

NGUYỄN QUANG CHIÊU
TRẦN TUẤN HIỆP

THIẾT KẾ cống và cầu nhỏ trên ĐƯỜNG ÔTÔ



NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

NGUYỄN QUANG CHIÊU
TRẦN TUẤN HIỆP

THIẾT KẾ
**CỔNG VÀ CẦU NHỎ
TRÊN ĐƯỜNG ÔTÔ**

TÁI BẢN CÓ SỬA CHỮA, BỔ SUNG

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI
HÀ NỘI - 2004

Chịu trách nhiệm xuất bản

TS. NGUYỄN XUÂN THỦY

Biên tập: NGUYỄN NGỌC SÂM

Sửa bài: NGUYỄN THUYẾT HỒNG

NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

80B - TRẦN HƯNG ĐẠO - HÀ NỘI

ĐT: (04) 9.423345

MS: $\frac{6x8(6V)}{GTVT-04}$ 105/08 - 04

SÁCH TRỢ GIÁ

In 1.000 cuốn, khổ 19x27cm, tại Công ty in Giao thông - NXB.GTVT.

Giấy chấp nhận đăng ký kế hoạch xuất bản số 105/XB-QLXB cấp ngày 9/2/2004.

In xong và nộp lưu chiểu tháng 9 năm 2004.

LỜI NÓI ĐẦU

Cống và cầu nhỏ chiếm một tỷ trọng rất lớn trong toàn bộ hệ thống các công trình thoát nước trên đường. Việc thiết kế cống và cầu nhỏ có đúng đắn hay không có một ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả sử dụng và giá thành xây dựng của toàn bộ công trình.

Việc thiết kế cống và cầu nhỏ là một công tác rất tổng hợp, bao gồm từ việc điều tra khảo sát thủy văn, tính toán lưu lượng nước, chọn loại cống và cầu nhỏ và bố trí chúng, tính toán thủy lực: xác định khẩu độ cầu nhỏ, cống, đường tràn ..., tính toán các thiết bị tiêu năng, tính xói và gia cố hạ lưu cầu, cống ..., cho đến việc thiết kế kết cấu các loại cống và cầu nhỏ, thiết kế nền móng công trình cầu cống, bố trí khe phòng lún và tầng phòng nước v.v...

Quyển sách này cung cấp những kiến thức cơ bản liên quan đến những nội dung trên đây nhằm giúp độc giả có thể thiết kế hoàn chỉnh một công trình cống và cầu nhỏ trên đường sau khi đã nghiên cứu lý thuyết, tham khảo các ví dụ minh họa kèm theo và vận dụng các quy trình quy phạm liên quan hiện hành. Do loại hình kết cấu của cống và cầu nhỏ rất đa dạng nên trong phần thiết kế kết cấu chúng tôi chỉ giới thiệu việc thiết kế cống tròn, cống bán, cống vòm và cầu bản mỏng nhẹ là những kết cấu thường gặp để quyển sách không quá dày. Phần thiết kế kết cấu các loại cầu nhỏ khác bạn đọc có thể tham khảo trong các giáo trình liên quan.

Cùng với sự nghiệp công nghiệp hoá, hiện đại hoá đất nước, công tác xây dựng đường ô tô ở nước ta đang phát triển mạnh mẽ. Chúng tôi hy vọng quyển sách này sẽ góp được một phần nhỏ bé vào sự nghiệp lớn lao đó.

Những thiếu sót chắc là không tránh khỏi. Rất mong các bạn đọc chỉ giáo để sửa chữa trong lần xuất bản sau.

Các tác giả

NGŨT. PGS. Nguyễn Quang Chiêu

TS. Trần Tuấn Hiệp

CHƯƠNG I

KHẢO SÁT CẦU NHỎ VÀ CỐNG

Trước khi tiến hành khảo sát cần làm tốt các công tác chuẩn bị sau:

- Thu thập bản đồ địa hình tỉ lệ: 1 : 10.000
hoặc 1 : 100.000;
- Thu thập các tài liệu địa chất liên quan;
- Tìm hiểu tình hình thủy lợi liên quan. Nếu gần tuyến có sông ngòi, ao hồ có ảnh hưởng đến khẩu độ và cao độ cầu cống, đến độ sâu móng, các công trình gia cố v.v. thì phải tìm hiểu tình hình thủy văn của các sông suối, ao hồ đó.
- Nếu là công trình cải tạo hoặc khôi phục thì phải thu thập các hồ sơ thiết kế cũ.

Nội dung chủ yếu của công tác khảo sát gồm có: khảo sát thủy văn, đo đạc vị trí cầu cống và các công tác điều tra khác.

1.1. KHẢO SÁT THỦY VĂN

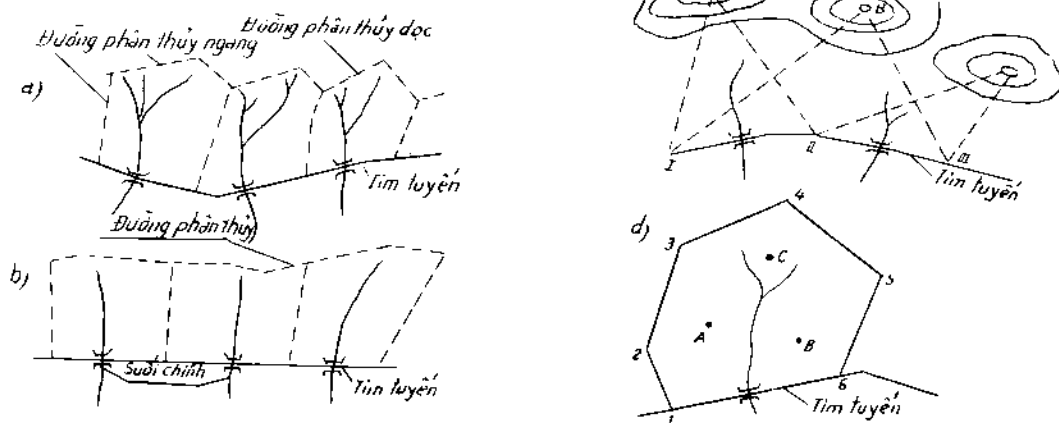
Mục đích của việc khảo sát thủy văn là xác định lưu lượng thiết kế để tính: khẩu độ cầu cống. Nội dung và phương pháp khảo sát thủy văn cụ thể như sau:

1. Xác định diện tích khu tụ nước (hoặc lưu vực) F

Diện tích tụ nước là căn cứ quan trọng để tính lưu lượng, có thể xác định theo các cách sau:

- a) Dùng bản đồ địa hình có hiệu chỉnh lại sau khi đã đối chiếu với thực địa;
- b) Khi không có bản đồ địa hình hoặc bản đồ không đủ để xác định diện tích khu tụ nước thì phải tiến hành đo đạc ở thực địa. Có mấy phương pháp đo vẽ diện tích khu tụ nước ở thực địa:
 - Đo đường sườn ven theo đường phân thủy (hình 1.1a).
 - Đo đường sườn dọc theo suối chính (hình 1.1b) từ vị trí cầu cống cho đến điểm mút trên đường phân thủy dọc, rồi dựa vào tình hình tại chỗ để khoanh khu tụ nước.
 - Dùng phương pháp giao hội ở đỉnh núi (hình 1.1c), đo được điểm khống chế của đường phân thủy (như các điểm A, B, C trên hình vẽ). Sau đó căn cứ vào địa hình, vẽ ra bản vẽ khu tụ nước.

- Dùng địa bàn đo góc phương vị (hình 1.1d). Cắm 3 cờ hiệu trong khu tụ nước (cờ đỏ, xanh, trắng) gần đúng 3 đỉnh của một tam giác đều, đo chiều dài 3 cạnh của tam giác ABC rồi đo chính xác góc AIC của điểm I trên đường phân thủy, dùng địa bàn đo các góc phương vị 1A, 1B, 1C, tương tự đo các góc phương vị của các điểm 2, 3, 4, 5, 6, ... Vẽ nội nghiệp, trước hết vẽ hình tam giác rồi dựa vào góc phương vị định ra các điểm trên đường phân thủy.



Hình 1.1.

Các phương pháp đo diện tích khu tụ nước tại thực địa.

Khi đo mặt bằng khu tụ nước, nếu gặp ao hồ, đầm lầy, khu đất trũng, hồ chứa nước mà nước không chảy về sông suối thì phải khoanh lại trên bản đồ và xác định diện tích của chúng. Dùng máy đo diện tích hoặc giấy kẻ ly mờ để tìm diện tích khu tụ nước trên bản đồ.

2. Xác định chiều dài và độ dốc bình quân của dòng chính

a) Khi dòng chính được thể hiện trên bản đồ thì đo chiều dài trên bản đồ, dựng mặt cắt dọc của suối từ vị trí cầu cống đến đường phân thủy như hình 1.2 rồi kẻ đường AB trên mặt cắt dọc sao cho $F_1 = F_2$. Độ dốc của đường AB chính là độ dốc bình quân của dòng chính.

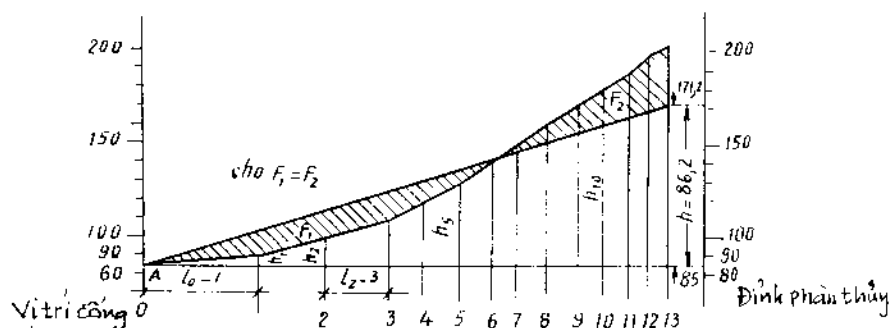
Độ dốc của dòng suối chính có thể tính theo công thức sau :

$$I_{\text{chính}} = \frac{h_1 l_{0-1} + (h_1 + h_2) l_{1-2} + \dots + (h_{n-1} + h_n) l_{n-1-n}}{L^2}$$

b) Khi không có bản đồ thì phải đo ở thực địa.

- Với sông suối vùng núi: khi chiều dài suối chính trên 500m thì lấy cao độ điểm đối dốc lòng suối (thường là chỗ hình thành sông suối) trừ đi cao độ ở vị trí cầu cống rồi chia cho khoảng cách giữa hai điểm đó. Nếu chiều dài suối chính dưới 500m thì lấy cao độ đường phân thủy trừ đi cao độ đáy suối ở vị trí tuyến, rồi chia cho khoảng cách giữa hai điểm đó.

- Với sông suối vùng đồng bằng: khi chiều dài dòng chính lớn hơn 800m, thì lấy độ dốc của một nửa chiều dài đoạn suối gần cầu, nếu chiều dài dưới 800 m thì lấy độ dốc cho đến đường phân thủy.



Hình 1.2.

Mặt cắt dọc của dòng suối chính.

Để giảm khối lượng đo độ dốc dọc của dòng suối chính tại thực địa cần kết hợp giữa việc thực đo và điều tra: chỉ tiến hành đo đạc cho các sông suối có tính chất điển hình, còn với các sông suối khác thì đối chiếu mà xác định. Tuy nhiên phương pháp này không thích hợp cho các nơi có địa hình biến đổi nhiều.

3. Điều tra hình thái và điều tra lũ

Khi cần phải dùng phương pháp điều tra hình thái hoặc dựa vào lưu lượng thiết kế quy định để tìm ra mực nước thiết kế thì phải tiến hành điều tra hình thái và điều tra lũ.

a) Các tài liệu cần thiết của phương pháp điều tra hình thái:

- Mặt cắt ngang (mặt cắt ngang sông theo hướng thẳng góc với dòng nước);
- Mực nước lũ cao nhất lịch sử của đoạn mặt cắt ngang này ; mực nước lũ tương đối cao và tháng xuất hiện mực nước lũ trung bình nhiều năm và đường đẳng mực nước khi điều tra;
- Độ dốc mực nước lũ;
- Loại đất và tính chất của dòng sông, độ nhám của dòng chính và của bãi;
- Khi có điều kiện thì tiến hành đo lưu tốc.

b) Chọn mặt cắt ngang:

Thường chọn ở các đoạn sông có thể điều tra lũ chính xác. Yêu cầu đoạn sông thẳng, lòng sông ổn định, độ dốc lòng sông không thay đổi đột ngột, lòng sông không mở rộng hoặc thu hẹp quá nhiều và không bị ứ tắc vì rác rưởi. Nếu vị trí cầu cống thỏa mãn các điều kiện đó thì rất lý tưởng và có thể chọn luôn vị trí cầu cống làm mặt cắt ngang khảo sát để tránh phải tính đổi. Nếu không thì phải chọn mặt cắt ngang ở thượng lưu hoặc hạ lưu cầu cống.

Bảng 1.1

Bảng tính đối từ năm âm lịch sang năm dương lịch

Dương lịch	Âm lịch	Dương lịch	Âm lịch	Dương lịch	Âm lịch
1901	Tân Sửu	1940	Canh Thìn	1979	Kỷ Mùi
1902	Nhâm Dần	1941	Tân Ty	1980	Canh Thân
1903	Quý Mão	1942	Nhâm Ngọ	1981	Tân Dậu
1904	Giáp Thìn	1943	Quý Mùi	1982	Nhâm Tuất
1905	Ất Ty	1944	Giáp Thân	1983	Quý Hợi
1906	Bính Ngọ	1945	Ất Dậu	1984	Giáp Tý
1907	Đinh Mùi	1946	Bính Tuất	1985	Ất Sửu
1908	Mậu Thân	1947	Đinh Hợi	1986	Bính Dần
1909	Kỷ Dậu	1948	Mậu Tý	1987	Đinh Mão
1910	Canh Tuất	1949	Kỷ Sửu	1988	Mậu Thìn
1911	Tân Hợi	1950	Canh Dần	1989	Kỷ Tỵ
1912	Nhâm Tý	1951	Tân Mão	1990	Canh Ngọ
1913	Quý Sửu	1952	Nhâm Thìn	1991	Tân Mùi
1914	Giáp Dần	1953	Quý Tỵ	1992	Nhâm Thân
1915	Ất Mão	1954	Giáp Ngọ	1993	Quý Dậu
1916	Bính Thìn	1955	Ất Mùi	1994	Giáp Tuất
1917	Đinh Tỵ	1956	Bính Thân	1995	Ất Hợi
1918	Mậu Ngọ	1957	Đinh Dậu	1996	Bính Tý
1919	Kỷ Mùi	1958	Mậu Tuất	1997	Đinh Sửu
1920	Canh Thân	1959	Kỷ Hợi	1998	Mậu Dần
1921	Tân Dậu	1960	Canh Tý	1999	Kỷ Mão
1922	Nhâm Tuất	1961	Tân Sửu	2000	Canh Thìn
1923	Quý Hợi	1962	Nhâm Dần	2001	Tân Tỵ
1924	Giáp Tý	1963	Quý Mão	2002	Nhâm Ngọ
1925	Ất Sửu	1964	Giáp Thìn	2003	Quý Mùi
1926	Bính Dần	1965	Ất Tỵ	2004	Giáp Thân
1927	Đinh Mão	1966	Bính Ngọ	2005	Ất Dậu
1928	Mậu Thìn	1967	Đinh Mùi	2006	Bính Tuất
1929	Kỷ Tỵ	1968	Mậu Thân	2007	Đinh Hợi
1930	Canh Ngọ	1969	Kỷ Dậu	2008	Mậu Tý
1931	Tân Mùi	1970	Canh Tuất	2009	Kỷ Sửu
1932	Nhâm Thân	1971	Tân Hợi	2010	Canh Dần
1933	Quý Dậu	1972	Nhâm Tý		
1934	Giáp Tuất	1973	Quý Sửu		
1935	Ất Hợi	1974	Giáp Dần		
1936	Bính Tý	1975	Ất Mão		
1937	Đinh Sửu	1976	Bính Thìn		
1938	Mậu Dần	1977	Đinh Tỵ		
1939	Kỷ Mão	1978	Mậu Ngọ		

Khi tình hình thủy văn tương đối phức tạp và chỉ dựa theo phương pháp hình thái để xác định lưu lượng thì phải căn cứ vào tình hình cụ thể để chọn 2 đến 3 mặt cắt ngang để điều chỉnh lưu lượng cho chính xác.

c) *Điều tra mực nước lũ:*

Với phương pháp hình thái, việc điều tra mực nước lũ tin cậy và xác định tần suất lũ chính xác là rất quan trọng. Phương pháp điều tra là tìm và hỏi mực nước ở hai bên bờ sông thượng và hạ lưu. Phải tiến hành phân tích, điều chỉnh các mực nước không phù hợp nhau và chọn mực nước có xác suất xuất hiện tương đối lớn.

Đối với các dấu vết và đặc trưng của nước lũ ở thực địa, có thể tham khảo tình hình dưới đây để suy luận ra:

- Dấu vết rác rưởi mắc lại trên cây thường ứng với tần suất lũ $p\% = 10$ đến 5% (10 năm đến 20 năm xảy ra một lần).

- Các dấu vết bùn đất, rễ cây cỏ còn lại trên các bờ sông địa hình tương đối bằng phẳng, các ngấn vết trên đá, trên các móng trụ cầu cũ thường ứng với tần suất $p = 20\%$ (5 năm xảy ra một lần).

- Các dấu vết lũ lịch sử còn lại ở các chùa, miếu, nhà cửa, hỏi qua các người già địa phương thường có độ chính xác cao.

- Có thể dựa vào sự thay đổi màu sắc trên các hòn đá trong sông suối mà phán đoán mực nước lũ. Thường thì chỗ phân giới giữa màu xám và màu xám đen là ứng với mực nước lũ bình quân nhiều năm, các chỗ trên mặt đá từ màu đen chuyển sang màu xám đen thường ứng với mực nước lũ ít xuất hiện.

