hai chiều sâu xói làm kết quả.

Tuy nhiên, nếu sự vận chuyển bùn cát đáy từ thượng lưu đoạn thu hẹp là nhỏ hơn về số lượng hoặc chỉ có vật liệu mịn bị rửa trôi chảy qua đoạn thu hẹp ở dạng lơ lửng, thì việc dùng phương trình xói nước trong cũng sẽ là phù hợp.

Để xác định xem dòng chảy từ thượng lưu về cầu có mang vật liệu đáy hay không, phải tính toán tốc độ tới hạn V_c để làm hạt có đường kính D_{50} khởi động và so sánh nó với tốc độ trung bình V của dòng chảy trong lòng chủ hoặc khu vực dòng chảy trên bãi ở thượng lưu khẩu độ cầu. Nếu $V_c > V$, sẽ có xói nước trong; nếu $V_c < V$, sẽ có xói nước đục. Công thức xác định tốc độ tới hạn V_c có dạng sau:

$$V_c = 6,19 y^{1/6} D_{50}^{1/3} \quad (4-8)$$

Một số lưu ý khi phân tích xói chung:

- Vị trí của mặt cắt thượng lưu để chọn y_1 , Q_1 và W_1 được xác định tùy vào sự bố trí cầu và đặc điểm dòng chảy. Đây là vấn đề khá phức tạp đã và đang được nghiên cứu trên các mô hình vật lý và mô hình toán. Một cách gần đúng, có thể chọn mặt cắt dòng chảy ở trên mép thượng lưu của cầu một khoảng cách tương đương với khẩu độ cầu.

- Thông thường Q_2 có thể là lưu lượng tương đương với tổng lưu lượng, trừ trường hợp tổng lưu lượng lũ bị giảm đi qua cầu phụ, do nước tràn qua nền đường dẫn vào cầu hoặc là ở khu vực dòng chảy bị ngăn cản.

- Q_1 là dòng chảy trong lòng chủ thượng lưu cầu, không bao gồm dòng chảy qua bãi.

- W_1 và W_2 thường không dễ xác định. Trong một số trường hợp có thể dùng chiều rộng mặt lòng chủ. Dù chiều rộng mặt hoặc chiều rộng đáy được sử dụng thì điều quan trọng vẫn chỉ là để cập W_1 và W_2 là chiều rộng đáy hoặc chiều rộng mặt.

- Chiều rộng trung bình của khẩu độ cầu W_2 thường lấy bằng chiều rộng đáy đã trừ đi chiều rộng các trụ.

- Phương trình Laursen sẽ dự báo thiên an toàn chiều sâu xói dưới cầu nếu cầu được xây dựng ở cuối thượng lưu của đoạn thu hẹp tự nhiên hoặc sự thu hẹp là do mố và trụ. Tuy nhiên, cho đến nay nó vẫn được coi là phương trình tốt nhất có được để dự báo xói chung dưới cầu.

§ 4.5. Phân tích xói cục bộ

4.5.1. Xói cục bộ ở trụ cầu

a. Trường hợp thông thường

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:

$$y_{xcb} = 2,0K_1K_2K_3K_4a^{0,65}y_1^{0,35}Fr_1^{0,43} \quad (4-9)$$

trong đó:

y_{xcb} : chiều sâu hố xói cục bộ, m;

y_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 (xem hình 4-5) như trong bảng 4-5.

Hệ số hiệu chỉnh K_1 đối với hình dạng mũi trụ

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

Lưu ý: Hệ số K_1 hiệu chỉnh cho hình dạng mũi trụ được xác định như trên cho trường hợp góc xô của dòng nước vào trụ $\theta \leq 5^\circ$. Trường hợp $\theta > 5^\circ$, vì hệ số K_2 sẽ chiếm ưu thế nên khi đó sử dụng $K_1 = 1$ để tính toán.

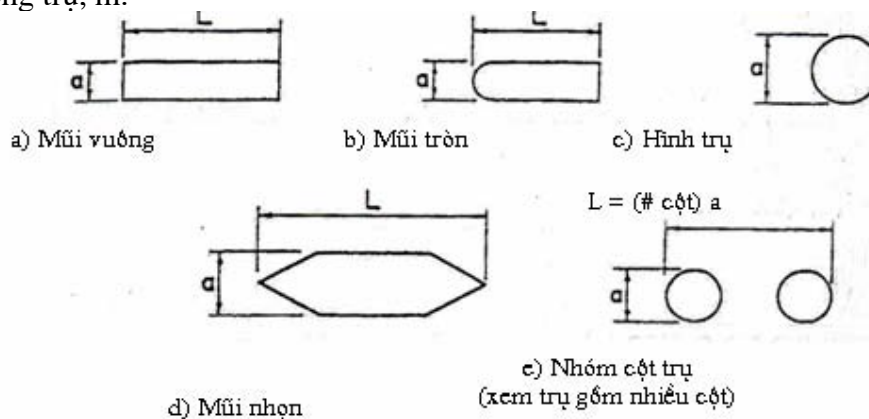
K_2 : hệ số hiệu chỉnh đối với góc chéo θ của dòng chảy được xác định theo bảng 4-6 và có thể tính được theo biểu thức:

$$K_2 = (\cos\theta + (L/a) \sin\theta)^{0,65} \quad (4-10)$$

trong đó:

L: chiều dài trụ, m;

a: bề rộng trụ, m.



Hình 4-5: Hình dạng mũi trụ cầu

Lưu ý:

Các giá trị của hệ số K_2 chỉ được áp dụng khi các điều kiện hiện trường là chiều dài toàn bộ của trụ hợp một góc với dòng chảy. Dùng hệ số này trực tiếp từ bảng trên sẽ dẫn đến dự báo quá mức cần thiết về xói nếu: (1) một phần của trụ được che chở khỏi sự ảnh hưởng trực tiếp của dòng chảy bằng một mố hoặc một trụ khác; hoặc (2) một mố hoặc một trụ khác làm chệch hướng dòng chảy đi theo hướng song song với trụ. Đối với những trường hợp này, phải hiệu chỉnh để giảm giá trị của K_2 bằng cách lựa chọn cho đúng chiều dài ảnh hưởng thực của trụ với dòng nước khi có góc chéo.

Bảng 4-6

Hệ số hiệu chỉnh K_2 do góc chéo của dòng chảy

Góc θ (độ)	$L/a = 4$	$L/a = 8$	$L/a = 12$
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

K_3 : hệ số hiệu chỉnh đối với tình trạng đáy sông, lấy theo bảng 4 - 7.