- Khi tiến hành điều tra lũ phải chú ý xem diễn biến của dòng chảy và xem trên sông suối điều tra có công trình thủy lợi hay không. Sau khi suy ra được năm xuất hiện các mực nước lũ lịch sử điều tra được, có thể tính tần suất tích lũy (tức là số phần trăm tích lũy xuất hiện lũ) theo công thức sau:

$$p\% = \frac{m}{n+1} \cdot 100 \quad (1.1)$$

Trong đó: m là số lần xuất hiện lũ trong n năm.

Khi điều tra mực nước lũ lịch sử trong nhân dân (hỏi các cụ già ở địa phương) thường phải tính đổi từ năm âm lịch sang năm dương lịch - Khi đó có thể sử dụng bảng 1.1 để tính đổi.

Ví dụ : Năm 1980 khi điều tra lũ của sông X, đội thủy văn của Viện thiết kế giao thông được các cụ già địa phương cho biết 7 mực nước, trong đó các cụ đã thống nhất chỉ cho biết mấy mực nước đáng tin cậy. Về các năm xuất hiện lũ các cụ đều thống nhất là trận lũ năm Canh Ngọ là lớn nhất, mực nước cao hơn trận lũ năm 1945 là trận lũ lớn thứ hai. Các cụ còn cho biết trận lũ năm 1961 còn cao hơn trận lũ năm 1975.

Giải : Tra bảng 1.1 biết được năm Canh Ngọ là năm 1930. Từ năm 1930 đến năm 1980 có số năm $n = 51$. Tần suất kinh nghiệm của các trận lũ tính theo công thức (1.1) là:

Năm 1930	$p = \frac{m}{n+1} = \frac{1}{51+1} = \frac{1}{52} = 1,9\%$
Năm 1945	$p = \frac{2}{52} = 3,8\%$
Năm 1961	$p = \frac{3}{52} = 5,8\%$
Năm 1975	$p = \frac{4}{52} = 7,7\%$

1.2. CÔNG TÁC ĐO ĐẠC VỊ TRÍ CẦU CỐNG

1. Đo mặt cắt ngang sông suối ở vị trí cầu cống

Đo rộng ra hai bên bờ sông đến trên mực nước lũ. Trên mặt cắt ngang ghi rõ vị trí cầu (cống), tên cọc, mực nước khi đo đạc, các mực nước lũ điều tra được và mực nước thiết kế, tình hình địa chất (nếu có lỗ khoan địa chất). Khi vị trí cầu cống nằm trên đoạn sông (suối) cong thì phải đo vẽ thêm mặt cắt ngang ở thượng và hạ lưu.

2. Đo mặt cắt dọc sông suối và độ dốc mực nước lũ

a) Phải đo vẽ mặt cắt dọc của đoạn sông (suối) ở gần vị trí cầu cống để xác định độ dốc của dòng sông (suối), xét xem có hiện tượng nước chảy, xói mòn hay không để quyết định việc bố trí các công trình dẫn dòng và gia cố. Thường đo trên và dưới thượng hạ lưu cầu cống khoảng 20m.

b) Khi dùng phương pháp hình thái cần phải đo độ dốc mực nước lũ, thì căn cứ vào độ dốc của các vết lũ cùng tần suất điều tra được để tìm ra. Nếu thiếu các vết lũ thì có thể thay bằng độ dốc của mực nước thường xuyên hoặc độ dốc trung bình của lòng suối. Khi dùng độ dốc lòng suối cần chú ý là đoạn sông suối đó không được có chỗ thu hẹp hoặc mở rộng.

Chiều dài cần đo để xác định độ dốc của mực nước thường lấy như sau:

- Với sông suối đồng bằng đo ở thượng và hạ lưu mỗi bên 100m.
- Với sông suối vùng núi đo lên thượng lưu 100m, đo xuống hạ lưu 50m. Với các suối dốc đứng và có hiện tượng nước nhảy thì phải đo hết chiều dài đoạn nước nhảy;
- Nếu hạ lưu cầu cống gần với ngã ba đổ ra sông suối lớn thì phải đo đến ngã ba;
- Nếu cầu cống nằm trong phạm vi nước dềnh thì phải đo đến điểm cuối của nước dềnh.

c) Đo vẽ bản đồ địa hình hoặc sơ đồ vị trí cầu cống.

Khi tình hình dòng chảy ở vị trí cầu cống phức tạp, nhất là khi địa hình thay đổi nhiều, dòng sông cong queo hoặc công trình giao chéo với dòng nước, phải cải suất ở thượng hoặc hạ lưu, cần phải làm các công trình gia cố khác thì phải đo vẽ sơ đồ vị trí cầu cống và ghi các cao độ của những điểm chủ yếu.

d) Khi đo đạc vị trí cầu cống cần phải xác định tình hình địa chất và độ nhám của lòng suối để tính toán lưu tốc.

1.3. CÁC NỘI DUNG ĐO ĐẠC ĐIỀU TRA KHÁC

1. Địa chất công trình

Mục đích để xác định năng lực chịu tải ở đáy công trình, biết được cấu tạo địa chất, mực nước ngầm và ảnh hưởng của nó đối với sự ổn định của công trình. Để giảm khối lượng công tác nên lấy công tác điều tra là chính, đào thăm dò là phụ.

Khi điều tra địa chất công trình phải thu thập các tài liệu của các đơn vị hữu quan như tình hình nền móng các công trình cũ, tình hình địa chất của các giếng nước, các vết lộ.

Khi đào thăm dò phải căn cứ vào yêu cầu thực tế để quyết định vị trí, chiều sâu hố đào và ghi chép cẩn thận tình hình cụ thể tại hiện trường. Nếu có thiết bị thí nghiệm cần phải lấy các mẫu đất điển hình để thí nghiệm. Khi cần thiết phải lấy các mẫu nước mặt hoặc nước ngầm để kiểm tra tính ăn mòn của nó.

2. Vật liệu xây dựng

Mục đích của việc điều tra là để chọn loại kết cấu hợp lý về mặt kinh tế – kỹ thuật. Phải kết hợp giữa việc hỏi và điều tra thực địa để phát hiện các loại vật liệu xây dựng địa phương.

3. Điều tra các công trình cầu cống cũ

Nếu ở thượng hoặc hạ lưu cầu cống có các công trình cầu cống cũ thì cần phải tham khảo khi thiết kế các cầu cống mới. Nội dung điều tra chủ yếu là:

- Hình thức kết cấu, các kích thước chủ yếu của các bộ phận kết cấu, loại của cống;
- Năm xây dựng và tình hình sử dụng;
- Khả năng thoát lũ và cao độ mực nước trước cống.

Nếu khoảng cách giữa cầu cống cũ và cầu cống mới thiết kế cách nhau xa thì cần phải đo diện tích khu tụ nước, chiều dài suối chính, địa hình, địa mạo, địa chất của vị trí cầu cống mới.

- Nếu không có khả năng lợi dụng các công trình cầu cống cũ, phải phân tích tình hình cụ thể để tận dụng một phần năng lực của cầu cống đó và đề ra biện pháp cải tạo;

- Nếu khả năng thoát lũ của cầu cống cũ không đủ thì phải tiến hành điều tra mới để thiết kế cải tạo chúng.

4. Các tài liệu khác

Nếu tuyến đường phải đi qua đập nước thủy lợi thì phải phối hợp với đơn vị hữu quan để tiến hành đo đạc thủy văn;

- Phải xác định tình không của cầu cống cần bảo đảm việc thông thuyền, thông xe.
- Phải điều tra xem nước lũ có bùn, cát, đá, cây cỏ v.v... hay không.
- Nếu gần vị trí cầu cống có trạm thủy văn, khí tượng thì cần phải thu thập các tài liệu hữu quan : nhiệt độ, lượng mưa, hướng gió...
- Nếu diện tích khu vực tụ nước nhỏ hơn 30km^2 thì phải dựa vào công thức tính lưu lượng (xem chương 2) để xác định các hệ số liên quan.

CHƯƠNG II

TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG

Trong thiết kế cầu cống, lưu lượng là căn cứ chủ yếu để xác định khẩu độ và loại cầu cống. Có rất nhiều phương pháp xác định lưu lượng thiết kế của cầu nhỏ và cống. Do các nhân tố ảnh hưởng đến lưu lượng của lưu vực nhỏ rất phức tạp, phụ thuộc vào các điều kiện khí hậu, địa hình, địa mạo, địa chất của từng địa phương nên phải căn cứ vào tình hình cụ thể để phân tích chọn dùng công thức tính toán phù hợp nhất.

Trong thực tế thiết kế đường ô tô, đối với các lưu vực dưới 30km² hiện thường dùng công thức của Bôndakốp, công thức kinh nghiệm của Viện thiết kế giao thông, đồng thời dùng phương pháp hình thái hoặc phương pháp trực tiếp để tiến hành so sánh.

2.1. XÁC ĐỊNH LƯU LƯỢNG THEO CÁC PHƯƠNG PHÁP ĐƠN GIẢN CỦA LIÊN XÔ CŨ

Áp dụng công thức của Viện Nghiên cứu đường bộ Liên Xô cũ (công thức Bôndakốp) có sửa đổi: (*)

$$Q = \psi(h - Z)^{\frac{3}{2}} F^{\frac{4}{5}} \beta \gamma \delta \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.1)$$

Trong đó: Q - lưu lượng lũ mưa rào dùng để thiết kế; (m³/s). ψ - hệ số địa mạo, căn cứ vào địa hình, độ dốc trung bình của dòng suối chính, diện tích khu tụ nước, có thể tra ở bảng 2.1; F - diện tích khu tụ nước, (km²); h - chiều sâu dòng chảy (mm), dựa theo phân khu mưa rào của vị trí xây dựng cầu cống, theo tần suất lũ quy định, theo loại đất, theo khả năng hút nước và theo thời gian tập trung nước quy định, tra được ở bảng 2.2.

Thời gian tập trung nước (t) trong bảng (2.2) xác định theo diện tích của khu tụ nước F:

Khi	$F < 10 \text{ km}^2$;	$t = 30 \text{ phút}$
	$10 < F < 20 \text{ km}^2$;	$t = 45 \text{ phút}$
	$20 < F < 30 \text{ km}^2$;	$t = 80 \text{ phút}$.

(*) Các tham số sửa đổi theo số liệu của Viện Thiết kế giao thông.

Khi $F > 30 \text{ km}^2$ thì công thức này không thích hợp.

Z - chiều dày giữ nước của cây cỏ (mm), tra theo bảng (2.3)

β - Hệ số triết giảm lưu lượng, tra bảng 2.4. L_0 trong bảng (2.4) là khoảng cách từ trọng tâm khu tụ nước đến vị trí công trình;

γ - hệ số triết giảm do mưa không đều trong phạm vi lưu vực, tra bảng 2.5 khi chiều dài hoặc chiều rộng của khu tụ nước lớn hơn 25 km;

δ - hệ số triết giảm do ảnh hưởng của ao hồ

- Đối với các hồ chứa nước có thiết bị xả lũ, đó là tỷ số lưu lượng lũ xả trên lưu lượng chảy vào hồ chứa. Khi trên công trình có hồ chứa nước vĩnh cửu, có thể xác định hệ số triết giảm δ theo công thức:

$$\delta = 1 - (1 - k) \frac{f}{F} \quad (2.2)$$

Trong đó :

K - tỷ số giữa lưu lượng xả lũ trên lưu lượng nước chảy vào hồ chứa, thay đổi từ 0,6 ÷ 0,9. Khi thiếu số liệu thực tế lấy bằng 0,7. Bảng 2.6 cho giá trị của hệ số triết giảm δ ứng với $K = 0,7$.

f - diện tích khu tụ nước khống chế của hồ chứa (km^2);

F - diện tích toàn bộ khu tụ nước trên vị trí công trình (km^2).

Bảng 2.1
Giá trị của hệ số địa mạo ψ

Địa hình	Độ dốc bình quân của dòng suối i (%)	Diện tích khu tụ nước (km^2)		
		$F < 10$	$10 < F < 20$	$20 < F < 30$
Đồng bằng	1 ; 2	0,05	0,05	0,05
Đồng bằng	3 ; 4 ; 6	0,07	0,06	0,06
Vùng đồi	10 ; 14 ; 20	0,09	0,07	0,06
Vùng núi	27 ; 35 ; 45	0,10	0,09	0,07
Vùng núi	60 ÷ 100	0,13	0,11	0,08
	100 ÷ 200	0,14	Giá trị của ψ khi $i > 100$ chỉ là số liệu tham khảo	
	200 ÷ 400	0,15		
	400 ÷ 800	0,16		
	800 ÷ 1200	0,17		

Bảng 2.2
Chiều dày dòng chảy h (mm)

Phân khu mưa rào	Loại đất phân theo độ thấm nước	Tần suất tính toán											
		1 : 25				1 : 50				1 : 100			
		Chiều dày dòng chảy h (mm) ứng với thời gian tập trung nước t, phút											
		30	45	60	80	30	45	60	80	30	45	60	80
Khu I	I	38	46	53	59	45	57	64	72	51	63	72	82
	II	32	39	44	50	39	44	55	62	45	55	63	73
	III	23	28	30	35	31	38	42	47	36	44	51	57
	IV	9	12	15	17	16	20	24	27	22	28	33	30
	V	-	-	-	-	4	7	8	11	7	10	13	17
	VI	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	3	5
Khu II	I	52	61	70	79	60	73	84	95	70	87	101	112
	II	45	54	62	70	54	67	76	84	61	80	92	102
	III	37	47	51	57	43	53	60	66	56	70	79	87
	IV	23	28	33	38	30	38	46	52	43	54	62	68
	V	8	12	15	19	21	28	34	40	27	36	43	48
	VI	2	3	5	6	7	10	14	16	16	22	26	31
Khu III	I	56	69	79	89	66	80	92	104	75	93	109	121
	II	50	61	68	79	60	73	84	94	62	76	88	97
	III	41	50	57	65	52	63	71	80	62	76	86	97
	IV	26	32	38	44	37	46	52	61	47	59	68	79
	V	11	16	20	25	21	29	34	40	30	41	49	58
	VI	3	5	8	12	11	16	20	25	17	25	32	41

Bảng 2.3
Hệ số giữ nước của cây cỏ

Đặc trưng của mặt đất	Z(mm)
Cỏ dày cao < 1m, cây con cao ≤ 15m, bụi thưa, cây trồng ở ruộng.	5
Cỏ dày cao > 1m, cây con cao > 15m, bụi cây dày	10
Ruộng bậc thang từng thửa, xuôi dốc, 1km ² có khoảng 5 vạn mét bờ	10 ÷ 15
Rừng thưa	15
Ruộng lúa vùng đồng bằng	20
Rừng dày vừa phải	25
Ruộng bậc thang ngược dốc	20 ÷ 30
Ruộng có thảm lúa dày	35
Ruộng ngập nước	20 ÷ 40

Bảng 2.4
Hệ số triết giảm lưu lượng β do sự truyền đỉnh lũ

Khoảng cách từ trọng tâm khu tụ nước đến vị trí cầu L_0 (km)	1	2	3	4	5	6	7	10
Khu tụ nước vùng đồng bằng và vùng đồi	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70	0,60
Khu tụ nước vùng núi và núi cao	1	1	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,70

Bảng 2.5
Hệ số triết giảm γ do mưa không đều

Thời gian tập trung nước t (phút)	Chiều dài hoặc chiều rộng lưu vực (km)			
	25	35	50	100
30	1,0	0,90	0,80	0,80
45	-	1,0	0,90	0,90
60	-	-	1,0	0,90
80	-	-	-	1,0

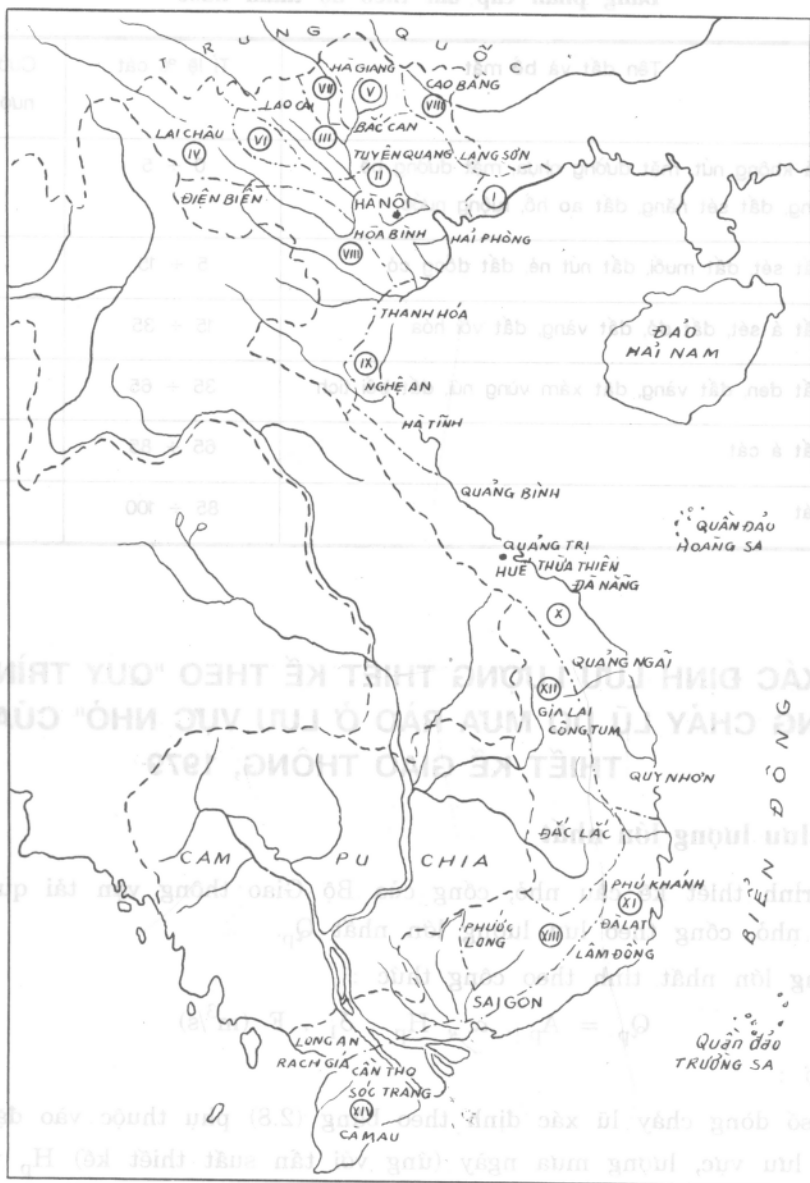
Bảng 2.6
Giá trị của hệ số triết giảm ao hồ δ khi $k = 0,70$

f/F (%)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100
δ	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	0,73	0,70

Phân khu mưa rào của Việt Nam xem hình 2.1

Ví dụ : Hãy tính lưu lượng theo công thức Bôndakốp với các số liệu sau: tần suất lũ 1:25, phân khu mưa rào III (miền Bắc Việt Nam), bề mặt khu tụ nước là đất sét loại II theo độ thấm, diện tích khu tụ nước $F = 15,4 \text{ km}^2$ (vùng đồi), độ dốc dòng suối chính $i_{ch} = 19\%$, khoảng cách từ trọng tâm khu tụ nước đến vị trí công trình là 3km, trong phạm vi khu vực tụ nước phần lớn là ruộng và đồng cỏ $Z = 5\text{mm}$, ở thượng lưu công trình có hồ chứa nước vĩnh cửu với diện tích lưu vực hồ là $6,2\text{km}^2$.

Giải: Từ bảng 2.1 tìm được: với khu vực đồi núi có $10 < F < 20$ thì $\psi = 0,07$, thời gian tập trung nước $t = 45$ phút, từ bảng 2.2 tra được $h = 61 \text{ mm}$, từ bảng 2.4 tra được $\beta = 0,90$. Từ bảng 2.5 tìm được $\gamma = 1$; diện tích hồ chứa nước $f = 6,2\text{km}^2$, $\frac{f}{F} = \frac{6,2}{15,4} = 0,4$, tra bảng 2.6 được $\delta = 0,88$.



Trình 2.1
Phân khu mưa rào (vùng mưa) của Việt Nam

Thay các trị số trên đây vào công thức (2.1), tìm được

$$\begin{aligned}
 Q &= \psi(h-z)^{\frac{3}{2}} F^{\frac{4}{5}} \beta \gamma \delta \\
 &= 0,07(61-5)^{\frac{3}{2}} \times 15,4^{\frac{4}{5}} \times 0,9 \times 1 \times 0,88 \\
 &= 0,07 \times 419,06 \times 8,91 \times 0,9 \times 1 \times 0,88 = 207,07 \text{m}^3/\text{sec}
 \end{aligned}$$

Bảng 2.7
Bảng phân cấp đất theo độ thấm nước

Cấp đất	Tên đất và bề mặt	Tỉ lệ % cát	Cường độ thấm nước (mm/phút)
I	Đá không nứt, mặt đường nhựa, mặt đường bê tông, đất sét nặng, đất ao hồ, ruộng nước	0 ÷ 5	0,20
II	Đất sét, đất muối, đất nứt nẻ, đất đồng cỏ	5 ÷ 15	0,25
III	Đất á sét, đất đỏ, đất vàng, đất vôi hóa	15 ÷ 35	0,30
IV	Đất đen, đất vàng, đất xám vùng núi, đất bồi tích	35 ÷ 65	0,35
V	Đất á cát	65 ÷ 85	0,10
VI	Cát	85 ÷ 100	0,45

2.2. XÁC ĐỊNH LƯU LƯỢNG THIẾT KẾ THEO "QUY TRÌNH TÍNH DÒNG CHẢY LŨ DO MƯA RÀO Ở LƯU VỰC NHỎ" CỦA VIỆN THIẾT KẾ GIAO THÔNG, 1979

1. Xác định lưu lượng lớn nhất

- Quy trình thiết kế cầu nhỏ, cống của Bộ Giao thông vận tải quy định tính khẩu độ cầu nhỏ, cống theo lưu lượng lớn nhất Q_p .

Lưu lượng lớn nhất tính theo công thức :

$$Q_p = A_p \cdot \alpha \cdot H_p \cdot \delta_1 \cdot F \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (2.3)$$

Trong đó :

α - hệ số dòng chảy lũ xác định theo bảng (2.8) phụ thuộc vào đặc trưng lớp đất mặt của lưu vực, lượng mưa ngày (ứng với tần suất thiết kế) H_p và diện tích lưu vực F .

Lượng mưa ngày H_p ứng với tần suất thiết kế $p\%$ xác định theo tài liệu đo đạc của trạm khí tượng thủy văn gần nhất hoặc tham khảo tài liệu thống kê sẵn ở phụ lục 1 (ở cuối sách).

A_p - mô đun tương đối của dòng chảy lớn nhất (khi $Q = 1$) lấy theo tỉ số của mô đun dòng chảy q_p trên tích αH_p :

$$A_p = \frac{q_p}{\alpha H_p} \quad (2.4)$$

Mô đun tương đối của dòng chảy lớn nhất A_p xác định theo bảng (2.9) phụ thuộc vào :

- a) Đặc trưng địa mạo thủy văn của lòng sông Φ_L ;
- b) Thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc τ_s ;
- c) Phân khu mưa rào (vùng mưa), theo hình 2.1.

Đặc trưng địa mạo thủy văn của lòng sông tính theo công thức:

$$\Phi_L = \frac{1000L}{m_l i_l^3 F^4 (\alpha H_p)^4} \quad (2.5)$$

Trong đó:

i_l - độ dốc lòng sông (‰);

L - chiều dài lòng chính (km);

m_l - hệ số nhám của lòng sông, tra bảng (2.10)

Thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc τ_s xác định theo bảng (2.11) phụ thuộc vào vùng mưa và đặc trưng địa mạo của sườn dốc Φ_s .

Đặc trưng địa mạo của sườn dốc xác định theo công thức:

$$\Phi_s = \frac{b_s^{0.6}}{m_s \cdot i_s^{0.3} (\alpha H_p)^{0.4}} \quad (2.6)$$

Trong đó :

i_s - độ dốc sườn lưu vực (‰);

b_s - chiều dài bình quân của sườn lưu vực (m);

m_s - hệ số nhám của sườn dốc, tra theo bảng (2.12).

Với những lưu vực có diện tích lớn hơn 10 km^2 trong các miền địa lý khác nhau, khi thiếu tài liệu có thể lấy thời gian nước chảy trên sườn dốc τ_s gần đúng như sau:

- Vùng rừng già, với lưu vực không có đầm lầy : $60 \div 100$ phút ; với lưu vực có đầm lầy : 150 phút.
- Vùng rừng non : $40 \div 60$ phút.
- Vùng đồng cỏ và đồng cỏ khô cằn : $20 \div 40$ phút
- Vùng cồn cát : $10 \div 15$ phút
- Vùng núi : $10 \div 60$ phút.

Bảng 2.8
Hệ số dòng chảy thiết kế α

Cấp đất	Hp (mm)	Hệ số dòng chảy α ứng với các cấp diện tích lưu vực Fkm ²									
		F < 0,1					0,1 < F < 1			1 < F < 10	
		0,94	0,93	0,90	0,88	0,85	0,81	0,78	0,86	0,74	0,67
II	≤ 80	0,96	0,93	0,90	0,88	0,85	0,81	0,78	0,86	0,74	0,65
	80 ÷ 150	0,97	0,94	0,91	0,90	0,87	0,85	0,78	0,76	0,74	0,65
	151 ÷ 200	0,97	0,95	0,93	0,92	0,90	0,89	0,85	0,83	0,81	0,73
	200	0,97	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,89	0,89	0,85	0,85
III	≤ 80	0,94	0,86	0,80	0,77	0,74	0,65	0,60	0,58	0,57	0,50
	81 ÷ 150	0,05	0,90	0,85	0,81	0,77	0,72	0,63	0,62	0,60	0,55
	151 ÷ 200	0,95	0,91	0,88	0,86	0,82	0,79	0,72	0,68	0,68	0,62
	200	0,94	0,92	0,91	0,90	0,88	0,85	0,80	0,60	0,80	0,73
IV	≤ 80	0,90	0,76	0,66	0,65	0,60	0,55	0,51	0,50	0,50	0,37
	81 ÷ 150	0,90	0,80	0,74	0,68	0,64	0,62	0,58	0,56	0,55	0,46
	151 ÷ 200	0,91	0,85	0,82	0,78	0,75	0,72	0,66	0,63	0,60	0,55
	200	0,90	0,87	0,85	0,84	0,82	0,81	0,77	0,76	0,77	0,60
V	≤ 80	0,68	0,35	0,26	0,24	0,22	0,22	0,20	0,18	0,18	0,15
	81 ÷ 150	0,71	0,46	0,41	0,40	0,34	0,32	0,28	0,27	0,25	0,20
	151 ÷ 200	0,75	0,59	0,50	0,48	0,46	0,46	0,42	0,40	0,38	0,30
	200	0,70	0,63	0,59	0,57	0,56	0,56	0,50	0,50	0,49	0,40
VI		-	0,25	-	-	-	0,20	-	0,15	-	0,10

Bảng 2.9
Trị số tương đối của môđun dòng chảy lớn nhất A_p

Vùng mưa	τ_s	Φ_L																
		0	1	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
I	10	0150	0136	0116	0100	0085	0074	0066	0060	0054	0050	0047	0042	0040	0030	0029	0020	0017
	30	0100	0097	0091	0083	0072	0064	0058	0054	0050	0046	0042	0040	0038	0029	0028	0020	0017
	60	0082	0080	0075	0068	0060	0055	0052	0048	0045	0042	0040	0039	0035	0028	0023	0020	0017
	100	0063	0062	0060	0057	0052	0048	0045	0042	0040	0038	0036	0034	0032	0026	0022	0019	0016
	150	0055	0050	0049	0048	0045	0042	0039	0037	0035	0034	0032	0030	0029	0023	0020	0018	0015
II	10	0208	0200	0180	0155	0120	0098	0085	0074	0067	0060	0054	0049	0046	0034	0027	0022	0019
	30	0174	0160	0132	0116	0098	0084	0074	0067	0060	0054	0050	0046	0043	0032	0026	0022	0019
	60	0114	0110	0100	0092	0079	0070	0063	0057	0052	0048	0044	0042	0039	0030	0025	0021	0018
	100	0082	0075	0073	0069	0062	0057	0052	0049	0047	0042	0042	0037	0035	0028	0023	0020	0017
	150	0068	0060	0059	0055	0052	0048	0045	0042	0041	0038	0036	0034	0032	0026	0022	0019	0016
III	10	0276	0260	0230	0200	0157	0130	0108	0094	0083	0075	0067	0061	0057	0040	0030	0025	0021
	30	0195	0190	0168	0150	0123	0106	0093	0082	0073	0067	0061	0056	0052	0038	0029	0024	0020
	60	0135	0131	0123	0110	0097	0085	0077	0070	0063	0058	0054	0050	0046	0035	0027	0024	0019
	100	0100	0092	0088	0082	0074	0068	0060	0057	0053	0049	0045	0042	0040	0031	0026	0021	0018
	150	0077	0070	0068	0066	0060	0056	0052	0048	0045	0041	0039	0036	0034	0027	0022	0019	0016
IV	10	0208	0200	0198	0150	0109	0096	0082	0070	0063	0057	0052	0048	0044	0033	0026	0022	0019
	30	0155	0152	0128	0112	0095	0081	0071	0063	0057	0052	0049	0045	0042	0032	0026	0021	0018
	60	0110	0108	0097	0088	0077	0069	0061	0053	0051	0047	0044	0041	0038	0030	0025	0021	0017
	100	0082	0080	0074	0068	0062	0056	0052	0049	0046	0042	0039	0037	0035	0029	0023	0020	0017
	150	0061	0056	0056	0054	0051	0047	0043	0040	0037	0036	0034	0032	0030	0025	0021	0019	0016
V	10	0390	0380	0340	0295	0233	0180	0147	0120	0105	0093	0081	0073	0066	0045	0032	0026	0021
	30	0273	0270	0235	0205	0167	0142	0120	0102	0091	0081	0073	0065	0060	0042	0031	0026	0020
	60	0173	0160	0155	0143	0125	0107	0095	0084	0075	0068	0061	0056	0052	0038	0029	0024	0019
	100	0128	0125	0115	0105	0093	0083	0077	0070	0063	0058	0053	0050	0046	0034	0027	0023	0019
	150	0096	0094	0088	0080	0072	0065	0060	0050	0052	0048	0045	0042	0040	0030	0025	0021	0017
VI	10	0157	0155	0125	0100	0075	0060	0051	0045	0041	0038	0035	0033	0031	0025	0022	0020	0017
	30	0093	0090	0082	0074	0060	0052	0046	0042	0038	0036	0034	0033	0030	0025	0021	0019	0017
	60	0067	0053	0057	0054	0048	0043	0040	0037	0034	0032	0030	0029	0027	0023	0020	0018	0017
	100	0053	0050	0048	0045	0040	0037	0035	0032	0031	0029	0028	0027	0026	0022	0020	0018	0017
	150	0042	0040	0039	0038	0035	0033	0031	0029	0027	0027	0026	0025	0024	0022	0019	0017	0016
VII	10	0158	0152	0149	0132	0132	0115	0099	0086	0075	0067	0061	0056	0047	0035	0027	0023	0019
	30	0135	0128	0122	0112	0098	0067	0076	0068	0062	0056	0052	0048	0044	0033	0026	0022	0019
	60	0112	0108	0102	0092	0080	0072	0065	0060	0055	0050	0047	0043	0040	0031	0025	0022	0018
	100	0098	0095	0090	0080	0068	0060	0055	0051	0047	0043	0040	0038	0036	0028	0023	0021	0018
	150	0066	0060	0060	0059	0053	0050	0045	0043	0040	0038	0036	0034	0032	0026	0022	0020	0017
VIII	10	0305	0300	0265	0225	0170	0137	0110	0096	0083	0074	0067	0061	0057	0041	0031	0025	0021
	30	0240	0210	0185	0160	0132	0110	0097	0085	0076	0069	0062	0056	0052	0038	0030	0025	0020
	60	0129	0131	0127	0116	0100	0090	0080	0070	0069	0059	0055	0050	0047	0036	0028	0023	0020
	100	0110	0094	0093	0088	0080	0072	0067	0060	0056	0051	0047	0044	0042	0032	0026	0022	0018
	150	0079	0078	0075	0076	0062	0058	0054	0050	0047	0043	0041	0039	0037	0029	0024	0020	0017
IX	10	0150	0135	0132	0120	0097	0082	0071	0062	0057	0052	0048	0044	0042	0032	0026	0022	0019
	30	0117	0112	0105	0096	0080	0070	0062	0057	0052	0048	0046	0042	0040	0032	0026	0022	0018
	60	0090	0088	0082	0076	0066	0060	0055	0051	0047	0044	0042	0040	0038	0030	0025	0021	0018
	100	0069	0064	0062	0060	0056	0056	0052	0048	0046	0043	0040	0036	0034	0028	0023	0020	0018
	150	0058	0049	0048	0048	0047	0045	0042	0040	0038	0035	0033	0031	0030	0025	0022	0019	0017

Tiếp bảng 2.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
X	10	0116	0113	0097	0087	0072	0062	0055	0049	0045	0041	0038	0035	0033	0026	0022	0019	0017
	30	0083	0081	0078	0070	0062	0055	0050	0045	0041	0038	0036	0033	0031	0025	0021	0019	0016
	60	0072	0070	0065	0061	0054	0049	0045	0043	0037	0034	0033	0030	0028	0023	0020	0017	0016
	100	0059	0058	0054	0050	0045	0041	0037	0035	0031	0020	0029	0028	0027	0022	0019	0017	0015
	150	0049	0048	0045	0042	0039	0036	0034	0032	0030	0028	0027	0026	0025	0021	0018	0016	0015
XI	10	0241	0232	0177	0150	0116	0098	0084	0073	0067	0059	0054	0049	0045	0035	0028	0023	0020
	30	0159	0155	0132	0115	0097	0083	0074	0064	0057	0052	0047	0044	0041	0031	0025	0022	0019
	60	0114	0111	0100	0091	0077	0068	0060	0054	0049	0045	0043	0040	0037	0029	0024	0021	0018
	100	0082	0080	0072	0069	0061	0056	0054	0047	0043	0041	0039	0037	0034	0028	0023	0020	0018
	150	0056	0054	0054	0054	0052	0048	0046	0043	0040	0038	0036	0034	0032	0025	0022	0019	0017
XII	10	0366	0355	0032	0276	0213	0163	0127	0104	0091	0079	0070	0063	0051	0039	0030	0026	0022
	30	0257	0250	0022	0193	0155	0124	0105	0089	0079	0069	0063	0056	0052	0037	0028	0026	0021
	60	0175	0170	0150	0112	0110	0096	0085	0074	0067	0061	0055	0051	0047	0034	0027	0025	0020
	100	0113	0110	0100	0092	0082	0072	0067	0061	0055	0051	0048	0044	0041	0031	0025	0022	0019
	150	0082	0080	0075	0070	0063	0058	0054	0060	0047	0044	0041	0038	0036	0028	0023	0021	0017
XIII	10	0392	0382	0372	0338	0265	0233	0195	0157	0133	0112	0090	0087	0077	0053	0038	0027	0022
	30	0308	0300	0286	0257	0215	0180	0150	0127	010	0096	0086	0077	0071	0048	0035	0026	0021
	60	0228	0222	0205	0183	0156	0133	0113	0098	0088	0080	0073	0066	0060	0043	0033	0025	0020
	100	0163	0158	0141	0130	0108	0097	0087	0080	0073	0067	0060	0055	0051	0037	0028	0023	0019
	150	0112	0109	0100	0094	0083	0075	0069	0064	0059	0055	0051	0046	0043	0033	0027	0021	0018
XIV	10	0315	0308	0270	0237	0194	0154	0126	0106	0092	0080	0072	0065	0059	0042	0032	0024	0020
	30	0252	0345	0203	0182	0150	0124	0105	0090	0081	0071	0065	0059	0054	0039	0030	0023	0020
	60	0166	0161	0148	0133	0112	0095	0083	0072	0060	0055	0051	0048	0045	0035	0028	0022	0019
	100	0114	0111	0103	0095	0090	0075	0068	0062	0057	0052	0049	0045	0042	0032	0026	0021	0018
	150	0084	0082	0077	0072	0064	0059	0054	0051	0047	0044	0041	0038	0036	0029	0024	0020	0017
XV	10	0432	0420	0350	0297	0240	0200	0165	0140	0117	0103	0090	0080	0071	0049	0034	0029	0023
	30	0298	0290	0255	0230	0193	0163	0138	0116	0103	0089	0079	0071	0063	0044	0033	0028	0022
	60	0228	0222	0192	0170	0142	0122	0105	0093	0083	0073	0066	0060	0055	0039	0030	0026	0021
	100	0154	0150	0132	0108	0100	0089	0080	0073	0066	0060	0055	0051	0047	0036	0028	0023	0019
	150	0106	0103	0094	0086	0076	0069	0063	0059	0055	0051	0047	0044	0041	0031	0025	0022	0018