Hệ số hiệu chỉnh K_3 theo tình trạng đáy sông

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	$3 \leq H < 9$	1,2 đến 1,1
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:

$$K_4 = [1 - 0,89 (1 - V_R)^2]^{0,5} \quad (4-11)$$

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

$$V_R = \left[\frac{V_1 - V_i}{V_{c90} - V_i} \right] \quad (4-11a)$$

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:

$$V_i = 0,645 \left[\frac{D_{50}}{a} \right]^{0,053} V_{c50} \quad (4-11b)$$

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;

a: bề rộng trụ, m;

$$V_c = 6,19 y^{1/6} D_c^{1/3} \quad (4-11c)$$

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 4-8.

Bảng 4-8

Giới hạn đối với vật liệu đáy và các giá trị K_4

Kích thước vật liệu đáy nhỏ nhất (m)	Hệ số	Trị số K_4 nhỏ nhất	$V_R > 1,0$
$D_{50} \geq 0,06$	K_4	0,7	1,0

b. Trường hợp đặc biệt

- Xói cục bộ ở trụ có bệ trụ lộ ra

Phân tích xói cục bộ cho trường hợp trụ có bệ trụ (hay mũ cọc) bị lộ ra, hoặc có thể bị lộ ra (xem hình 4-6) như sau.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Dùng chiều rộng trụ là 'a' trong phương trình tính xói cục bộ nếu đỉnh bệ trụ ở tại hoặc dưới đáy sông;

- Nếu bệ trụ nhô ra trên đáy sông thì tính toán lần thứ hai với việc sử dụng chiều rộng bệ trụ làm trị số 'a', dùng chiều sâu y_f và tốc độ trung bình ở vùng dòng chảy V_f bị choán bởi bệ trụ (được trình bày dưới đây) làm trị số 'y' và 'v' tương ứng trong phương trình tính xói.

Sau đó, dùng kết quả lớn hơn của hai kết quả tìm được.

Xác định tốc độ trung bình của dòng chảy V_f ở trường hợp bệ trụ bị lộ ra qua phương trình sau:

$$\frac{V_f}{V_1} = \frac{\ln[10,93 \frac{y_f}{k_s} + 1]}{\ln[10,93 \frac{y_1}{k_s} + 1]} \quad (4-12)$$

trong đó:

V_f : tốc độ trung bình ở khu vực dòng chảy dưới đỉnh bệ trụ, m/s;

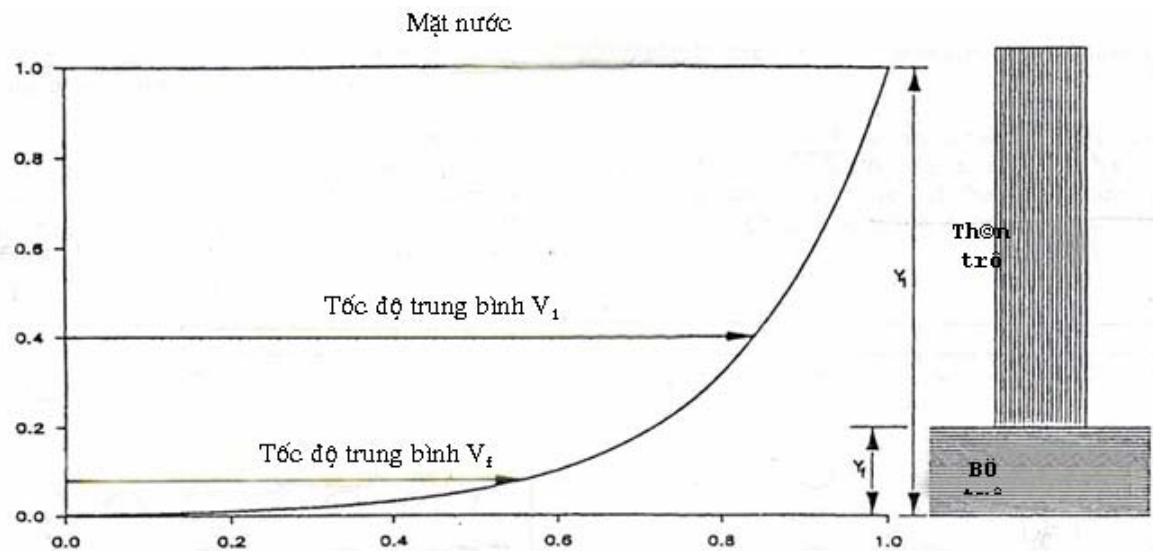
V_1 : tốc độ trung bình ở thủy trực của dòng chảy tiến vào trụ, m/s;

y_f : khoảng cách từ đường xói (sau xói tự nhiên và xói chung) đến đỉnh bệ trụ, m;

k_s : độ nhám hạt vật liệu đáy (lấy là D_{84} của vật liệu đáy), m;

y_1 : chiều sâu dòng chảy ở thượng lưu trụ, bao gồm cả chiều sâu xói tự nhiên và chiều sâu xói chung, m.

Các trị số V_f và y_f sẽ được đưa vào phương trình 4-9 để tính toán.



Hình 4-6: Sơ đồ để xác định tốc độ và chiều sâu đối với bệ trụ lộ ra

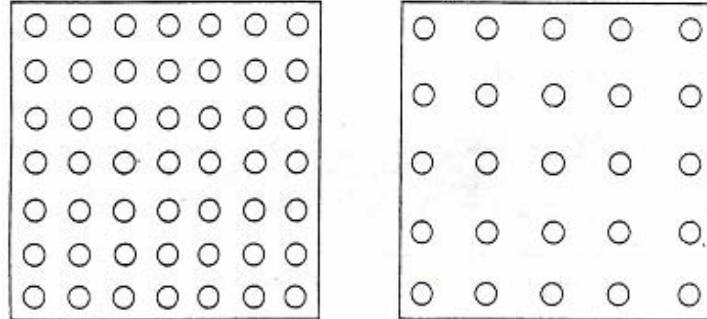
➤ Xói cục bộ ở trụ có nhóm cọc lộ ra

Nguyên tắc xác định chiều rộng đặc trưng của nhóm cọc bị lộ ra hoặc có thể bị lộ ra trong dòng chảy (do kết quả của xói tự nhiên và xói chung) khi các cọc có khoảng hở bên (hình 4-7) như sau: nhóm cọc nhô lên trên đáy sông được tính toán thiên an toàn bằng cách biểu thị chúng như một chiều rộng tương đương với diện tích nhô lên của các cọc, không kể các khoảng hở giữa chúng.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Thí dụ: 5 cọc hình trụ đường kính 0,41 m có khoảng hở 1,8 m (hình 4-7) sẽ có chiều rộng tính toán 'a' = 2,05 m. Chiều rộng của trụ tổng hợp này sẽ được dùng trong Phương trình 4-9 để xác định chiều sâu xói cục bộ. Hệ số hiệu chỉnh K_1 trong phương trình 4-9 đối với trường hợp nhiều cọc tròn này sẽ là 1, bất kể hình dạng nhóm cọc là thế nào. Nếu nhóm cọc là hình vuông như hình 4-7 hay hình chữ nhật thì dùng các kích thước như là trụ đơn và trị số L/a thích hợp để xác định hệ số K_2 theo bảng 4-6 hoặc tính theo phương trình 4-10.