Bảng 2.10
Hệ số nhám của lòng sông m_1

Loại sông	Đặc trưng trung bình của lòng sông và bãi trên suốt chiều dài sông từ nguồn tới trắc ngang tính toán	Hệ số m_1
1	Sông ở đồng bằng có dòng chảy thường xuyên, lòng sông tương đối sạch.	11
2	Sông vừa và lớn, lòng sông cong queo uốn khúc, thường có lau sậy, có đá tảng, dòng chảy không yên tĩnh và không thường xuyên, trong thời gian lũ có mang theo phù sa, có cuội lớn, lòng sông có phù lấp thực vật.	
3	Lòng sông ở vùng núi có cuội sỏi, mặt nước không phẳng như mặt gương Lòng sông có dòng chảy không thường xuyên, quanh co uốn khúc.	
		9
		7

Bảng 2.11
Thời gian tập trung dòng chảy trên sườn dốc τ_s

Đặc trưng địa mạo của sườn dốc Φ_s	vùng mưa														
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV
10	50	60	40	60	40	50	60	40	50	70	57	46	44	41	38
15	90	90	70	90	70	80	90	70	105	105	86	70	65	65	53
20	150	120	100	125	90	130	120	100	130	147	120	100	90	90	82
25	190	160	130	155	120	175	150	125	165	190	153	126	114	117	106
30	235	200	165	190	140	225	185	155	220	235	193	146	139	145	132
40	330	270	225	265	210	320	262	220	320	320	265	216	144	205	186
50	420	340	300	342	300	420	342	290	400	420	348	277	247	267	241
60	520	430	380	440	370	520	440	370	500	523	432	347	308	333	306
70	620	520	460	530	450	630	530	450	600	620	527	428	372	410	352
80	720	620	540	640	530	750	630	530	710	730	610	507	443	490	410
90	820	730	630	730	620	860	740	620	800	852	720	595	518	566	481
100	940	830	720	840	710	930	830	710	930	980	823	673	605	650	550
120	1156	1140	900	1100	880	1160	1050	880	1160	1220	1030	855	772	8477	690
150	1580	1410	1250	1420	1220	1580	1420	1220	1500	1630	1420	1170	1070	1170	970
170	1860	1550	1460	1560	1440	1860	1580	1440	1860	1920	1675	1430	1310	1430	1200
200	2400	2100	1850	2130	1800	2400	2130	1820	2450	2350	2065	1775	2640	1770	1530
250	3100	2860	2540	2860	2450	3100	2860	2530	3070	3055	2780	2455	2250	2450	2170
300	3900	3600	3260	3600	3240	3900	3600	3240	3920	3850	3510	3200	2900	3150	2860
350	4950	4100	4150	4500	4100	5000	4100	4100	5000	4700	4450	4060	3700	3980	3700
400	5850	5500	5050	5500	4950	5800	5500	5000	5800	5500	5120	4950	4470	4830	4500

(Với địa hình khá lồi lõm hoặc đất lẫn ít đá, lấy giới hạn dưới; với sườn dốc bằng phẳng, sườn dốc vùng núi phủ lớp sườn tích lấy giới hạn trên).

δ_1 – hệ số điều tiết lưu lượng lớn nhất do ao hồ, xác định theo bảng (2.13).

Khi ao hồ, đầm lầy ở vùng trung lưu hoặc rải đều trên lưu vực thì δ lấy theo trị số bình quân của hai cột.

Hệ số dòng chảy α trong công thức (2.3) xác định theo lượng mưa ngày H_p , diện tích lưu vực F và cấp đất. Để xác định cấp đất cần lấy mẫu đất ở độ sâu $0,20 \div 0,30m$ tại 3 đến 4 vị trí điển hình trên sườn dốc (mỗi mẫu khoảng 400g đất) để xác định thành phần hạt và tính hàm lượng cát trong đất. Dựa vào hàm lượng cát trong đất, theo bảng 2.7 để xác định cấp đất, rồi theo bảng 2.8 để xác định α .

Bảng 2.12
Hệ số nhám m_s của sườn dốc

Đặc trưng của mặt sườn dốc	Lớp phủ		
	Rất ít hoặc không có	Bình thường	Dày
- Mặt không thấm nước (mặt đường nhựa, bê tông)	0,50	-	-
- Mặt đất bằng phẳng, đồng ruộng có bề mặt nứt nẻ	0,40	0,30	0,25
- Mặt đất được cây bừa kỹ, đất có người ở với diện tích nhỏ hơn 20%	0,30	0,25	0,20
- Đất cây bừa không kỹ, bề mặt có nhiều chỗ lồi lõm, đất có người ở với diện tích lớn hơn 20%	0,20	0,15	0,10

Chú ý : Những đặc trưng nêu trong bảng này phải xét theo tình hình thực tế về mùa mưa lũ.

Bảng 2.13
Hệ số điều tiết lưu lượng (do ao hồ, đầm lầy) δ

Vị trí ao hồ và đầm lầy	Diện tích ao hồ hoặc đầm lầy (%)									
	2	4	6	8	10	15	20	30	40	50
Ở hạ lưu	0,85	0,75	0,65	0,55	0,50	0,40	0,35	0,20	0,15	0,10
Ở thượng lưu	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,65	0,55	0,45	0,35	0,25

2. Tính tổng lượng lũ thiết kế và đường quá trình lũ thiết kế

Khi tính khẩu độ có xét tích nước cần sử dụng những tài liệu sau:

- a) Lưu lượng đỉnh lũ và tổng lượng lũ thiết kế;
- b) Bản đồ địa hình phía trước cống;
- c) Đồ thị khả năng thoát nước của công trình.

Tổng lượng lũ thiết kế của các lưu vực có diện tích từ 10 đến 100km² được tính theo công thức:

$$W_p = 1000\alpha H_p F \text{ (m}^3\text{)} \quad (2.7)$$

Trong đó:

α - hệ số dòng chảy lũ xác định theo bảng 2.8;

H_p - lượng mưa ngày ứng với tần suất thiết kế, (mm);

F - diện tích lưu vực, (km²).

Đối với các lưu vực có diện tích từ 10km² trở xuống, tổng lượng lũ thiết kế được tính theo công thức:

$$W_p = 1000\alpha \psi H_p F \text{ (m}^3\text{)} \quad (2.8)$$

Trong đó:

ψ - tung độ của đường cong mưa ứng với thời gian, đối với các lưu vực có $F < 1\text{km}^2$ lấy $\tau = 100$ phút, với các lưu vực có $F = 1 \div 100\text{km}^2$ lấy $\tau = 200$ phút.

Các ký hiệu khác như trên.

Đường quá trình lũ thiết kế trong mọi trường hợp có thể lấy theo dạng tam giác.

Thời gian lũ T tính theo công thức:

$$T = \frac{2W_p}{Q_p} \quad (2.9)$$

Trong đó:

W_p, Q_p - tổng lượng và lưu lượng đỉnh lũ thiết kế.

Để xác định đường quá trình lũ, cần biết tỷ số γ giữa thời gian lũ rút và lũ lên:

$$\gamma = \frac{t_r}{t_l} \quad (2.10)$$

Với t_r - thời gian lũ rút;

t_l - thời gian lũ lên.

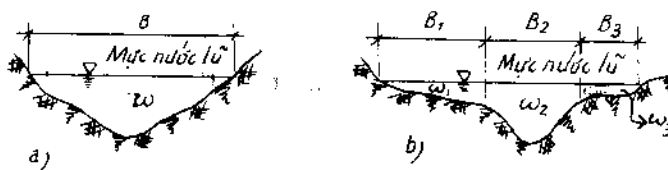
Đối với các lưu vực nhỏ ít điều tiết lấy $\gamma = 1,50 \div 2,0$

với các lưu vực điều tiết nhiều $\gamma = 2,5 \div 3,5$.

2.3. PHƯƠNG PHÁP HÌNH THÁI

Tính lưu lượng thiết kế theo phương pháp hình thái là dựa vào việc điều tra hình thái và mực nước lũ của sông suối ở vị trí cầu cống hoặc gần công trình cầu cống, rồi tìm diện tích thoát nước (ứng với một mực nước lũ nào đó ở một mặt cắt ngang nào đó), lưu tốc bình quân và tần suất lũ tính toán để tính ra lưu lượng thiết kế ở vị trí công trình.

Mặt cắt ngang khảo sát phải thẳng góc với hướng của dòng chảy (xem hình 2.2).



Hình 2.2

Mặt cắt ngang : a) Công lưu tốc tính toán ; b) Khác lưu tốc tính toán.

1. Tính lưu lượng theo mặt cắt khảo sát

1. Công thức cơ bản để tính lưu lượng

$$Q = \omega v \quad (2.11)$$

ω - Diện tích mặt cắt ngang thoát nước ứng với một mực nước nào đó (m^2);

v - Lưu tốc bình quân ứng với mực nước đó (m/s).

Với mặt cắt ngang lòng sông có lưu tốc khác nhau (hình 2.2b):

$$Q = \sum \omega v = \omega_1 v_1 + \omega_2 v_2 + \omega_3 v_3 \quad (2.12)$$

2. Xác định lưu tốc

a) Tính theo lưu tốc chảy đều :

Nếu đoạn sông tương đối thẳng, độ dốc đáy sông thay đổi không nhiều, không có sông nhánh đổ vào thì có thể tính lưu tốc theo công thức chảy đều:

$$V = C\sqrt{Ri} \quad (2.13)$$

Trong đó:

$$C = \frac{1}{n} R^y = m R^y$$

Với n - hệ số nhám, tra theo bảng 4.1a, 4.1b;

m - nghịch đảo của n ;

$R = \frac{\omega}{\chi}$ - bán kính thủy lực, bằng tỉ số của diện tích thoát nước trên chu vi ướt. Khi dòng sông rộng và nông có thể lấy gần đúng bằng chiều sâu bình quân ứng với mực nước đó, (m);

i - độ dốc mực nước lũ trên đoạn sông đó (khi không đo được, thì có thể dùng độ dốc đáy sông);

y - số mũ thủy lực, xác định như sau: 1) khi mực nước dâng cao mà độ nhám của toàn sông giảm, không thay đổi hoặc tăng lên chút ít thì dùng trị số y cho trong bảng 4.1a hoặc 4.1b, khi mực nước dâng cao mà độ nhám của toàn sông tăng lên rõ rệt (ví dụ bãi sông có rừng rậm...) thì không dùng trị số cho trong bảng mà lấy $y = \frac{1}{6}$.

Khi $y = \frac{1}{6}$ thì công thức (2.13) trở thành:

$$V = m R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \quad (2.14)$$

là công thức Manning.

Trong thiết kế đường thường thay $C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$ (công thức Badanh) vào công

thức (2.13). Khi đó :

$$V = \frac{87R}{\sqrt{R} + \gamma} i^{\frac{1}{2}} \quad (2.15)$$

Với : γ - hệ số nhám, tra bảng 2.14a

Các ký hiệu khác như trên.

b) Khi độ nhám của sông suối ít thay đổi, để tiện tính toán có thể xác định lưu tốc bình quân theo công thức sau :

$$V = m_{ch} H_{bq}^{2/3} i_{ch}^{1/2} \quad (2.16)$$

Trong đó:

m_{ch} - độ nhám của suối chính, tra bảng 2.14;

i_{ch} - độ dốc bình quân của suối chính;

H_{bq} - độ sâu bình quân của mực nước, (m).

Với sông suối có	mặt cắt tam giác	$H_{bq} = 0,5H$
	mặt cắt hình thang	$H_{bq} = 0,6H$
	mặt cắt hình chữ nhật	$H_{bq} = H$.

Với H - chiều sâu lớn nhất của mực nước tính toán.

Bảng 2.14
Độ nhám của dòng suối chính

Loại suối	m_{ch}
Lòng suối là đất bằng phẳng	25
Lòng suối cong hoặc có mọc cao	20
Lòng suối có nhiều bụi cỏ	15
Lòng suối bị tắc, có đá to	10

c) Dựa vào đường kính của sản vật trầm tích hoặc đặc trưng của loại đất để tính lưu tốc :

- Với sông suối vùng núi cần lấy từ 3 đến 5 hòn đá trên lòng sông suối gần mặt cắt khảo sát, rồi dựa vào đường kính trung bình của các hòn đá đó để tính lưu tốc bình quân của lũ. Để khẳng định các hòn đá đó được chọn là do lũ đưa từ thượng lưu về, không phải là đá ở hai bên bờ sông lở xuống, cần phải quan sát và phân tích tình hình thực tế ở thượng hạ lưu mặt cắt đó. Thông thường độ lớn của các hòn đá trầm tích giảm dần từ thượng lưu xuống hạ lưu. Do ở những chỗ mực nước nông, bùn cát thường phủ kín các hòn đá trầm tích ở đáy sông suối cho nên cần chọn các hòn đá ở chỗ bãi sông có mực nước thường xuyên khá sâu :

Bảng 2.14a
Hệ số nhám của sông suối có dòng chảy tự nhiên

Đặc trưng của lòng sông suối	Trị số trung bình	Phạm vi thay đổi
- Sông suối vùng trung du, lòng sông bằng phẳng (cuội, sỏi san)	1,2	0,8 ÷ 1,5
- Sông suối vùng trung du lòng sông rất cong queo, sông ngòi vùng đồng bằng lòng sông khá cong queo	2,0	1,5 ÷ 2,5
- Sông đồng bằng, mương ngòi có lòng sông rất cong queo, sông suối vùng núi (có đá lớn)	2,5	2,0 ÷ 3,5
- Sông đồng bằng rất cong queo bờ sông có nhiều cây cỏ mọc, khe suối nhỏ và vừa ở vùng núi đáy là đá lớn	3,5	2,5 ÷ 4,0
- Các đoạn ghềnh của sông ổn định, bờ sông không có cây cỏ	5,0	3 ÷ 7
- Các đoạn ghềnh trong điều kiện trung bình, bờ sông có cây cỏ mọc khoảng 25% diện tích	7,0	5 ÷ 9
- Các đoạn ghềnh thác lòng sông có nhiều đá lớn nhón, bờ sông có cây cỏ mọc 50% diện tích	9,0	7 ÷ 12
- Như trên, bờ sông có 75% diện tích cây cỏ mọc	12,0	9 ÷ 20
- Như trên, bờ sông có 100% diện tích cây cỏ mọc	20,0	12 ÷ 25

Lưu tốc bình quân trên toàn mặt cắt dòng chảy thường tính theo công thức :

$$V = \sqrt{20(\gamma - 1)D} \quad (2.17)$$

Trong đó:

γ - dung trọng của hòn đá;

D - đường kính trung bình của hòn đá lớn nhất, (m)

Khi $\gamma = 2,5$ công thức (2.17) trở thành:

$$V = 5,5\sqrt{D} \quad (2.18)$$

Lưu tốc bình quân của sông suối vùng núi tính theo công thức (2.18) được tóm tắt trong bảng 2.15.

- Tại các sông vùng đồng bằng có thể dựa vào đặc trưng của đất ở đáy sông, tham khảo bảng 2.16 để suy ra lưu tốc bình quân.

Bảng 2.15
Lưu tốc bình quân của sông suối vùng núi
(xác định theo đường kính đá trầm tích)

Tên	Lưu tốc bình quân (m/s)												
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7	8	9	10
Đường kính bình quân của hòn đá lớn nhất ở bãi sông do lũ trầm tích (cm)	13	20	30	40	50	70	80	100	110	160	210	270	330

Bảng 2.16
Lưu tốc bình quân của sông vùng đồng bằng

Thứ tự	Đặc trưng của đất lòng sông		Lưu tốc bình quân (m/s)
	Loại đất	Mức độ xói	
1	Bùn, cát mịn	ít	1,3
2	Cát to, đất sét lẫn bùn	vừa	1,6
3	Cát to lẫn sỏi sạn, đất sét	vừa	1,8
4	Sỏi (2 ÷ 20 mm)	mạnh	2,0
5	Cuội (20 ÷ 60mm)	mạnh	3,0
6	Đá đầu sù (D = 60 ÷ 200mm)	mạnh	4,0
7	Đá rời xộp hoặc chặt vừa, bị xói mòn mạnh ở phần nước sâu		
	khi chiều rộng xói chiếm 20% chiều rộng lòng sông		1,8
	chiếm 30% chiều rộng lòng sông		2,0
	chiếm 40% chiều rộng lòng sông		2,3

2. Tính suy ra lưu lượng thiết kế

Khi điều tra được mực nước lũ ở mặt cắt ngang khảo sát, sau khi xác định được tần suất của lưu lượng ứng với mực nước lũ đó, nếu tần suất đó không phải là lưu lượng ứng với chu kỳ thiết kế cần thiết thì cần phải tính đổi từ lưu lượng điều tra được thành lưu lượng thiết kế.

Thường dựa vào hệ số biến sai lưu lượng để tính đổi ra lưu lượng thiết kế.