Hình 4-7: Sơ đồ để xác định chiều rộng tính toán của nhóm cọc.



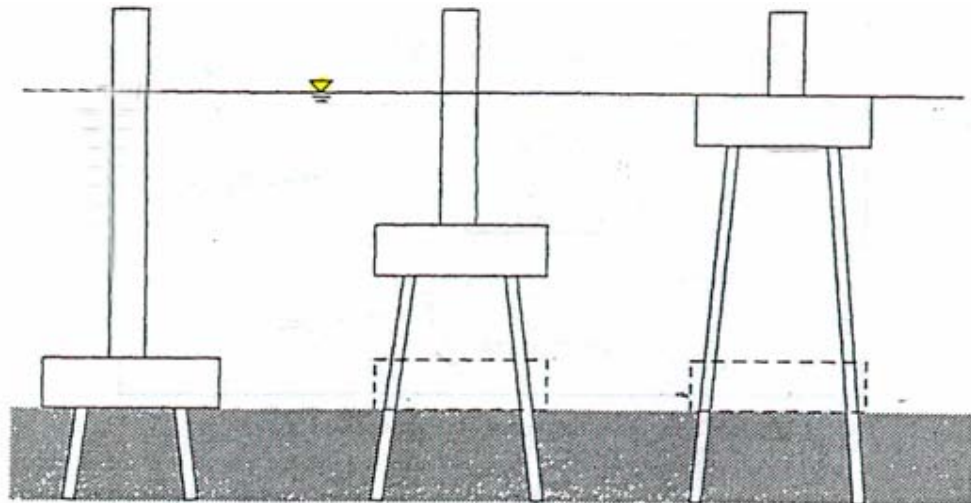
- Xói cục bộ ở trụ có bệ trụ đặt ở mặt nước hoặc trong dòng chảy

Đối với các trường hợp bệ trụ đặt ở gần mặt nước hoặc trong dòng chảy như mô tả trên hình 4-8, khuyến cáo nên tính xói cục bộ gây ra bởi:

- Nhóm cọc bị lộ ra;
- Bệ trụ (hay mũ cọc); và
- Trụ, nếu trụ bị ngập một phần trong dòng chảy.

Chiều sâu xói cục bộ an toàn sẽ là chiều sâu lớn nhất tính được từ ba giả định trên.

Lưu ý: Khi tính xói cục bộ trụ cầu do bệ trụ gây ra, hãy giả định rằng bệ trụ được đặt trên đáy sông, xác định V_f từ phương trình 4-12 và dùng các trị số của V_f và y_f vào phương trình 4-9. Tính xói cục bộ đối với trụ và nhóm cọc bị lộ ra như đã trình bày ở trên.



Hình 4-8: Sơ đồ mô tả bệ trụ đặt ở đáy sông, trong dòng nước và ở mặt nước

- Xói cục bộ ở trụ cầu có bề rộng rất lớn

Bề rộng trụ có ảnh hưởng trực tiếp đến chiều sâu xói cục bộ. Khi chiều rộng trụ tăng, chiều sâu xói sẽ tăng. Tuy nhiên những nghiên cứu trong máng thí nghiệm về xói

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

cục bộ trụ cầu có chiều rộng trụ lớn ở dòng chảy nông cho thấy, phương trình dự báo xói cục bộ của Trường Đại học Colorado cho kết quả thiên lớn. Kết quả đo đạc hiện trường về xói cục bộ ở các trụ cầu cát (cầu nâng hạ được) cũng chỉ rõ điều đó. Chắc chắn phải có một giới hạn tăng chiều sâu xói khi chiều rộng trụ tăng. Nhưng dù sao thì cho đến nay vẫn chưa có được những thông tin tin cậy để đánh giá sự giảm chiều sâu xói tính theo phương trình này đối với các trụ có chiều rộng lớn trong vùng nước nông. Đây cũng là một vấn đề cần phải tiếp tục nghiên cứu và đối chứng đối với các công thức tính xói cục bộ trụ cầu của tất cả các phương pháp hiện có.

Bình luận: Gặp trường hợp tính xói cho trụ có chiều rộng trụ lớn (ý kiến chung là khi $a > 10\text{ m}$), người tính nên xem xét toàn bộ các điều kiện phân tích xói (hướng và vận tốc dòng chảy, địa hình, địa chất, hình dạng trụ v.v...) để tính toán và lựa chọn kết quả phù hợp nhất với thực tế.

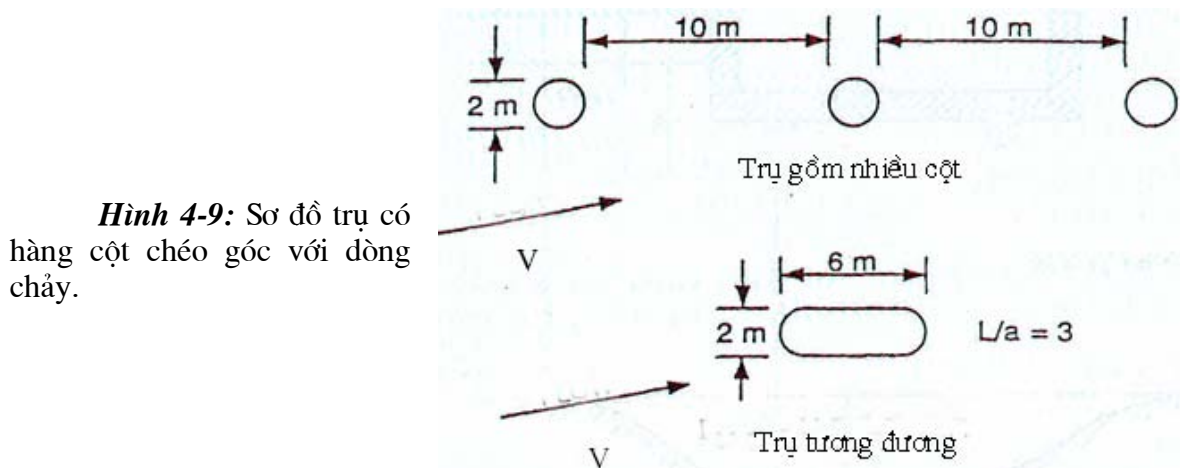
➤ Xói cục bộ đối với trụ gồm nhóm cột chéo góc với dòng chảy

Đối với trụ gồm nhóm cột (hình 4-5, e) đặt chéo góc với dòng chảy, chiều sâu xói sẽ phụ thuộc vào khoảng hở giữa các cột.

Khi áp dụng phương trình 4-9 cho trụ gồm nhóm cột có khoảng hở nhỏ hơn 5 lần đường kính mỗi cột, chiều rộng trụ 'a' là chiều rộng nhô ra tổng cộng của tất cả các cột trên một hàng chéo góc với dòng chảy (hình 4-9). Ví dụ, trụ gồm ba cột hình trụ đường kính 2m có khoảng hở 10m sẽ có một trị số 'a' ở trong khoảng từ 2 đến 6m, tùy thuộc vào góc xô của dòng chảy. Bề rộng trụ tổng hợp này sẽ được dùng trong phương trình 4-9 để xác định chiều sâu xói cục bộ. Hệ số hiệu chỉnh K_1 trong phương trình 4-9 cho trụ gồm nhiều cột sẽ là 1. Hệ số K_2 cũng có thể bằng 1 vì khi đó ảnh hưởng của góc chéo sẽ được xem xét là bằng phần nhô ra dòng chảy của các trụ trực giao với dòng chảy.

Nếu trụ gồm nhiều cột có khoảng hở bằng hoặc lớn hơn 5 lần đường kính mỗi cột; và nếu cỏ rác không thành vấn đề, có thể giới hạn chiều sâu xói đến trị số lớn nhất bằng 1,2 lần xói cục bộ của trụ gồm một cột.

Chiều sâu xói đối với trụ gồm nhiều cột sẽ được phân tích theo cách trên, ngoại trừ khi muốn nhấn mạnh ảnh hưởng của rác chèn vào khoảng hở giữa các cột. Nếu cỏ rác là vấn đề cần xem xét thì có thể coi các cột và cỏ rác chèn vào các khoảng hở như là một trụ dài và đặc. Giá trị thích hợp L/a và góc xô của dòng chảy khi đó sẽ được dùng để xác định hệ số K_2 trong Bảng 4-6 hoặc theo phương trình 4-10.



c. Xác định chiều rộng đỉnh hố xói

Chiều rộng đỉnh hố xói trong đất không dính về một phía của trụ hoặc bệ trụ được xác định bằng phương trình:

$$W = y_x (K + \cot\theta) \quad (4-13)$$

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

trong đó:

W: chiều rộng đỉnh của hố xói về mỗi phía của trụ hoặc bệ trụ, m;

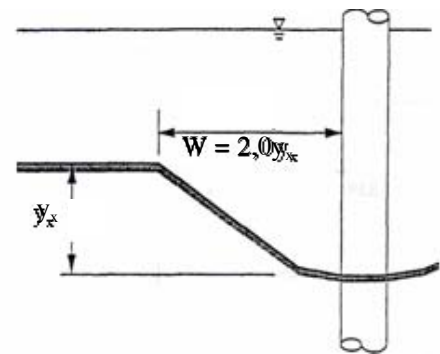
y_x : chiều sâu xói, m;

K: chiều rộng đáy của hố xói như một phân số của chiều sâu xói;

θ : góc nghiêng của vật liệu đáy ở trong khoảng từ 30° đến 44° .

Góc đặc trưng của vật liệu cốt kết trong không khí thay đổi từ 30° đến 44° . Do vậy, khi $K = 1$ (chiều rộng đáy của hố xói tương đương với chiều sâu xói y_x) thì chiều rộng đáy trong cát không dính sẽ thay đổi từ 2,07 đến 2,80 y_x ; khi $K = 0$, chiều rộng đáy sẽ thay đổi từ 1,07 đến 1,8 y_x . Từ đó, chiều rộng đỉnh hố xói có thể thay đổi từ 1,0 đến 2,8 y_x và sẽ phụ thuộc vào chiều rộng đáy hố xói và sự cấu thành của vật liệu đáy. Nhìn chung khi hố xói càng sâu thì chiều rộng đáy hố xói càng nhỏ. Ở trong nước, góc nghiêng của vật liệu không dính là nhỏ hơn so với các giá trị đã cho trong không khí. Do vậy, người ta khuyến cáo sử dụng công thức tính chiều rộng đỉnh hố xói $W = 2,0y_x$ trong thực tế như mô tả trên hình 4-10.

Hình 4-10: Sơ đồ xác định chiều rộng đỉnh hố xói.



4.5.2. Phân tích xói cục bộ ở móng cầu

a. Phương trình Froehlich

Theo kết quả phân tích số liệu của 170 lần đo đặc xói nước đục trong máng thí nghiệm và bằng phương pháp phân tích hồi quy, Froehlich đã tìm được phương trình xác định chiều sâu xói cục bộ móng cầu [7] như sau:

$$y_x = 2,27K_1K_2(L')^{0,43}y_a^{0,57}Fr^{0,61} + y_a \quad (4-15)$$

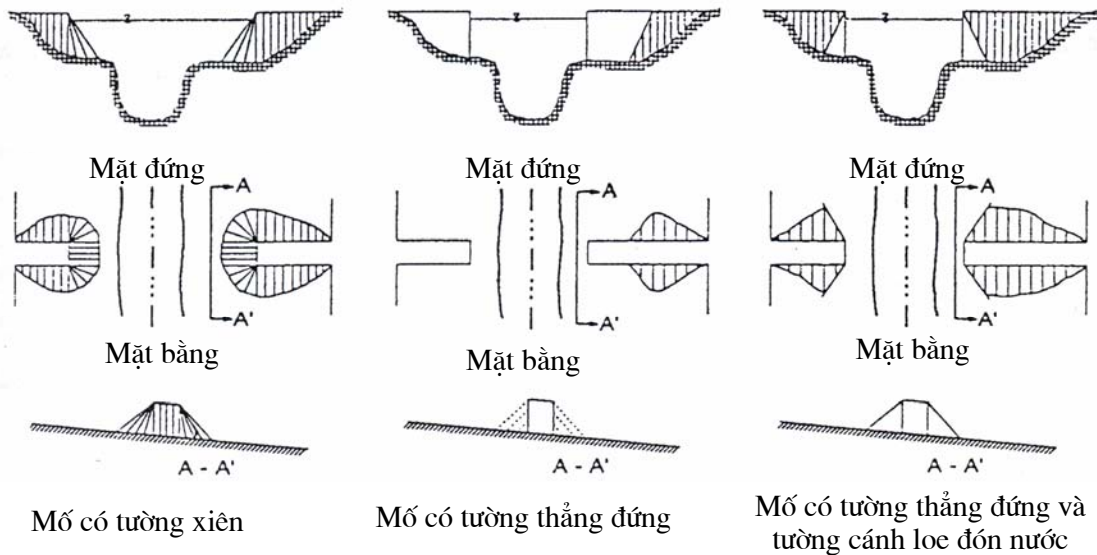
trong đó:

y_x : chiều sâu xói, m;

K_1 : hệ số xét đến hình dạng móng (hình 4-11) như trong bảng sau.