Thông qua điều tra tìm được mực nước lũ bình quân nhiều năm và dựa vào đó tính ra lưu lượng lũ bình quân nhiều năm Q_{bq} rồi căn cứ vào công thức sau để tính suy ra lưu lượng thiết kế:

$$Q_p = Q_{bq}(1 + C_v\Phi_p) \quad (2.19)$$

Trong đó:

Q_p - lưu lượng thiết kế với tần suất xuất hiện là $\frac{1}{p}$;

C_v - hệ số biến sai lưu lượng, là hệ số phản ánh sự lớn nhỏ tương đối của lưu lượng của các lần lũ Q đối với lưu lượng bình quân Q_{bq} ;

Φ_p - hệ số có quan hệ với tần suất $\frac{1}{p}$ và hệ số lệch C_s . Giá trị của C_s phản ánh độ lệch của sự phân bố lưu lượng.

$$\text{Gọi} \quad k_p = 1 + C_v\Phi_p \quad (2.20)$$

thì công thức (2.12) trở thành:

$$Q_p = Q_{bq}K_p \quad (2.21)$$

Trong đó : K_p - hệ số phụ thuộc vào C_v , C_s , p và có thể xác định theo bảng 2.17.

Bảng 2.17

Trị số k_p trong công thức (2.21) (với C_s là trị số trung bình)

C_v	Tần suất của lưu lượng									C_s
	$\frac{1}{1000}$	$\frac{1}{500}$	$\frac{1}{300}$	$\frac{1}{100}$	$\frac{1}{50}$	$\frac{1}{25}$	$\frac{1}{20}$	$\frac{1}{10}$	$\frac{1}{5}$	
0,45	3,32	3,09	2,92	2,48	2,28	1,95	1,88	1,61	1,32	1,43
0,56	4,00	3,68	3,47	2,89	2,55	2,19	2,10	1,75	1,38	1,59
0,65	4,45	4,08	3,83	3,16	2,77	2,35	2,24	1,83	1,41	1,70
0,72	5,07	4,61	4,34	3,53	3,05	2,55	2,42	1,95	1,46	1,81
1,12	8,23	7,35	6,58	5,24	4,39	3,48	3,25	2,40	1,61	2,39
1,57	12,43	10,94	9,50	7,33	6,00	4,55	4,17	2,83	1,65	3,03

Để xác định K_p cần phải biết trước trị số C_v . Với các lưu vực nhỏ ($F < 30\text{km}^2$) có thể dựa theo độ thấm của đất (xem bảng 2.7) để xác định hệ số biến sai C_v theo bảng 2.18 nếu địa phương đó có tài liệu của hệ số C'_v (*).

(*) C'_v - hệ số biến sai của cường độ mưa rào.

Bảng 2.18
Giá trị trung bình các hệ số C_v của lưu vực nhỏ

Loại đất	Trị số bình quân của tỉ số $\frac{C_v}{C_v}$	Trị số C_v trung bình	Trị số C_v trung bình và biên độ thay đổi của nó
I	100	$C_v = 0.45$	0,45 (0,3 ÷ 0,5)
II	125		0,56 (0,38 ÷ 0,75)
III	140		0,63 (0,42 ÷ 0,84)
IV	160		0,72 (0,48 ÷ 0,96)
V	250		1,12 (0,75 ÷ 1,55)
VI	350		1,57 (1,05 ÷ 2,10)

Nếu gần vị trí cầu cống có trạm thủy văn nhưng trị số C_v thực đo lại khác trị số C_v cho trong bảng 2.18 thì có thể sử dụng bảng 2.19 để tìm các trị số K_p và C_s tương ứng.

Nếu qua điều tra tìm được lưu lượng Q_n ứng với tần suất $\frac{1}{n}$ thì có thể dựa vào lưu lượng Q_n để tính đổi thành lưu lượng thiết kế Q_p theo quan hệ sau:

$$\frac{Q_p}{K_p} = Q_{bq} = \frac{Q_n}{K_n} \quad (2.22)$$

hay

$$Q_p = \frac{K_p}{K_n} Q_n \quad (2.23)$$

Nghĩa là có thể dựa vào lưu lượng ứng với một tần suất đã biết nào đó để tính ra lưu lượng thiết kế ứng với tần suất quy định.

Ví dụ áp dụng

Ví dụ I: Lòng suối có mặt cắt ngang vẽ ở hành 2.3, độ dốc bình quân của dòng chính là 40%, trong lòng suối có nhiều cây cỏ. Đất trong khu vực tụ nước thuộc nhóm III (theo độ thấm nước), chiều cao mực nước lũ bình quân trong nhiều năm điều tra được là 12,10m - Yêu cầu tính toán lưu lượng lũ với tần suất 1/25.

Giải: Với sông suối nhỏ có thể tính toán theo công thức (2.16)

$$V = m_{ch} H_{bq}^{2/3} i_{ch}^{1/2}$$

Tra bảng 2.14 ứng với lòng suối có nhiều cây cỏ, được $m_{ch} = 15$.

Bảng 2.19
Giá trị của hệ số K_p

C_s	C_v	Tần suất							
		1000	500	300	100	50	20	10	5
0,1	0,02	1,06	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03	1,03	1,02
0,2	0,03	1,10	1,09	1,09	1,07	1,06	1,05	1,04	1,03
0,3	0,05	1,18	1,16	1,15	1,13	1,11	1,09	1,07	1,04
0,4	0,07	1,26	1,23	1,22	1,18	1,16	1,12	1,09	1,06
0,5	0,09	1,34	1,32	1,30	1,24	1,21	1,16	1,12	1,07
0,6	0,11	1,44	1,40	1,37	1,30	1,26	1,20	1,15	1,09
0,7	0,13	1,53	1,48	1,46	1,37	1,31	1,24	1,17	1,10
0,8	0,15	1,64	1,57	1,54	1,43	1,37	1,28	1,20	1,12
0,9	0,17	1,74	1,66	1,63	1,50	1,43	1,32	1,23	1,13
1,0	0,20	1,91	1,82	1,76	1,60	1,51	1,38	1,27	1,15
1,1	0,22	2,01	1,92	1,86	1,68	1,57	1,42	1,29	1,16
1,2	0,29	2,39	2,25	2,17	1,91	1,76	1,55	1,39	1,21
1,3	0,36	2,78	2,58	2,49	2,16	1,96	1,69	1,48	1,26
1,4	0,43	3,19	2,98	2,82	2,41	2,17	1,83	1,58	1,31
1,5	0,50	3,64	3,35	3,17	2,67	2,37	1,98	1,67	1,35
1,6	0,57	4,06	3,74	3,52	2,93	2,58	2,12	1,76	1,39
1,7	0,64	4,52	4,14	3,89	3,20	2,80	2,26	1,84	1,42
1,8	0,71	5,00	4,55	4,28	3,49	3,02	2,40	1,94	1,45
1,9	0,78	5,50	4,98	4,67	3,77	3,25	2,55	2,02	1,49
2,0	0,85	6,02	5,42	5,09	4,06	3,47	2,70	2,11	1,52
2,1	0,92	6,58	5,88	5,42	4,36	3,70	2,84	2,19	1,55
2,2	0,99	7,14	6,35	5,85	4,66	3,94	2,99	2,27	1,57
2,3	1,06	7,72	6,83	6,19	4,98	4,18	3,13	2,35	1,59
2,4	1,13	8,31	7,44	6,65	5,28	4,42	3,27	2,41	1,61
2,5	1,20	8,92	7,96	7,00	5,60	4,67	3,41	2,49	1,64
2,6	1,27	9,55	8,37	7,48	5,91	4,92	3,55	2,56	1,65
2,7	1,34	10,19	9,04	7,97	6,24	5,18	3,69	2,62	1,66
2,8	1,41	10,86	9,46	8,47	6,57	5,44	3,84	2,69	1,66
2,9	1,48	11,54	10,03	8,99	6,90	5,71	3,99	2,76	1,67
3,0	1,55	12,24	10,77	9,37	7,23	5,96	4,13	2,83	1,65
3,2	1,69	13,59	11,99	10,30	7,90	6,24	4,40	2,86	1,65
3,4	1,83	15,00	14,30	11,61	8,59	7,02	4,64	3,43	1,64
3,6	1,98	16,54	14,38	12,96	9,36	7,57	4,90	3,59	1,61
3,8	2,11	17,99	15,60	14,02	10,03	8,07	5,11	3,70	1,58
4,0	2,26	19,65	17,00	15,24	10,81	8,64	5,36	3,83	1,54
4,2	2,40	21,28	18,38	16,43	11,56	9,16	5,56	3,93	1,48
4,4	2,54	22,95	19,75	17,64	12,30	9,69	5,75	4,02	1,41
4,6	2,68	24,64	21,15	18,85	13,06	10,19	5,88	4,56	1,32
4,8	2,82	26,38	22,63	20,12	13,83	10,67	5,96	4,10	1,28
5,0	2,96	28,08	24,03	21,34	19,59	11,15	6,00	3,84	1,03

Lòng suối có mặt cắt tam giác

$$H_{bq} = 0,5H$$

$$\omega = 0,5BH$$

$$\text{Vậy : } V = 15 \times (0,5H)^{2/3} \times 0,04^{1/2} \\ = 15 \times 0,63H^{2/3} \times 0,2 = 1,89 H^{2/3}$$

Khi cao độ mực nước lũ là 12,10m, thì $H = 0,7m$, $B = 18m$

$$V = 1,89H^{2/3} = 1,89 \times 0,7^{2/3} = 1,48m/s$$

$$\omega = 0,5BH = 0,5 \times 18 \times 0,7 = 6,3m^2$$

$$Q_{bq} = \omega V = 6,3 \times 1,48 = 9,3m^3/s$$

Tra bảng 2.17, ứng với $C_v = 0,63$ được $K_{25} = 2,35$

Từ công thức (2.21):

$$Q_p = Q_{bq} \cdot K_p$$

tìm được:

$$Q_{25} = 9,3 \times 2,35 = 21,9m^3/s.$$

Ví dụ 2 : tại cầu X, năm 1984 đã xảy ra một trận lũ với chu kỳ 10 năm, qua tính toán được $Q_{10} = 20m^3/s$. Đất mặt trong khu tụ nước thuộc loại IV. Hãy tìm Q_{50} .

Giải : Tra bảng 2.18, với đất loại IV được $C_v = 0,72$

Tra bảng 2.17, được $K_{10} = 1,95$, $K_{50} = 3,05$

Từ công thức
$$Q_p = \frac{K_p}{K_n} Q_n$$

tìm được

$$Q_{50} = \frac{3,05}{1,95} \times 20 = 31,3m^3/s$$

Ví dụ 3 : Đã biết lưu lượng bình quân của một con sông nhỏ là $50m^3/s$, đất mặt trong khu tụ nước thuộc loại III, hệ số biến sai cường độ mưa rào của khu vực đó là $C'_v = 0,62$. Tìm Q_{50} .

Giải : Tra bảng 2.18 với đất loại III được $\frac{C_v}{C'_v} = 1,40$; $C_v = 1,4 C'_v$.

Với $C'_v = 0,62$ thì $C_v = 1,4 \times 0,62 = 0,87$.

Tra bảng 2.17, khi $C_v = 0,87$ nội suy tìm được $K_{50} = 3,54$

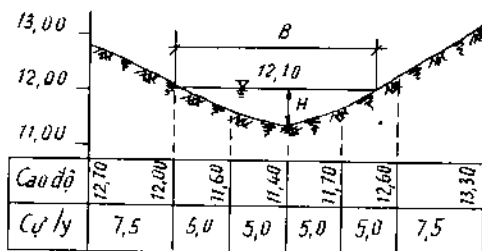
Từ công thức (2.21) $Q_p = Q_{bq} K_p$ được $Q_{50} = 50 \times 3,54 = 177m^3/s$.

Ví dụ 4 : Qua điều tra thủy văn của một con sông năm 1981 tính toán được

$$Q_{1943} = 66m^3/s, Q_{1971} = 75m^3/s. \text{ Tìm } Q_{100}.$$

Giải: Từ năm 1943 đến 1981 có tất cả 39 năm. Lũ 1971 lớn nhất, lũ 1943 lớn thứ hai.

Tính tần suất lũ 1971:



Hình 2.3

Mặt cắt ngang suối

$$\frac{m}{n+1} = \frac{1}{39+1} = \frac{1}{40} = 2,5\%$$

Tần suất lũ 1943:

$$\frac{m}{n+1} = \frac{2}{39+1} = \frac{2}{40} = 5\%$$

Từ công thức (2.22):

$$\frac{Q_{20}}{Q_{40}} = \frac{66}{75} = 0,88 = \frac{K_{20}}{K_{40}}$$

Tra bảng (2.19), qua tính thử với $C_v = 0,36$, tìm được $K_{40} = 1,92$, $K_{20} = 1,69$ được $\frac{K_{20}}{K_{40}} = \frac{1,69}{1,92} = 0,88$. Vậy $C_v = 0,36$ như giả định là phù hợp.

Dựa vào $C_v = 0,36$, $C_s = 1,3$ tìm được $K_{100} = 2,16$ (Bảng 2.19).

Từ công thức (2.23) được:

$$Q_{100} = \frac{K_p}{K_n} Q_n = \frac{2,16}{1,92} 75 = 84 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{hoặc } Q_{100} = \frac{2,16}{1,69} \times 66 = 84 \text{ m}^3/\text{s}.$$

3. Tính đổi thành lưu lượng thiết kế ở vị trí xây dựng cầu cống

Nếu mặt cắt khảo sát trùng hoặc rất gần với vị trí sẽ xây dựng cầu cống mà sai số của lưu lượng của hai mặt cắt chỉ vào khoảng $\pm 10\%$ thì không cần tính đổi. Nếu vượt quá phạm vi này thì tính đổi theo công thức sau:

$$Q'_p = \frac{F_c^n b_c^m I_c^{1/4}}{F_h^n b_h^m I_h^{1/4}} \times Q_p \quad (2.24)$$

Trong đó:

Q'_p - lưu lượng thiết kế ở vị trí xây dựng cầu cống;

Q_p - lưu lượng ứng với chu kỳ thiết kế ở mặt cắt ngang khảo sát, (m^3/s);

F_c và F_h - diện tích khu tụ nước ở vị trí cầu cống và diện tích khu tụ nước ở chỗ mặt cắt ngang khảo sát (km^2);

b_c và b_h - chiều rộng của diện tích tụ nước ở vị trí cầu cống và của diện tích tụ nước ở mặt cắt khảo sát (km);

I_c và I_h - độ dốc bình quân của khu tụ nước ở vị trí cầu và ở vị trí mặt cắt ngang khảo sát (m/km);

m - chỉ số hình thái lưu vực khi lũ, thường lấy bằng $1/3$;

n - chỉ số diện tích tụ nước, với lưu vực lớn lấy bằng $\frac{1}{2} \div \frac{2}{3}$, khi

$$F \leq 30 \text{ km}^2 \text{ thì } n = 0,8.$$

2.4. TÍNH LƯU LƯỢNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP SO SÁNH TRỰC TIẾP

Khi vị trí sẽ xây dựng cầu cống gần với cầu cống cũ, có thể thông qua việc điều tra tình hình thoát nước của cầu cống cũ, đối chiếu với phương pháp tính toán khẩu độ cầu cống (xem chương 3) để tính ngược ra lưu lượng, rồi tính đổi thành lưu lượng thiết kế ở vị trí sẽ làm cầu cống mới.

1. Tính đổi từ lưu lượng đỉnh lũ chảy qua cầu nhỏ hiện có

a) *Tính lưu lượng đỉnh lũ dựa vào cầu nhỏ chảy tự do (khi $1,3 h_k > h_\delta$) :*

Từ các công thức tính khẩu độ cầu nhỏ (Xem chương 4) ta có thể tìm được công thức lưu lượng đỉnh lũ của cầu có mặt cắt ngang hình chữ nhật là :

$$Q = MBH^{3/2} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (2.25)$$

Trong đó; B - khẩu độ tính của cầu (m);
H - chiều cao cột nước trước cầu (m);
M - hệ số lưu lượng, thay đổi theo ε tra bảng 2.20

Bảng 2.20
Trị số ε , M, φ của cầu

Hình thức của mố cầu	Hệ số co hẹp ε	Hệ số lưu lượng M	Hệ số lưu tốc φ
Cầu một nhịp có góc tư nón	0,90	1,55	0,90
Cầu một nhịp có tường cánh kiểu chữ bát	0,85	1,46	0,90
Cầu nhiều nhịp, mố cầu không có góc tư nón hoặc mố cầu kéo dài ra ngoài mái ta luy	0,80	1,37	0,85
Cầu vòm có chân vòm bị ngập	0,75	1,29	0,80

b) *Tính lưu lượng đỉnh lũ dựa vào cầu nhỏ chảy không tự do (chảy ngập), ($1,3h_k < h_\delta$)*

Cầu nhỏ chảy không tự do thường xảy ra trên các sông nhỏ vùng đồng bằng mà lòng sông dưới cầu không gia cố. Tính lưu lượng theo công thức sau :

$$Q = \varepsilon V_k h_\delta B \quad (2.26)$$

Trong đó

V_k - tốc độ cho phép dưới cầu, bằng tốc độ cho phép của vật liệu dưới cầu (tra bảng 4.2a);

h_δ - chiều sâu nước chảy ứng với mực nước hạ lưu cầu cống tự nhiên, trị số của nó tìm được qua điều tra. Nếu không có tài liệu điều tra,

$$\text{có thể tính theo công thức: } h_\delta = H - \frac{V_k^2}{2g\varphi^2} \quad (2.27)$$

φ - hệ số lưu tốc, xem bảng 2.15.

Để xác định xem dòng chảy dưới cầu có phải là dòng chảy không tự do hay không, có thể tiến hành so sánh h_δ và h_k , nhưng cũng có thể đổi sang quan hệ của H và V_k tức là:

Khi chảy không tự do:

$$h_\delta = H - \frac{V_k^2}{2g\varphi^2} > 1,3 h_k = 1,3 \frac{V_k^2}{g} \quad (2.28)$$

$$H > \left(1,3 + \frac{1}{2\varphi^2}\right) \frac{V_k^2}{g} \quad (2.29)$$

Lấy $\varphi = 0,9$ thì $H > 0,2 V_k^2$ tức là chảy không tự do. Nếu $H \leq \left(1,3 + \frac{1}{2\varphi^2}\right) \frac{V_k^2}{g}$

thì dòng chảy dưới cầu là tự do, Q tính theo công thức (2.25).

c) *Lưu lượng đỉnh lũ chảy qua cầu cống*

Xác định trạng thái dòng chảy qua cống

- Cống chảy không áp:

$H \leq 1,2 h_{\text{cống}}$ với cống có cửa cống thường

$H \leq 1,4 h_{\text{cống}}$ với cống có cửa cống nâng cao

- Cống chảy bán áp:

$H > 1,2 h_{\text{cống}}$ với cống có cửa cống thường.