Hệ số hình dạng mố K_1

Mô tả	K_1
Mố có tường thẳng đứng	1,00
Mố tường thẳng đứng có tường cánh lọc đón nước	0,82
Mố xiên	0,55

**Hình 4-11:** Sơ đồ các dạng mố cầu phổ biến để lựa chọn hệ số K_1

K_2 : hệ số xét đến góc của phương nền đắp với phương dòng chảy được tính qua biểu thức: $K_2 = (\theta/90)^{0,13}$ ($\theta < 90^\circ$ nếu nền đắp có hướng xuống hạ lưu; $\theta > 90^\circ$ nếu nền đắp có hướng ngược lên thượng lưu, xem hình 4-12 để xác định góc θ);

L' : chiều dài của mố (nền đắp) nhô ra giao với dòng chảy, m;

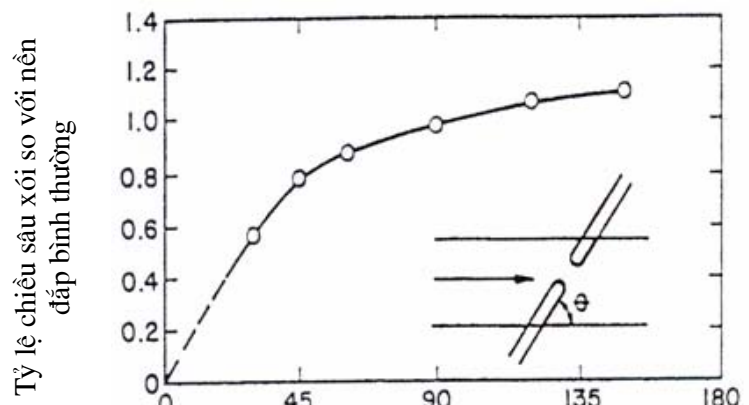
A_c : diện tích dòng chảy của mặt cắt ngang thượng lưu cầu mà nền đắp nhô ra, m^2 ;

Fr : hệ số Froude của dòng chảy tiến vào thượng lưu mố, $Fr = V_c/(gy_a)^{0,5}$;

$$V_c = Q_c/A_c, \text{ m/s};$$

Q_c : dòng chảy bị chặn bởi mố và đường dẫn vào cầu, m^3/s ;

y_a : chiều sâu trung bình của dòng chảy trên bãi, m.

Hình 4-12: Hiệu chỉnh xói cục bộ ở mố do góc chéo.

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

b. Phương trình HIRE

Phương trình HIRE dưới đây có thể sử dụng để phân tích xói cục bộ ở mố cho những cầu có các điều kiện tương tự với điều kiện hiện trường (tỷ số giữa chiều dài mố choán dòng chảy L' và chiều sâu dòng chảy y_1 lớn hơn 25) mà số liệu đã được thu thập để phân tích và xây dựng nên phương trình:

$$y_x = 4y_1(K_1 / 0,55)Fr^{0,33}K_2 \quad (4-15)$$

trong đó:

y_x : chiều sâu xói, m;

y_1 : chiều sâu dòng chảy ở mố trên bãi sông hoặc trong lòng chủ, m;

Fr: hệ số Froude được xác định qua tốc độ và chiều sâu sát thượng lưu mố;

K_1 và K_2 đã giải thích ở trên.

c. Sử dụng kết quả dự báo xói cục bộ để thiết kế mố cầu

Vì có rất ít số liệu hiện trường về xói cục bộ ở mố cầu nên cho đến nay, nhìn chung việc xây dựng các phương trình để dự báo chiều sâu xói mố cầu gần như mới chỉ dựa vào các số liệu trong phòng thí nghiệm (*).

Xói cục bộ mố cầu là vấn đề phức tạp phụ thuộc vào ảnh hưởng của dòng chảy bị choán do mố, đường vào cầu và dòng chảy ở trước mố; mà lưu lượng dòng chảy trước mố trong thực tế không đơn giản là một hàm của hình dạng mố và chiều dài đường đầu cầu. Ngoài ra, chiều sâu xói cục bộ mố cầu còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như kiểu mố, đặc trưng bùn cát, kiểu biến hình lòng sông, hình dạng mặt cắt ngang sông thượng lưu cầu, phương đặt cầu, tình trạng cây cối mọc trên bãi cản trở dòng chảy v.v... Trong khi đó, phần lớn nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho đến nay cũng chưa tái tạo được các điều kiện tương tự như ở hiện trường nên các phương trình phân tích xói cục bộ mố cầu còn có nhiều hạn chế, đang được tiếp tục nghiên cứu. Kết quả dự báo luôn đưa ra trị số an toàn quá mức, chỉ nên được coi là những trị số tham khảo để đưa ra giải pháp thiết kế mố.

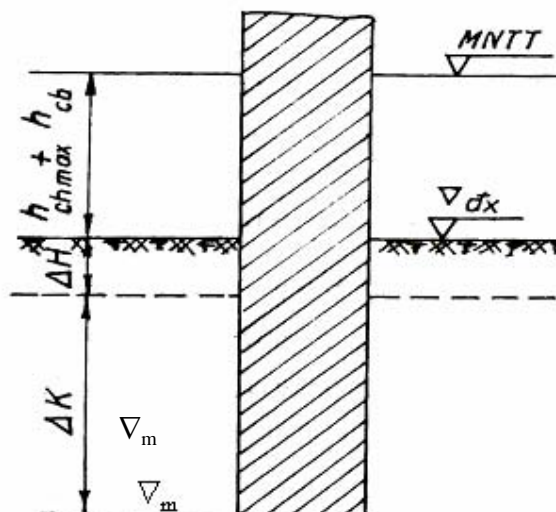
Việc phân tích điều kiện hiện trường để hiệu chỉnh kết quả tính toán cho phù hợp là rất cần thiết. Khả năng di chuyển lòng dẫn theo phương ngang, xói tự nhiên và xói chung là những vấn đề rất đáng quan tâm trong việc thiết kế chiều sâu bệ móng mố gần lòng chủ. Trong thực tế, móng mố thường được thiết kế với chiều sâu nông hơn kết quả dự báo theo các phương trình trên nhờ giải pháp xây lát đá chống xói chân mố. Ngoài ra, có thể thiết kế mố có khả năng chống lại xói tính toán bằng cách xây dựng công trình hướng dòng (xem thêm Chương VII). Yêu cầu kỹ thuật và giá thành là các yếu tố có ý nghĩa quyết định để lựa chọn giải pháp bảo vệ mố.