- Cống chảy có áp:

$H > 1,4 h_{\text{cống}}$ với cống có cửa cống nâng cao

Trong các công thức trên thì

H - chiều cao nước trước cống (m) ;

$h_{\text{cống}}$ - chiều cao cống (m).

Lưu lượng thoát qua cống

Đã biết trạng thái dòng chảy, có thể dùng các bảng tính toán thủy lực cống tương ứng, dựa vào kiểu cống, độ dốc I và chiều sâu nước trước cống H tra được các trị số lưu lượng và lưu tốc chảy qua cống. Việc tính toán lưu lượng nước chảy qua cống có áp thường không tra bảng mà phải tiến hành tính toán cụ thể. Nếu đã điều tra được mực nước trước cống H và chiều sâu nước tự nhiên của suối ở cửa hạ lưu h_δ thì có thể tìm được lưu tốc trong cống $V_{\text{cống}}$ theo công thức:

$$V_{\text{cống}} = \sqrt{2g(H - h_\delta) \frac{1}{1 + \xi + \frac{2gL}{C^2R}}}, (\text{m/s}) \quad (2.30)$$

Lưu lượng của cống là:

$$Q = \omega V_{\text{cống}} \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (2.31)$$

Trong đó:

$V_{\text{cống}}$ - lưu tốc trong cống (m/s);

H - chiều sâu nước trước cống (m) điều tra được;

h_s - chiều sâu nước sau cống (m) điều tra được, nếu không thì tính theo công thức (2.28).

ξ - hệ số ma sát ở vị trí cửa vào, tra bảng (2.21)

C - hệ số lưu tốc, $C = \frac{1}{n} R^y$ tính theo công thức và bảng ở chương 4;

R - bán kính thủy lực (m), $R = \frac{\omega}{\chi}$

Bảng 2.21

Hệ số ma sát ở cửa vào của cống

Kiểu của cống ở thượng lưu	ξ
Cống không có cửa và cầu không có góc tư nón	0,45
Cống có cửa cống kiểu tường cánh mở rộng	0,25
Cống có cửa cống có góc tư nón	0,10
Cầu có góc tư nón	0,15

2. Suy tìm lưu lượng thiết kế

a) Từ lưu lượng chảy qua cầu cống, tính đối về lưu lượng tự nhiên.

Lưu lượng tính được theo phương pháp trên đây là lưu lượng chảy qua cầu cống hiện có. Do ảnh hưởng của cầu cống làm thu hẹp dòng sông nên thường xảy ra hiện tượng tích nước làm cho lưu lượng chảy qua cầu cống nhỏ hơn lưu lượng đỉnh lũ tự nhiên. Do đó phải dựa vào công thức (2.32) để tính đối lưu lượng chảy qua cầu cống thành lưu lượng tự nhiên. Tuy nhiên với cầu cống nhỏ vùng đồi núi, do quan hệ của địa hình, tác dụng tích nước tương đối nhỏ, có thể bỏ qua và có thể xem lưu lượng chảy qua cầu cống là lưu lượng của đỉnh lũ tự nhiên. Công thức đối như sau:

$$Q_M = \frac{1}{S} Q_c \quad (2.32)$$

Trong đó:

Q_M - lưu lượng ứng với đỉnh lũ tự nhiên trước khi xây dựng cầu cống, (m^3/s);

Q_c - lưu lượng chảy qua cầu cống, (m^3/s);

$\frac{1}{S}$ - hệ số triệt giảm do tích nước, tra bảng 2.22.

b) Xác định tần suất lưu lượng

Sau khi dựa vào phương pháp trên tính ra lưu lượng tự nhiên của một lần lũ nào đó của sông suối đang xét, lại dựa vào phương pháp điều tra hình thái ở trên (xem 2.3) để xác định tần suất lưu lượng của lần lũ đó, rồi tìm lưu lượng của chu kỳ thiết kế cần thiết ở vị trí cầu cống.

Bảng 2.22

Hệ số triết giảm do tích nước $\frac{1}{S}$

H	$\frac{B}{H_0}$	$Q_c^{3/2} F$									
		2	5	10	15	20	30	50	100	200	500
0,50	100	1,10									
	150	1,16									
	200	1,20									
	250	1,26	1,16								
	300	1,30	1,17	1,10							
	400	1,40	1,23	1,13							
	500	1,52	1,30	1,20							
0,75	25	1,10									
	30	1,12									
	40	1,13									
	50	1,21	1,10								
	70	1,32	1,18								
	100	1,48	1,25	1,11							
	150	1,64	1,38	1,28							
	200	1,88	1,50	1,31	1,24	1,19	1,13				
	250	2,08	1,64	1,39	1,28	1,21	1,15	1,11			
	300	2,20	1,72	1,50	1,35	1,30	1,22	1,17			
	400	2,65	1,91	1,60	1,46	1,40	1,30	1,20	1,12		
	500	3,04	2,20	1,74	1,60	1,49	1,37	1,28	1,20		
1,00	10	1,10									
	15	1,15									
	20	1,23	1,12								
	25	1,31	1,27								
	30	1,43	1,23	1,15							
	40	1,57	1,32	1,20	1,12						
	50	1,70	1,37	1,23	1,18	1,14					
	70	1,94	1,52	1,31	1,23	1,20	1,13				
	100	2,37	1,72	1,47	1,35	1,29	1,20	1,11			
	150	2,86	2,08	1,71	1,57	1,49	1,38	1,24			
	200			1,90	1,71	1,60	1,44	1,30	1,19	1,10	
	250			2,03	1,85	1,71	1,60	1,42	1,26	1,16	
	300			2,32	2,08	1,90	1,70	1,50	1,31	1,20	
	400			2,68	2,30	2,10	1,84	1,61	1,43	1,27	1,10
	500			2,85	2,57	2,39	2,10	1,80	1,50	1,30	1,16

Tiếp bảng 2.22

H	$\frac{B}{H_{10}}$	$Q_c^{3/2} F$										
		1	2	5	10	15	20	30	50	100	200	500
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
125	10		1,31	1,15								
	15		1,48	1,21	1,12							
	20		1,60	1,32	1,19	1,11						
	25		1,78	1,40	1,23	1,17	1,13					
	30		2,09	1,60	1,35	1,25	1,20	1,10				
	40		2,30	1,73	1,45	1,32	1,26	1,17				
	50		2,50	1,85	1,56	1,40	1,31	1,23	1,18			
	70		3,18	2,40	1,83	1,00	1,49	1,32	1,22	1,15		
	100			2,63	2,10	1,86	1,70	1,56	1,37	1,21	1,12	
	150			3,19	2,00	2,30	2,10	1,83	1,60	1,37	1,18	
	200				3,01	2,60	2,38	2,03	1,79	1,50	1,50	
	250					2,98	2,65	2,30	2,01	1,62	1,40	1,18
	300					3,25	3,00	2,54	2,10	1,71	1,48	1,24
	400								2,43	1,92	1,58	1,31
	500								2,72	2,11	1,71	1,39
150	10	2,08	1,69	1,33	1,16							
	15		1,96	1,52	1,30	1,21	1,18					
	20		2,27	1,70	1,39	1,27	1,20	1,12				
	25		2,47	1,84	1,53	1,37	1,33	1,24	1,21			
	30		2,81	2,02	1,66	1,48	1,39	1,27	1,22			
	40		3,26	2,32	1,85	1,65	1,52	1,37	1,24			
	50			2,58	1,98	1,74	1,59	1,43	1,33			
	70			3,26	2,46	2,12	1,94	1,71	1,50			
	100				3,06	2,60	2,33	2,02	1,73	1,43	1,24	
	150					3,30	2,94	2,47	2,02	1,64	1,39	1,24
	200						3,30	2,87	2,42	1,93	1,50	1,28
	250								2,72	2,08	1,67	1,35
	300									2,20	1,90	1,50
	400									2,50	2,06	1,64
175	10	3,00	2,27	1,64	1,34	1,22	1,15	1,10				
	15		2,50	1,88	1,56	1,41	1,32	1,22	1,12			
	20		3,08	2,00	1,74	1,56	1,45	1,32	1,22			
	25		3,23	2,35	1,92	1,71	1,58	1,43	1,27			
	30			2,72	2,06	1,81	1,67	1,49	1,35			
	40			3,30	2,42	2,06	1,87	1,67	1,50	1,33	1,23	
	50				2,84	2,38	2,10	1,85	1,63	1,52	1,28	
	70					2,70	2,49	2,20	1,92	1,61	1,36	1,14
	100						2,94	2,47	2,12	1,76	1,43	1,23
	150							2,54	2,28	1,96	1,69	1,39
	200									2,76	2,13	1,52

Tiếp bảng 2.22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	10		2,82	1,93	1,52	1,37	1,88	1,21				
	15			2,44	1,89	1,67	1,52	1,36	1,22			
	20			2,67	2,13	1,90	1,76	1,56	1,39			
	25			3,30	2,47	2,12	1,92	1,70	1,49	1,20		
	30					2,38	2,13	1,89	1,63	1,36	1,16	
	40					2,62	2,38	2,12	1,82	1,47	1,21	
	50					3,23	2,87	2,46	2,04	1,64	1,35	1,10
	70							2,94	2,42	1,92	1,56	1,24
	100								2,50	2,11	1,79	1,43
	150									2,73	2,17	1,65

H	$\frac{B}{H_0}$	$Q_c^{3/2} F$										
		2	5	10	15	20	30	50	100	200	500	1000
2,5	10		3,18	2,32	2,0	1,82	1,60	1,41				
	15					2,13	1,90	1,65	1,35	1,11		
	20					2,70	2,25	1,98	1,56	1,22		
	25						2,35	2,02	1,70	1,43	1,11	
	30						3,13	2,50	1,92	1,52	1,20	
	40							2,81	2,15	1,72	1,32	1,16
	50								2,59	1,94	1,56	1,22
	70								3,10	2,40	1,70	1,30
3,0	10	2,60	1,92	1,50	1,32	1,20						
	15					3,00	2,68	2,06	1,83	1,50	1,10	
	20							2,18	1,93	1,61	1,27	
	25							2,90	2,30	1,90	1,38	
	30								2,65	2,10	1,55	1,20
3,5	10						3,10	2,60	2,00	1,60	1,14	
	15							2,70	2,28	1,80	1,40	1,13
4,0	10								2,38	1,93	1,41	
	15								2,90	2,22	1,58	

Thuyết minh

1. Các kí hiệu trong bảng 2.22:

Q_c - lưu lượng chảy qua cầu (cống), (m^3/s);

F - diện tích khu tụ nước ở thượng lưu công trình, (Km^2);

H - chiều sâu nước quan trắc được ở đỉnh lũ trước cầu cống, (m);

B - chiều rộng mặt nước tương ứng với H , (m);

i_0 - độ dốc trung bình của cầu cống.

2. Trị số của $\frac{1}{S}$ cho trong bảng nằm trong phạm vi từ 1,1 ÷ 3,3. Khi $\frac{1}{S} > 3,3$ phải điều tra cẩn thận, sau khi xác định nguyên nhân tích nước thì tính lại. Khi $\frac{1}{S} < 1,10$ thì lấy bằng 1,10 để tính.

CHƯƠNG III

PHÂN LOẠI CỐNG, CHỌN KIỂU CỐNG VÀ BỐ TRÍ CỐNG

3.1. KHÁI NIỆM VỀ CỐNG, PHÂN LOẠI CỐNG

Cống là công trình thoát nước qua đường, nằm rải rác dọc tuyến và chiếm trên 80% các công trình thoát nước trên đường. Theo quy định của Viện Thiết kế giao thông trong quy trình tạm thời QT- 64 - VGD thì: những công trình thoát nước qua đường khẩu độ dưới 2m (dù trên có đắp đất hay không) đều gọi là cống, khẩu độ trên 6m là cầu, khẩu độ giữa 2m và 6m thì khi chiều dày đất đắp bên trên $> 0,5\text{m}$ là cống, $< 0,5\text{m}$ là cầu nhỏ.

So với cầu thì cống có những ưu điểm sau:

- Bảo dưỡng và sửa chữa ít;
- Xe cộ đi lại trên cống êm như chạy trên đường;
- Nếu chiều sâu đắp đất trên cống $\geq 2\text{m}$ thì khi tải trọng xe chạy trên đường tăng lên so với tải trọng thiết kế, cũng không cần tăng cường gia cố kết cấu cống ;
- Thông thường thì chi phí làm cống rẻ hơn chi phí làm cầu vì khối lượng vật liệu sử dụng ít hơn, móng đặt nông hơn và cấu tạo đơn giản hơn.

Có thể phân loại cống theo mấy cách sau đây:

1. Dựa theo vật liệu làm cống, chia thành:

- *Cống gạch*, chủ yếu là cống vòm gạch, cũng có trường hợp xây cuốn các cống tròn bằng gạch.

- *Cống đá*: có thể làm thành cống bản hoặc cống vòm đá. Cống đá thường rẻ, chi phí bảo dưỡng thấp, tiết kiệm được xi măng, cốt thép... nên dùng ở những vùng sản đá.

- *Cống bê tông*: thường là cống tròn 4 khớp, cống vòm. Ưu điểm là tiết kiệm cốt thép, dễ đúc. Nhược điểm là dễ bị hư hỏng nếu thi công không tốt, khó sửa chữa.

- *Cống bê tông cốt thép*: Thường là cống tròn, cống bản, cống hình hộp hoặc cống vòm. Ưu điểm là bền, chắc, dễ vận chuyển và lắp ghép. Nhược điểm là tốn cốt thép. Cống hộp thường đất, thi công khó nên ít dùng.

- *Cống làm bằng các vật liệu khác*, ví dụ cống gỗ (loại tạm thời) cống sành, cống gang, cống tôn lượn sóng v.v..

2. Dựa theo hình thức cấu tạo, chia thành:

- *Cống tròn*, đường kính cống thường là $0,5 \div 1,5\text{m}$. Tình hình chịu lực tốt, thích hợp với các loại nền móng. Chỉ cần bố trí tường đầu, không cần mố trụ cho nên khối lượng xây ít, giá thành xây dựng tương đối nhỏ - Tuy nhiên không sử dụng được ở chỗ nền đường đắp thấp. Cống tròn bê tông không cốt thép thường có đường kính 2,5m nên làm ở những vị trí có chiều cao đắp đất trên cống không nhỏ hơn 0,8m.

- *Cống bản nắp*: do đặc điểm kết cấu của cống bản nắp nên có thể bố trí ở các chỗ nền đường đắp thấp, và cũng có thể làm thành cống bản nổi.

- *Cống vòm*: cống vòm chỉ cần không biến hình dưới tác dụng của tĩnh tải, có thể chịu được sự vượt tải tương đối lớn.

- *Cống hộp*: thích hợp với những chỗ nền móng tương đối yếu nhưng khó thi công, giá thành đắt nên thường ít dùng.

3. Dựa theo tình hình đắp đất trên cống, chia thành:

- *Cống nổi*: đỉnh cống không đắp đất, thích hợp với những chỗ nền đường đắp thấp, các mương rãnh nông.

- *Cống chìm*: chiều cao đắp đất trên cống lớn hơn 50cm thích hợp với nền đường đắp cao, những chỗ suối sâu.

4. Dựa theo tính chất thủy lực, chia thành:

- *Cống chảy không áp*: chiều sâu mực nước ở cửa vào nhỏ hơn chiều cao miệng cống, mực nước trên toàn chiều dài cống thường không tiếp xúc với đỉnh cống. Phần lớn các cống thuộc loại này.

- *Cống chảy bán áp*: chiều sâu mực nước ở cửa vào tuy lớn hơn chiều cao cửa cống, nhưng nước chỉ ngập miệng mà không ngập trên toàn chiều dài cống.

- *Cống chảy có áp*: chiều sâu mực nước ở cửa vào lớn hơn chiều cao cửa cống, dòng chảy trong phạm vi toàn chiều dài cống đều chảy đầy, không có mặt tự do. Thường sử dụng ở những vị trí có suối sâu, nền đường đắp cao và không gây ngập lụt cho ruộng đồng.

- *Cống xi - phong*: thường dùng khi nền đường đắp thấp, mực nước hai bên đường đều cao hơn cửa cống và nhất là khi tuyến đường cắt qua các mương tưới thủy lợi. Cửa vào của cống xi phong phải bố trí theo kiểu giếng thẳng đứng bao gồm cả bộ phận chống lắng đọng. Cống xi phong cần phải bảo đảm không bị thấm lậu nước ra ngoài.

3.2. CHỌN LOẠI CỐNG

Khi chọn loại cống cần phải xét đến các nhân tố sau:

1. Điều kiện địa hình, thủy văn và thủy lực

Với cống làm mới, thường dùng cống chảy không áp. Chỉ trong trường hợp có xét đến việc tích nước trước cống và không làm ngập lụt ruộng đồng, thôn xóm, mới cho phép làm cống có áp hoặc bán áp. Tuy nhiên khi dùng hai loại cống sau thì khi thi công phải bảo đảm không để nước trong cống thấm ra ngoài. Cửa vào của cống có áp phải làm theo dạng đường nước chảy.

Khi lưu lượng thiết kế vào khoảng $10\text{m}^3/\text{sec}$ thì nên làm cống tròn bê tông cốt thép vì dễ thi công và giá thành lại rẻ. Tuy nhiên khi không đủ chiều cao đắp đất trên cống hoặc khi dòng chảy có nhiều bùn cát, cây cỏ thì nên làm cống có bản nắp thay cho cống tròn.

Khi lưu lượng thiết kế vào khoảng $20\text{m}^3/\text{sec}$, dù có đảm bảo được chiều cao đắp đất tối thiểu trên cống, cũng nên làm cống bản nắp hoặc cống vòm.