(*). Với mục đích cập nhật những kết quả nghiên cứu khoa học mới nhất vào Sổ tay, chúng tôi xin giới thiệu một số công thức **phân tích xói cục bộ mố cầu** của PGS. TS. Trần Đình Nghiê (Trường Đại học Giao thông vận tải) trong Phụ lục 4-1 để bạn đọc có điều kiện nghiên cứu sử dụng.

§ 4.6. Xác định chiều sâu đặt móng trụ cầu

Móng trụ cầu phải đặt đủ sâu trong đất để đảm bảo cầu ổn định trong suốt thời gian phục vụ. Chiều sâu tối thiểu của đoạn chôn trong đất phụ thuộc vào điều kiện địa chất lòng sông sau khi xói.

Hình 4-13: Sơ đồ xác định móng trụ cầu tối thiểu



Hình 4-13 cho thấy có thể xác định cao độ tối thiểu của móng trụ cầu theo công thức:

$$\nabla_m = \nabla_{dx} - (\Delta K + \Delta H) \quad (4-16)$$

trong đó:

∇_m : cao độ tối thiểu của móng trụ cầu, m;

∇_{dx} : cao độ đáy sông sau khi xói, m;

ΔK : chiều sâu móng trụ chôn trong đất, xác định theo điều kiện ổn định của trụ khi có lũ tính toán và sức chịu đựng của móng, m;

ΔH : chiều sâu dự trữ do có sai số trong khi tính xói, m.

Đối với sông thẳng vùng đồng bằng, chiều sâu lớn nhất xê dịch có tính chu kỳ trong phạm vi dòng chủ. Do vậy, ở dòng chủ móng trụ được đặt trên cùng một cao độ; còn ở bãi sông, móng trụ được đặt ở cao độ nông hơn dòng chủ:

$$\nabla_{dx} = H_{lt} - [(h'_{ch,max} + \Delta) + h_{cb}] \quad (4-17)$$

Ở bãi sông:

$$\nabla_{dx} = H_{lt} - [(h'_b + \Delta) + h_{cb}] \quad (4-18)$$

trong đó:

H_{lt} : mực nước lũ tính toán, m;

$h'_{ch,max}$: chiều sâu nước sông lớn nhất của dòng chủ sau xói chung, m;

h'_b : chiều sâu nước sông tại bãi sông sau xói chung tại trụ tính toán, m;

h_{cb} : chiều sâu xói cục bộ tại vị trí tính toán, m;

Δ : sai số khi xác định xói chung do số liệu dùng tính toán lưu lượng không chính xác. Theo Giáo sư O.V. Andreev, nếu dùng phương pháp hình thái để xác định lưu lượng thì $\Delta = 0,15h'$ (sai số 15% so với chiều sâu sau khi xói); nếu có tài liệu đo nhiều năm thì $\Delta = 0$.

Đối với sông quanh co, lạch sâu nhất của dòng chủ có thể xê dịch ra phần bãi sông nên cao độ đường xói tính toán ∇_{dx} sẽ tính theo công thức 4-17. Chỉ trong trường hợp đặc

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

biệt, bãi sông rộng và bờ phân dòng chủ là loại đất ổn định khó xói thì mới xác định ∇_{dx} theo công thức 4-18.

Đối với sông quanh co, dòng sông di động thường xuyên (sông có nhiều bãi nổi di động), lạch sâu nhất có thể xuất hiện ở bất kỳ vị trí nào trong sông, do đó đường xói tính toán sẽ tính theo công thức 4-17.

Đối với sông có bãi rộng cần làm nhiều cầu thì ở những cầu thường xuyên có nước chảy, trị số ∇_{dx} sẽ tính theo công thức 4-17; còn đối với những cầu chỉ vào mùa mưa lũ mới có nước chảy thì trị số ∇_{dx} sẽ tính theo công thức 4-18.

Theo tiêu chuẩn kỹ thuật hiện nay, chiều sâu tối thiểu đáy móng cách đường xói ($\Delta K + \Delta H$) được quy định như sau: nếu chiều sâu đặt móng tính từ mực nước bình thường về mùa kiệt ≤ 10 m thì $(\Delta K + \Delta H) \geq 2,5$ m; nếu chiều sâu móng > 10 m thì $(\Delta K + \Delta H) \geq 5$ m.

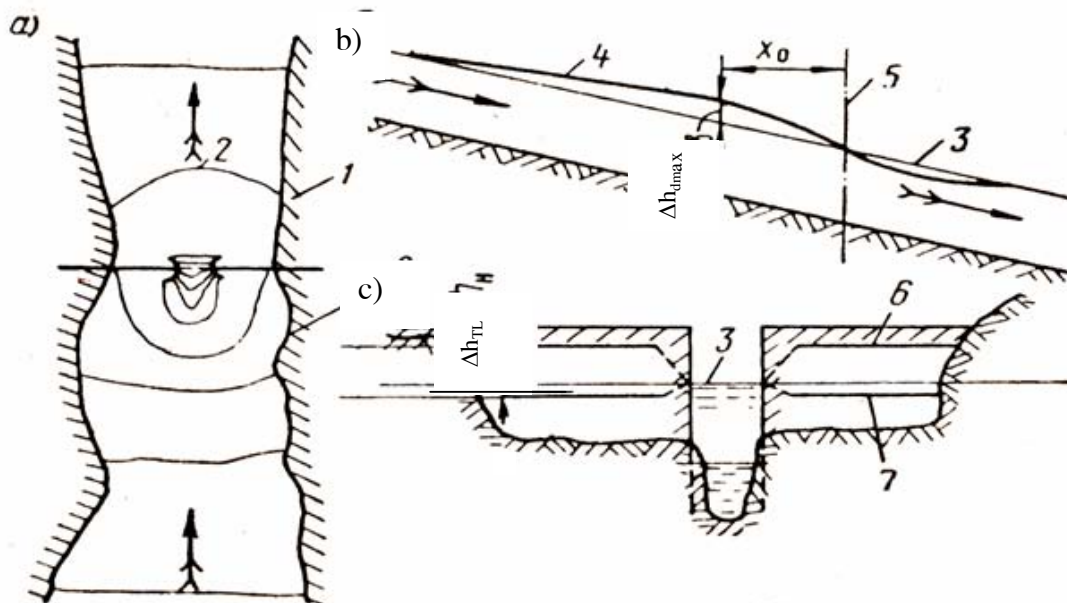
Ngoài những quy định trên cần chú ý là đối với móng cọc, sau khi xói chung và xói cục bộ, chiều sâu cọc chôn trong đất phải lớn hơn 4 m. Nếu lòng sông sau khi xói gặp lớp đá dày thì móng cầu có thể đặt ở độ sâu tối thiểu: đối với móng nặng, chiều sâu móng chôn tối thiểu trong đá là 0,25 m; đối với móng trụ cột, không được nhỏ hơn 0,5 m.