Trên các đường cấp thấp, nếu lưu lượng dưới $10\text{m}^3/\text{sec}$ và nước lũ ít bùn cát, khi độ dốc dọc đáy suối bảo đảm không lắng đọng bùn cát thì có thể làm nền đường thấm hoặc làm cống khẩu độ nhỏ kết hợp với đường thấm. Khi các tuyến đường cấp thấp vượt qua các sông nhỏ, suối có nước lũ lên nhanh, rút nhanh, dòng sông suối chính không rõ ràng, khi lũ ngập khá rộng, nếu địa chất lòng sông tốt, độ dốc dọc nền đường nhỏ thì có thể xét đến việc dùng đường tràn hoặc đường tràn và cống liên hợp. Thường thì chi phí duy tu bảo dưỡng đường tràn khá lớn, mùa lũ có thể tắc xe, khối lượng đá sử dụng nhiều... cho nên cần phải tiến hành so sánh kinh tế kỹ thuật trước khi sử dụng.

2. Giá thành xây dựng

Ở những vùng núi sản đá, dùng cống đá xây là kinh tế. Ở những vùng thiếu đá, dùng cống tròn hoặc cống bản bê tông là kinh tế. Trong điều kiện thỏa mãn được yêu cầu về lưu lượng, dùng cống tròn đơn rẻ hơn cống bản hoặc cống vòm. Khi lưu lượng tương đối lớn, cống bản bê tông cốt thép rẻ hơn cống tròn kép.

Để thoát cùng một lưu lượng, dùng cống tròn đơn rẻ hơn cống tròn kép. Ví dụ dùng 1 Φ 1,25m rẻ hơn dùng 2 Φ 1m, và khả năng thoát nước tương đương. Do đó nếu có thể xây dựng cống đơn thì không nên dùng cống kép hoặc cống ba lỗ.

Chiều cao nền đường ảnh hưởng trực tiếp đến giá thành xây dựng. Nền đường đắp càng cao thì cống càng dài. Khi chiều cao nền đường cao quá 5 ÷ 6m thì nên tiến hành so sánh kinh tế kỹ thuật rồi mới quyết định làm cầu nhỏ hoặc làm cống. Nhưng khi lưu lượng nhỏ thì làm cống tròn thường rẻ nhất.

3. Điều kiện vật liệu và điều kiện thi công

Nên dùng vật liệu địa phương, tiết kiệm cốt thép. Ở vùng núi sẵn đá, nếu có điều kiện nên dùng cống xây đá, nắp bê tông hoặc cống vòm đá.

Khi thiết kế phải tạo điều kiện thuận lợi cho việc thi công sau này. Nên sử dụng các thiết kế định hình theo kiểu lắp ghép để đỡ tốn kém ván khuôn và dùng được các cấu kiện đúc sẵn (thường có chất lượng tốt hơn kết cấu đổ tại chỗ).

4. Điều kiện địa chất

Địa chất ở đáy móng cống ảnh hưởng rất lớn đến thời hạn sử dụng cống. Nếu địa chất mềm yếu thì phải xử lý hoặc phải dùng cống hộp bê tông cốt thép.

5. Điều kiện duy tu bảo dưỡng

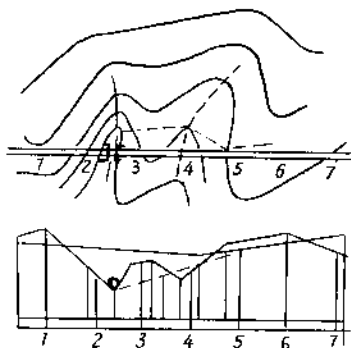
Khi chọn loại cống phải tạo điều kiện thuận lợi cho việc duy tu bảo dưỡng sau này: không làm cống quá dài, với cống tròn đường kính cống không được nhỏ hơn 0,5m.

3.3. BỐ TRÍ CỐNG

1. Chọn vị trí cống

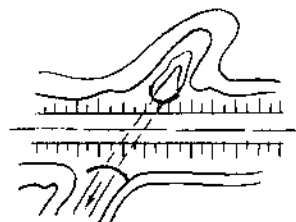
Cống phải đặt ở chỗ thoát nước nhanh và tốt nhất. Vì thế nên đặt cống ở chỗ thấp nhất của đường tức là chỗ sẽ hình thành dòng chảy khi mưa lũ, những chỗ có khe suối rõ ràng.

Nếu hai vị trí cống khá gần nhau mà lưu lượng cần thoát tương đối nhỏ thì có thể đào mương nhập dòng để làm một cống chung. Tuy nhiên cần phải so sánh kinh tế kỹ thuật giữa phương án đào mương, tăng khẩu độ cống với phương án làm hai cống để chọn phương án rẻ (hình 3.1).



Hình 3.1

Sơ đồ hợp nhất hai khe suối để làm một cống



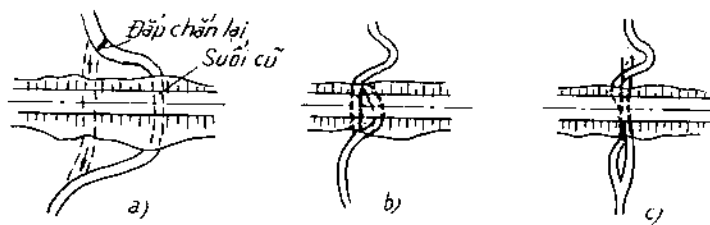
Hình 3.2

Cống chéo

Ở vùng đồng bằng, khi tuyến đường đi qua vùng đất thấp và ao hồ khá dài thì phải bố trí cống tại những chỗ mặt đất có độ dốc tự nhiên, để tránh nước bị ứ đọng lâu dài. Nếu không cần kết hợp với thủy lợi thì cứ 1 ÷ 2 km đặt một cống.

Thường đặt cống gần với tim khe suối và thuận lợi với hướng nước chảy. Khi không có điều kiện đặt thẳng góc thì phải đặt chéo (hình 3.2).

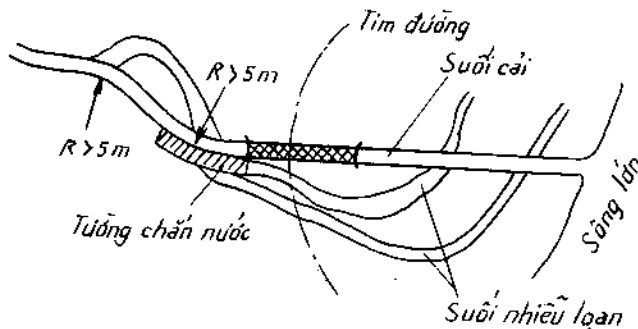
Nếu có điều kiện, nên cải các đoạn suối cong queo thành thẳng để bố trí cống thẳng góc với tim đường (hình 3.3).



Hình 3.3

Cải suối để làm cống thẳng góc với tim đường

Với sông suối có dòng chảy nhiều loạn cũng thường áp dụng biện pháp cải suối để điều chỉnh dòng chảy (hình 3.4).



Hình 3.4

Cải suối điều chỉnh dòng chảy nhiều loạn để làm cống thẳng góc với tim đường.

2. Bố trí mặt đứng của cống

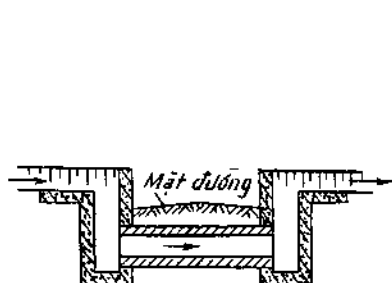
Phải căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất và thủy văn để bố trí mặt cắt dọc của cống hợp lý về mặt kinh tế kỹ thuật.

Nếu bố trí cống trong lòng suối thiên nhiên thì cao độ và độ dốc dọc đáy cống phải trùng với cao độ và độ dốc dọc của lòng suối. Với cống kết hợp giữa giao thông và thủy lợi thì phải tôn trọng yêu cầu này.

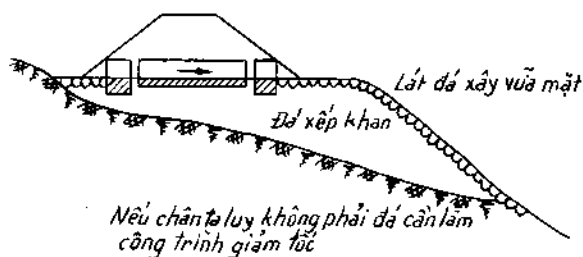
Khi độ dốc dọc lòng suối quá nhỏ mà chiều dài cống lại ngắn thì có thể làm đáy cống không dốc và có cao độ bằng cao độ của cống phía hạ lưu.

Phải dựa vào việc tính toán thủy lực để xác định cao độ đáy cống; Với cống đơn không nên dùng biện pháp nâng cao đáy cống để rút ngắn chiều dài vì thường không kinh tế. Với cống đôi hoặc cống ba thì có thể áp dụng biện pháp này để giảm bớt chiều dài cống sau khi đã tính toán so sánh kinh tế.

Khi tuyến đường giao nhau với mương máng thủy lợi thì thường làm cống xi phông. Mặt đứng của cống xi phông trên đường ô tô thường bố trí như hình 3.5.



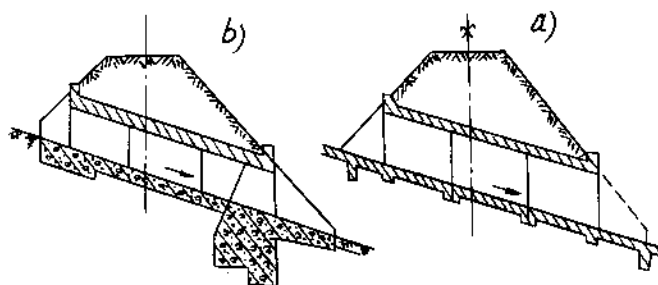
Hình 3.5
Mặt đứng của cống xi phông kiểu giếng thẳng đứng



Hình 3.6
Bố trí cống trên nền đắp đá

Với các khe suối có độ dốc dọc lớn, có thể xây dựng cống trên nền đắp đá (hình 3.6) thay cho cống dốc để rút ngắn chiều dài cống. Tuy nhiên khi xây dựng loại cống này cần lưu ý:

- Điều kiện địa chất phải tốt, bảo đảm cho cống luôn ổn định.
- Cường độ đáy móng phải bảo đảm đồng đều;
- Phải làm tốt việc nối tiếp và gia cố thượng hạ lưu;
- Nếu địa phương xây dựng có nhiều đá, nên tận dụng.



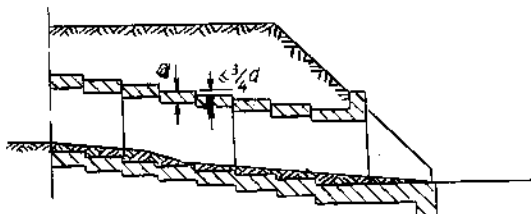
Hình 3.7
Cống dốc: a) Đáy móng có gờ chân đế;
b) Cửa ra có tường đầu cắm sâu.

Khi cần phải xây dựng cống dốc thì phải căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất để bố trí cống hợp lý về kinh tế và có kết cấu ổn định. Khi lòng khe suối không có đá, độ dốc dọc dưới 10% thì có thể làm móng cống dốc với đáy móng có gờ chân đế như hình 3.7a hoặc có tường đầu cắm sâu như hình 3.7b.

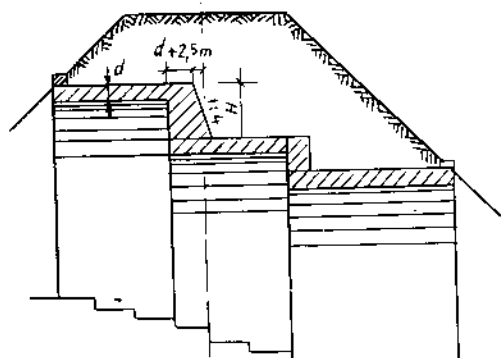
Với các khe suối mà lòng khe là đá (tầng phong hoá), thì có thể làm móng cống dốc nếu độ dốc dọc của nó dưới 30%, nếu không phải làm móng cống kiểu bậc cấp như hình 3.8.

Khi bố trí mặt đứng của cống dốc cần chú ý:

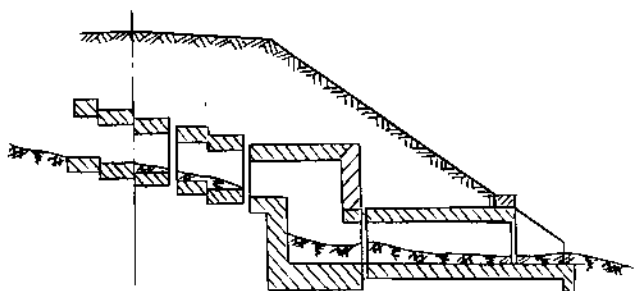
- Chiều dài mỗi đoạn cống không nhỏ hơn 2m, độ chênh cao lớn nhất của hai đoạn cống gần nhau không được quá $\frac{3}{4}$ chiều dày của cống (hình 3.8). Tuy nhiên cách bố trí này sẽ làm tăng số đoạn cống lên nhiều, vì vậy có thể lấy độ chênh cao lớn hơn chiều dày thành cống và xây bậc khe hở lại như hình 3.9. Cần chú ý là độ chênh cao giữa hai đoạn cống không được quá 0,7 hoặc $\frac{1}{3}$ chiều cao tính của cống.



Hình 3.8
Cống dốc bố trí theo kiểu
bậc cấp.



Hình 3.9
Cống dốc kiểu bậc cấp có độ chênh cao giữa
các đoạn cống lớn. (Độ chênh cao không quá
0,7m hoặc $\frac{1}{3}$ chiều cao tính của cống)



Hình 3.10
Bố trí cống dốc có bậc cấp khi độ dốc đáy khe suối thay đổi nhiều.

- Khi độ dốc của đáy khe suối thay đổi tương đối lớn thì có thể làm cống dốc kiểu bậc cấp như hình 3.10.

3.4. BỐ TRÍ CỦA CỐNG

Cửa cống có tác dụng nối tiếp nền đường và miệng cống và điều tiết trạng thái dòng chảy, bảo đảm dòng chảy thông suốt, tránh xói mòn lòng sông suối thượng hạ lưu, tránh xói móng cống, móng cửa cống, bảo đảm cho cống làm việc an toàn.

Hình thức cửa cống còn trực tiếp ảnh hưởng đến khả năng thoát nước của cống và đến việc chọn lựa hình thức gia cố lòng khe suối. Do đó phải căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất và đặc tính của dòng chảy để chọn hình thức cấu tạo của cống thích hợp, bao gồm việc gia cố lòng sông thượng hạ lưu, việc gia cố và bố trí các biện pháp tiêu năng.

Các kiểu cửa cống thường dùng: cửa cống có tường cánh kiểu chữ bát, cửa cống có tường cánh thẳng góc; cửa cống có tường đầu và hai góc tư nón, cửa cống dạng đường nước chảy; cửa cống kiểu vát đầu và cửa cống có tường cánh cong hiện ít dùng.

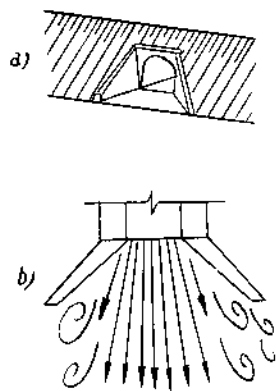
Thường gia cố lòng khe suối ở cửa vào bằng cách lát đá khan hoặc lát đá xây vữa. Ở các khe suối dốc thì dùng bậc nước hoặc dốc nước có tầng độ nhám, khi lưu tốc quá lớn thì phải dùng hồ tiêu năng.

1. Các hình thức cấu tạo của cống và điều kiện sử dụng thích hợp

a) Tường cánh kiểu chữ bát

Tại cửa cống bố trí tường cánh chéo và dốc mà nhìn trên mặt bằng có dạng hình chữ bát. Để rút ngắn chiều dài tường cánh và để dễ thi công, đầu mút của tường cánh thường xây thẳng đứng (hình 3.11a).

Do khối lượng công trình ít, điều kiện thủy lực tốt, thi công đơn giản nên đây là kiểu cửa cống thường dùng nhất. Theo tính toán, nếu lấy góc chéo của tường cánh là 13° với cửa vào và 10° với cửa ra là hợp lý nhất về mặt thủy lực, tuy nhiên thực tế thường lấy góc chéo là 30° . Kinh nghiệm cho thấy không nên lấy góc chéo quá lớn vì loại cửa cống kiểu chữ bát có góc chéo lớn thường phát sinh các xoáy nước gần tường cánh dễ gây xói (hình 3.11b).



Hình 3.11

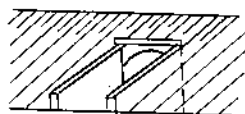
Cửa cống có tường cánh kiểu chữ bát

- a) Tường cánh chữ bát;
- b) Hướng nước chảy của cống có góc chéo lớn.

b) Cửa cống có tường cánh thẳng góc

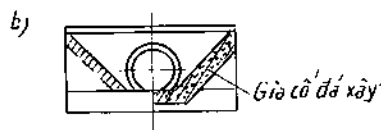
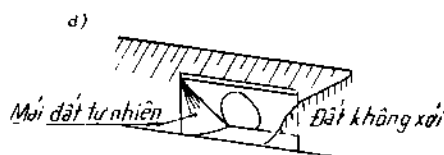
Khi khẩu độ cống và chiều rộng khe suối gần bằng nhau, không cần tập trung hoặc phân tán dòng chảy, thì có thể làm cửa cống có tường cánh thẳng góc như hình 3.12.

Loại cửa cống này khá kinh tế vì tường cánh ngắn, khối lượng xây lát cửa cống ít. Với các cửa vào của cống ở vùng núi, cần bố trí dốc nước, cũng nên dùng loại cửa cống này.