Để xét tất cả các loại biến dạng lòng sông tại trụ cầu, ngoài chiều sâu xói chung do dòng chảy bị thu hẹp (Δh_{max}) và xói cục bộ tại chân trụ cầu (h_{cb}), cần xét khả năng xói thiên nhiên của lòng sông trong thời gian tính toán Δh_0 . Trị số xói do biến dạng tự nhiên của lòng sông được giới thiệu trong § 4-3, mục 4.3.1 và được xét đến trong khi xác định chiều sâu tại lòng chủ ở điều kiện tự nhiên.

§ 4.7. Xác định chiều cao nước dâng lớn nhất khu vực sông chịu ảnh hưởng của cầu và nền đường đắp qua bãi sông

4.7.1. Hình dạng đường mặt nước khu vực cầu

Sau khi xây dựng cầu, do dòng chảy bị nền đường đầu cầu và mố, trụ cầu thu hẹp làm nước bị dâng lên, đường mặt nước sẽ có dạng như thể hiện trên hình 4-14. Đối với những cầu có kè hướng dòng, đỉnh ứ dềnh ở phía đầu kè; đối với những cầu không có kè hướng dòng, điểm ứ dềnh ở cách cầu một khoảng tương đương với khẩu độ cầu.



Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Hình 4-14: Sơ đồ đường mặt nước khu vực cầu

- a) Bình đồ khu vực cầu
 b) Trắc dọc đường mặt nước
 c) Đường mặt nước thượng hạ lưu đường dẫn vào cầu.
1. Ranh giới ngập
 2. Mặt bằng của đường mặt nước
 3. Đường mặt nước của dòng chảy chưa bị thu hẹp
 4. Đường mặt nước của dòng chảy sau khi bị thu hẹp
 5. Tim cầu
 6. Đường mặt nước phía thượng lưu cầu
 7. Đường mặt nước phía hạ lưu cầu

Δh_{dmax} : độ chênh nước lớn nhất trước cầu;

x_o : khoảng cách từ cầu đến thủy trực mà ở đó độ chênh nước trước cầu đạt trị số lớn nhất;

Δh_{TL} : độ chênh cao nhất ở nền đường bãi sông phía thượng lưu.

4.7.2. Xác định các đặc trưng độ chênh nước phía thượng lưu cầu

a. Xác định độ chênh nước lớn nhất phía thượng lưu cầu

Trị số nước chênh lớn nhất phía thượng lưu cầu Δh_z (m) có thể được xác định theo công thức kinh nghiệm đơn giản sau:

$$\Delta h_z = \eta (V_c^2 - V_o^2) \quad (4-19)$$

trong đó:

η : hệ số xác định theo từng loại sông và năng lực thoát của bãi, có thể được lấy theo bảng 4-10.

Bảng 4-10

Xác định hệ số η

TT	Đặc trưng sông ngòi	η
1	Sông vùng núi có bãi nhỏ, $\Sigma Q_b \leq 10\% Q_{TK}$	0,05
2	Sông vùng đồi, bãi nhỏ, $\Sigma Q_b \leq 30\% Q_{TK}$	0,07
3	Sông đồng bằng, có hai bãi vừa, $\Sigma Q_b \leq 50\% Q_{TK}$	0,10
4	Sông vùng đất trũng, bãi rất lớn, $\Sigma Q_b > 50\% Q_{TK}$	0,15

trong đó:

Q_b ; Q_{TK} : lưu lượng chảy trên phân bãi và lưu lượng thiết kế cầu, m^3/s ;

V_c : tốc độ bình quân dưới cầu (m/s) khi lưu lượng thoát qua, được lấy như sau.

- Với đất mềm (bùn cát, cát vừa, đất sét á cát lẫn bùn nhão), V_c là tốc độ bình quân dưới cầu sau khi xói V_{sx} , tức là: $V_c = V_{sx}$.

- Với đất trung bình (cát, sỏi nhỏ, đất sét, cát mịn v.v...), V_c là tốc độ bình quân dưới cầu khi xói đạt tới 50%, tức là: $V_c = V_{sx} \cdot \frac{2P}{P+1}$ hoặc $V_c = V_{sx} \cdot \frac{1}{2} (P+1)$ (P là hệ số xói tính toán, lấy theo bảng 4-2).

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- Đối với đất cứng (sỏi, đá cuội, đất sét mịn), V_c là lưu tốc bình quân dưới cầu trước xói.

V_o : lưu tốc bình quân ở phần mặt cắt thực dưới cầu khi dòng chảy chưa bị thu hẹp, m/s.

Hệ số η cũng có thể được xác định qua biểu thức:

$$\eta = \frac{K}{2g}; \quad (4-20)$$

trong đó:

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

K : hệ số được xác định qua biểu thức:

$$K = 1 + (V_{tb} / V_o)^2 a / (Fr / i_o)^{0,5} \quad (4-21)$$

trong đó:

V_{tb} : tốc độ trung bình toàn mặt cắt thực của dòng chảy khi chưa bị thu hẹp, m/s;

(Fr / i_o) : thành phần không thứ nguyên của dòng chảy khi chưa bị thu hẹp;

$$Fr = V_{tb}^2 / gL_{ngập} \quad (4-22)$$

trong đó:

$L_{ngập}$: chiều rộng ngập tính toán, m; khi dòng chảy bị thu hẹp một phía, lấy toàn bộ chiều rộng ngập, còn khi dòng chảy bị thu hẹp cả hai phía, lấy bằng một nửa chiều rộng ngập;

i_o : độ dốc dọc của đường mặt nước khi dòng chảy chưa bị thu hẹp.

a : hệ số lấy theo bảng 4-11.

b. Xác định khoảng cách từ cầu lên thượng lưu, nơi có độ dềnh nước lớn nhất

Khoảng cách từ cầu lên thượng lưu, nơi có độ dềnh nước lớn nhất được xác định theo công thức:

$$x_o = aL_{ngập} (Fr/i_o)^{0,5} \quad (4-23)$$

Các ký hiệu trong công thức đã được giải thích ở trên.

Bảng 4-11

Xác định hệ số a

Fr/ i_o	Q_{TK}/Q_c					
	1,25	1,50	2,00	2,50	3,00	4,00
0,05	1,14	1,21	1,36	1,51	1,66	2,28
0,10	1,07	1,12	1,24	1,39	1,54	2,00
0,15	1,02	1,05	1,13	1,28	1,42	1,72
0,20	0,98	1,01	1,08	1,19	1,30	1,48
0,25	0,94	0,97	1,04	1,11	1,18	1,26
0,30	0,90	0,92	0,97	1,03	1,09	1,08
0,40	0,81	0,82	0,86	0,88	0,90	0,83
0,50	0,73	0,74	0,74	0,73	0,72	0,51

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Trong bảng trên: Q_C : lưu lượng qua bộ phận mặt cắt chưa bị thu hẹp của mặt cắt thực dưới cầu.

Lưu ý: Trường hợp các trị số Q_{TK}/Q_C và Fr/i_o ở ngoài giá trị trong bảng trên, lấy giá trị của a theo trị số gần nhất.

c. Xác định độ dềnh nước lớn nhất ở mái dốc đường dẫn lên cầu

Độ dềnh nước lớn nhất ở mái dốc đường dẫn lên cầu Δh_{TL} được xác định theo công thức:

$$\Delta h_{TL} = \Delta h_{d,max} + x_o i_o + V_o^2 / g \quad (4-24)$$

Các ký hiệu trong công thức đã được giải thích ở trên.

§ 4.8. Tĩnh không dưới cầu

4.8.1. Tĩnh không hay khổ giới hạn gầm cầu

Tĩnh không dưới cầu (hay khổ giới hạn gầm cầu) là đường giới hạn tối thiểu của khoảng không gian dưới dầm cầu tính theo hướng vuông góc với dòng chảy trong sông, đảm bảo cho thuyền bè qua lại không bị va chạm vào các chi tiết kết cấu của cầu. Các kích thước tối thiểu của khổ giới hạn gầm cầu được quy định theo cấp sông trong Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 5664-92. Bảng 4-12 trình bày tổng hợp một số thông số theo phân cấp kỹ thuật đường thủy nội địa.

4.8.2. Xác định mực nước thông thuyền

Mực nước thông thuyền theo TCVN 5664-92 là mực nước cao có tần suất 5%, là mực nước cao nhất cho phép thuyền bè có thể qua lại an toàn dưới cầu. Mực nước này dùng để xác định kích thước công trình bắc qua. Trường hợp đặc biệt có thể dùng mực nước cao có tần suất 10% do cấp có thẩm quyền quyết định.

Mực nước thông thuyền được xác định tương tự như mực nước đỉnh lũ thiết kế. Chi tiết cách xây dựng đường tần suất mực nước cao xem § 2.3, Chương II.

Bảng 4-12

Bảng tổng hợp phân cấp đường thủy nội địa

Cấp sông	Kích thước luồng lạch, m					Kích thước công trình, m			
	Sông thiên nhiên		Kênh đào		Bán kính cong	Cầu			Tĩnh không đáy điện chưa kể phần an toàn từ trường
	Chiều sâu nước	Chiều rộng đáy	Chiều sâu nước	Chiều rộng đáy		Khẩu độ		Tĩnh không	
						Sông	Kênh		
I	> 3,0	> 90	> 4,0	> 50	> 700	80	50	10	12
II	2,0-3,0	70-90	3,0-4,0	40-50	500-700	60	40	9	11
III	1,5-2,0	50-70	2,5-3,0	30-40	300-500	50	30	7	9
IV	1,2-1,5	30-50	2,0-2,5	20-30	200-300	40	25	6 (5)	8
V	1,0-1,2	20-30	1,2-2,0	10-20	100-200	25	20	3,5	8
VI	< 1,0	10-20	< 1,2	10	60-150	15	10	2,5	8

Ghi chú:

Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

- 1) Trị số (...) được phép dùng khi có sự đồng ý của cơ quan có thẩm quyền.
- 2) Kích thước lòng lạch được xác định ứng với mực nước mùa cạn có tần suất 95%.

Cho đến nay, do còn có những điểm cần xem xét thêm về phân cấp sông cho một số đoạn sông trên cả nước nên đối với mỗi cầu dự kiến xây dựng qua một đoạn sông cụ thể nào đó, nên đơn vị Tư vấn thiết kế cần có công văn xin ý kiến về yêu cầu thông thuyền dưới cầu của cơ quan quản lý có liên quan đoạn sông đó như Cục Đường sông Việt Nam; Sở Giao thông vận tải các tỉnh, thành phố hoặc Tổng Công ty Điện lực Việt Nam (chẳng hạn cầu qua lòng hồ của nhà máy thủy điện) v.v...

Tài liệu sử dụng trong chương IV

- [1]. 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).
- [2]. Tiến sĩ Trần Đình Nghiên. Thiết kế thủy lực cho dự án cầu đường. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Hà Nội 2003.
- [3]. Giáo sư, Tiến sĩ O.V. Andreev. Thiết kế cầu vượt sông. Nhà xuất bản Giao thông vận tải, Matxcova 1980.
- [4]. 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).
- [5]. Quy trình thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn 22TCN 18-79, Bộ Giao thông vận tải 1979.
- [6]. Thiết kế đường thủy, Tài liệu hướng dẫn thiết kế thủy lực cầu, cống và đường tràn, Hiệp hội quản lý giao thông và đường bộ quốc gia Oxtâylyia, Sydney 1994.
- [7]. Hướng dẫn phân tích thủy lực công trình - HEC No.18, Phân tích xói dưới cầu, Cục Đường bộ của Bộ Vận tải Hoa Kỳ xuất bản tháng 11 năm 1995.
- [8]. Chương trình phân tích sông ngòi HEC-RAS - Trung tâm Thủy lực công trình của Hiệp hội Kỹ sư quân đội Mỹ (cập nhật thông tin đến tháng 12 năm 2005).
- [9]. Sổ tay Hướng dẫn bảo vệ môi trường trong xây dựng công trình giao thông đường bộ, do Nhóm chuyên gia Canada về Môi trường giao thông vận tải biên soạn. Nhà xuất bản Giao thông vận tải phát hành năm 2000.
- [10]. R.V. Farraday và F.G. Charlton. Các yếu tố thủy lực trong thiết kế cầu. Nhà xuất bản Oxfordshire, 1983.
- [11]. PGS. TS Trần Đình Nghiên. Nghiên cứu xói cục bộ mố cầu, Đề tài nghiên cứu khoa học mã số B2004-35-86, hoàn thành tháng 6 năm 2005.
- [12]. PGS. TS Trần Đình Nghiên. Nghiên cứu mới về xói cục bộ mố cầu. Tạp chí Cầu đường Việt Nam, các số tháng 8 và 9 năm 2005.