Hình 3.12

Cửa cống có tường cánh thẳng góc



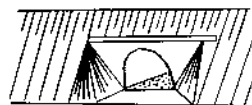
Hình 3.13

Cửa cống có tường đầu

a) Tường đầu nối tiếp với mái dốc thiên nhiên; b) Tường đầu nối tiếp với bờ dốc của mương máng nhân tạo

c) Cửa cống có tường đầu (hình 3.13)

Loại cửa cống này thích hợp với các mương máng nhân tạo hoặc ở các khe suối mà lòng suối là đá không bị xói mòn. Trên các mương máng nhân tạo có thể nối trực tiếp tường đầu với bờ dốc, khi cần thiết thì phải lát đá gia cố. Khi lưu tốc nhỏ và địa chất của bờ sông suối thiên nhiên tương đối tốt thì có thể kéo dài mái taluy của nền đắp xuống tận cạnh bên của cửa cống để thay thế cho việc làm góc tư nón bảo vệ cửa cống.



d) Cửa cống có tường đầu phối hợp với góc tư nón (hình 3.14)

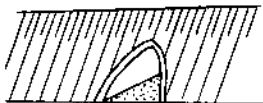
Loại cửa cống này thích hợp với sông suối rộng và nông, khẩu độ cống thu hẹp nhiều. Tuy nhiên do khối lượng xây lát góc tư nón khá lớn nên thường không kinh tế bằng cửa cống có tường cánh chữ bát. Đối với các cống tương đối lớn và cao thì hình thức cấu tạo này khá ổn định nên thường hay sử dụng.

Hình 3.14

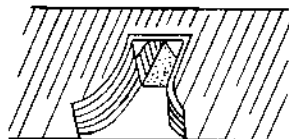
Cửa cống có tường đầu và góc tư nón.

e) *Cửa cống kiểu vát đầu* (hình 3.15).

Loại cửa cống này thường dùng với cống tròn bê tông cốt thép. Do phải dùng các cốt cống đặc biệt ở cửa cống nên chỉ thích hợp khi dùng nhiều cửa cống loại này để có thể sử dụng các đoạn ống đúc sẵn. Loại cửa cống này tiết kiệm được từ 45 - 85% vật liệu so với cửa cống kiểu chữ bát nhưng khả năng thoát nước thì kém hơn từ 8 ÷ 10%, do đó thường ít dùng.



Hình 3.15
Cửa cống kiểu vát đầu



Hình 3.16
Cửa cống có tường cánh cong

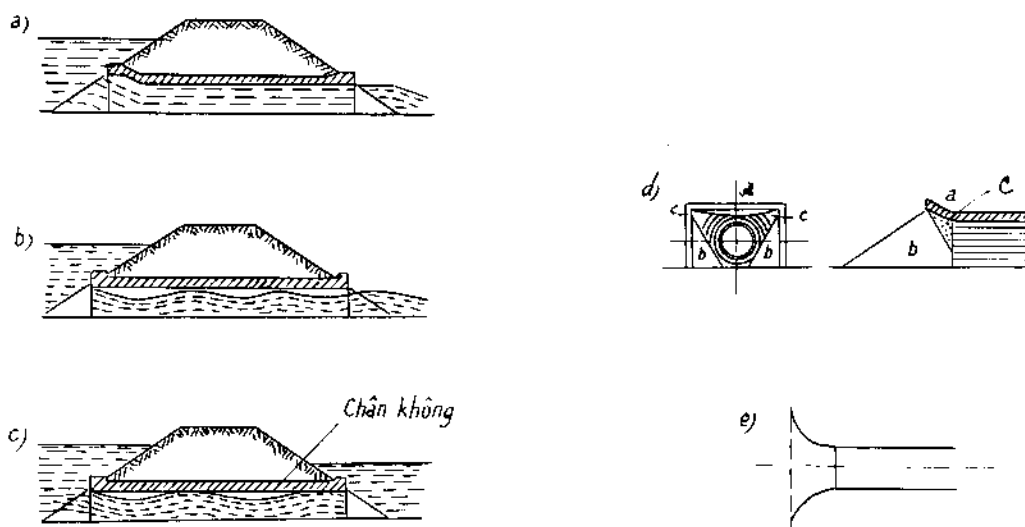
g) *Cửa cống có tường cong* (hình 3.16)

Loại cửa cống này có hai tường cánh hai bên song song với nhau và có chiều cao không đổi. Đầu cuối của hai tường cánh hơi uốn cong về hai bên. Loại cửa cống này có tác dụng kéo lùi mực nước dâng từ miệng cống về vị trí bắt đầu đoạn cong của tường cánh nên có thể giảm thấp chiều cao tính toán của cống chảy không áp hoặc tăng được mực nước tính toán trong cống, do đó tăng được khả năng thoát nước của cống. Loại cửa cống này hiện ít dùng vì thi công phức tạp.

h) *Cửa cống kiểu đường nước chảy*

Là loại cửa cống có miệng cống nâng cao hình thành dạng đường nước chảy trên mặt đứng, khi dùng trạng thái chảy có áp, kiểu cửa cống này làm cho nước chảy đều trong cống, khi dùng trạng thái chảy không áp thì có thể tăng chiều sâu mực nước trước cống, do đó có thể nâng cao khả năng thoát nước của cống một cách có hiệu quả như hình 3.17a. Khi đỉnh cửa vào của cống làm với hướng nước chảy một góc nhọn, nếu mực nước trước cống cao hơn đỉnh cống, chiều sâu mực nước ở cửa ra thấp hơn đỉnh cống, thì do quán tính của dòng chảy ở gần đỉnh cống thường tạo thành một khoảng trống và không thể chảy đầy, do đó khả năng thoát nước giảm nhiều, như hình 3.17b. Nếu toàn bộ cống đều ngập nước thì sẽ tạo thành chân không ở gần đỉnh cống, không những sinh ra lực hút chân không khá lớn ảnh hưởng đến độ bền của đỉnh cống mà còn làm giảm lưu lượng thoát nước như hình 3.17c.

Để khắc phục nhược điểm này phải nâng cao đoạn cống ở gần cửa vào, làm thành hình dòng chảy. Kiểu cửa cống này thường dùng với các cống bản có nắp hoặc cống hộp đồng thời phối hợp với tường cánh chữ bát. Khi dùng cho cống tròn, để dễ thi công, đoạn đầu cống có thể làm theo kiểu cống hộp nâng cao, có khi thì

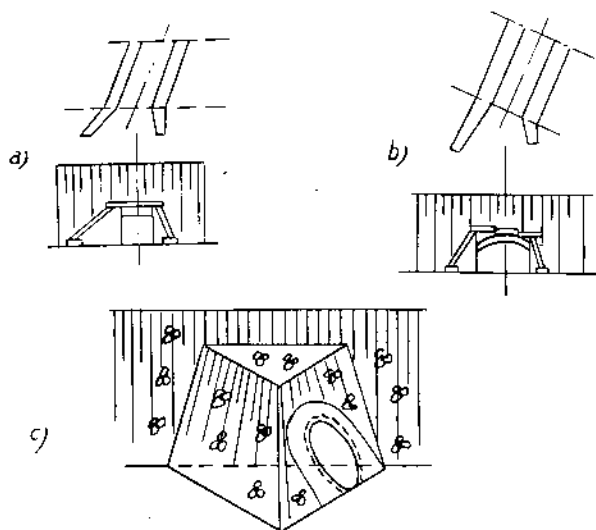


Hình 3.17

Sơ đồ so sánh giữa loại cửa cống hình dòng chảy với các loại cửa cống khác :

- a) Cửa cống hình dòng chảy có nâng cao; b) Cửa cống là góc nhọn; c) Cửa cống là góc nhọn và toàn bộ cống ngập nước; d) Cửa cống hình dòng chảy dùng cho cống tròn; e) Cửa cống hình chữ bát mà mặt bằng làm theo hình dòng chảy.

làm thành hình loa kèn. Thực tế cho thấy kiểu cửa cống như vẽ ở hình 3.17d là hợp lý hơn cả. Nó gồm một tấm đỉnh cống nghiêng a , hai tấm tường bên b và hai phiến nhỏ hình tam giác cong c hợp thành.



Hình 3.18

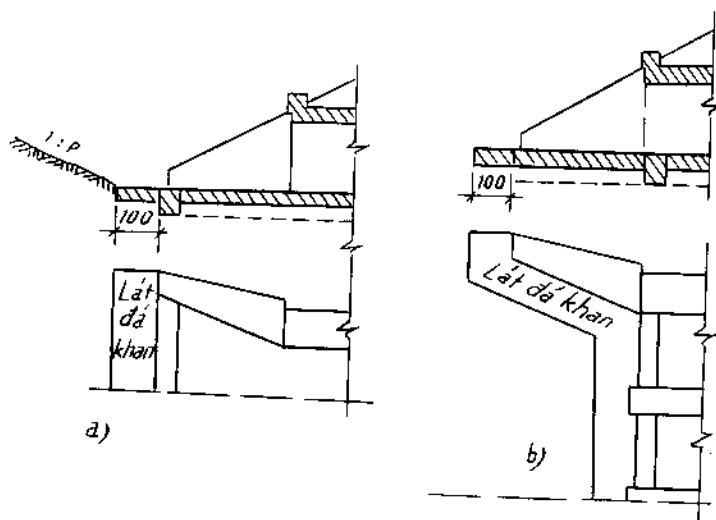
- Bố trí cửa cống chéo : a) Cửa cống song song với tim đường; b) Cửa cống chéo thẳng góc với tim cống; c) Cửa cống chéo có miệng vát.

i) Cửa cống chéo

Cửa cống chéo có thể làm theo các hình thức khác nhau bảo đảm mỹ quan và thích hợp với điều kiện dòng chảy. Nên cố gắng làm bộ phận đầu cống song song với tim đường tức là làm chéo góc như hình 3.18a. Kiểu cửa cống này thường được sử dụng nhất, tuy hơi tốn công xây dựng. Chỉ với cống tròn và cống vòm tương đối lớn mới dùng biện pháp làm cửa cống thẳng góc với tim cống để giảm khó khăn khi thi công bộ phận đầu cống. Với loại cống này thường làm tường đầu thành bậc thang như hình 3.18b. Với cống tròn giao chéo có miệng vát, có bề tam giác thò ra ngoài nền đường thì phải gia cố bằng cách xây lát taluy nền đường như hình 3.18c.

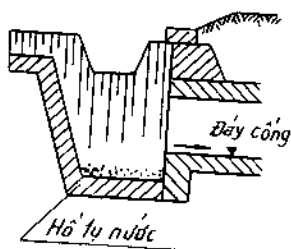
2. Xử lý lòng khe suối ở cửa vào cống

a) Khi độ dốc dọc của khe suối ở chỗ làm cống nhỏ hơn 10%, khe suối thẳng thì thường bố trí cống theo độ dốc dọc của suối và đào một ít ở cửa vào của cống,



Hình 3.19

Các hình thức xây lát cửa vào cửa cống có đáy bằng phẳng
a) Kiểu xây lát thông thường; b) Kiểu xây lát hình chữ U.



Hình 3.20

Hồ tự nước có đáy thấp hơn đáy cống.

độ dốc dọc của bộ phận đào thường lớn hơn 10%. Phải dựa theo tình hình địa chất sau khi đào và tốc độ nước chảy để định xem có cần gia cố lòng suối mới đào hay không. Việc xây lát phần giữa hai tường cánh của cống thì dựa vào cách xử lý thông thường như hình 3.19a. Khi lưu tốc nhỏ, để giảm bớt khối lượng xây lát có thể gia cố cửa vào cống như hình 3.19b. Kiểu gia cố này thích hợp với cống khẩu độ lớn, tiết kiệm được vật liệu mà hiệu quả phòng bộ cũng tốt.

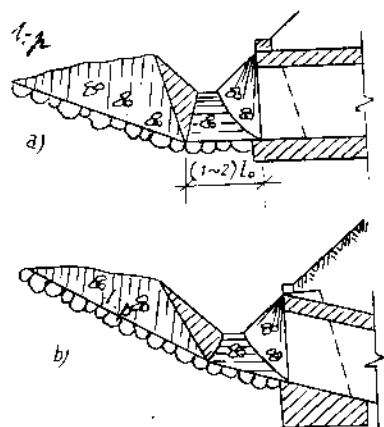
b) Khi độ dốc của rãnh biên phía thượng lưu khá dốc và nước có chứa nhiều bùn cát thì có thể làm hố tụ nước ở cửa vào sâu hơn đáy cống (hình 3.20). Hố tụ này có tác dụng tiêu năng và để lắng đọng bùn cát.

c) Khi độ dốc dọc tự nhiên của đáy suối ở trước cống vào khoảng $10 \div 40\%$ thì độ dốc dọc của đáy đoạn suối đào lấy là $4 \div 10\%$.

Trừ khi nền suối là đá, còn thì phải gia cố đáy và bờ suối bằng cách xây lát đá. Hình thức gia cố được xác định tùy theo lưu tốc (hình 3.21a).

Hình 3.21a ứng dụng với cống có độ dốc dọc nhỏ và độ dốc dọc của đáy suối trước cống tương đối lớn, do đó phát sinh nước chảy ở cửa cống, vì vậy trước cửa cống phải làm một đoạn có độ dốc thoải với chiều dài từ $(1 \div 2)l_0$ (l_0 là khẩu độ cống).

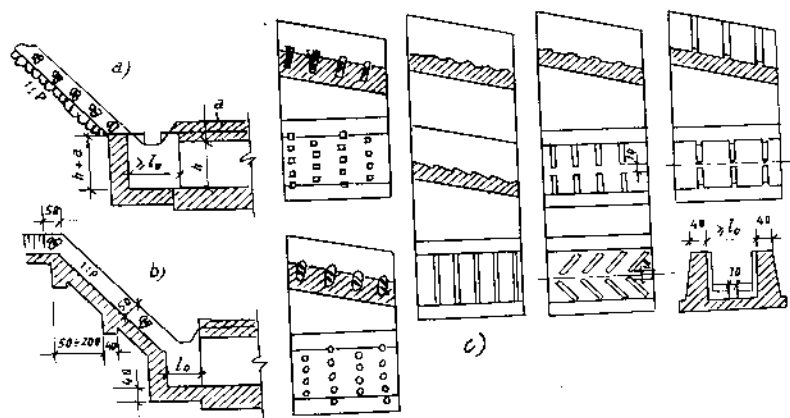
Hình 3.21b ứng dụng với cống dốc và dòng chảy trong cống ở trạng thái chảy xiết, độ dốc dọc của cống có thể nối tiếp với độ dốc đáy suối trước cống, vì vậy không cần áp dụng các biện pháp khác.



Hình 3.21

Các hình thức gia cố lòng suối ở trước cửa cống

a) cống bằng; b) cống dốc



Hình 3.22

Các biện pháp dẫn nước ở cửa vào của cống dốc.

a) Máng dẫn tiết diện hình thang; b) Dốc nước tiết diện chữ U; c) Các kiểu tăng độ nhám

d) Khi độ dốc dọc của khe suối trước cống lớn hơn 50%, tốc độ của dòng chảy rất lớn, cần phải làm bậc nước để giảm lưu tốc và tiêu hao năng lượng. Độ dốc dọc của đoạn suối đào ở thượng lưu lấy bằng $1:1 \div 1:2$, căn cứ vào tình hình địa chất để quyết định cẩn thận, tránh hiện tượng sụt trượt.

Hình 3.22a là kiểu máng dẫn nước thượng lưu có mặt cắt hình thang thích hợp với điều kiện địa chất là đất và phải xây lát để gia cố.

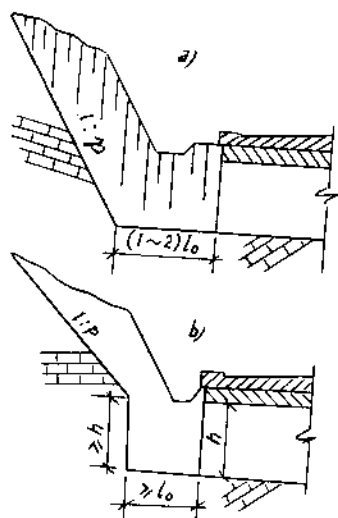
Hình 3.22b là kiểu máng dẫn thượng lưu kiểu dốc nước có mặt cắt ngang hình chữ U, chiều dày của hai tường bên cạnh thường lấy bằng 4cm, chiều rộng máng bằng khẩu độ cống. Để bảo đảm dốc nước được ổn định, cứ cách từ $150 \div 200\text{cm}$ cần làm một tường chống trượt ở đáy máng. Khi cần thiết phải dùng biện pháp tăng độ nhám của đáy dốc nước. Các hình thức tăng độ nhám nhân tạo như hình 4.27c.

Kích thước của bậc nước và dốc nước phải thông qua việc tính toán thủy lực để xác định. Phương pháp tính toán xem ở chương 4.

Khi thiết kế các biện pháp dẫn nước vào cống dốc cần chú ý :

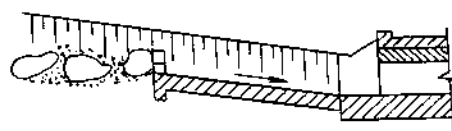
(1) Phải làm cho dòng nước chảy vào cống thuận. Nếu khe suối thượng lưu quá cong queo thì phải xử lý không để dòng chảy ngoặt gấp, không được rút ngắn các công trình dẫn nước vào.

(2) Chiều dài đoạn khe suối cần đào để dẫn nước vào cống càng ngắn càng tốt. Nếu địa chất của khe suối ở thượng lưu là loại đất dễ thấm nước thì không nên dùng biện pháp cải suối để tránh không cho dòng nước chảy vào khe suối cũ làm hỏng nền đường.



Hình 3.23

Xử lý cửa vào cống đặt trên nền đá



Hình 3.24

Tường chắn sỏi sạn ở thượng lưu.

(3) Nếu cống nằm trên nền đá thì căn cứ vào điều kiện địa hình mà xử lý cửa vào như hình 3.23. Độ dốc phần đào xử lý ở thượng lưu thường lấy từ $1:1 \div 1:0,2$. Nền dòng chảy nhỏ, khẩu độ cống $l_0 = 0,75\text{m}$ thì có thể không cần đào mà cho chảy thẳng vào cống.

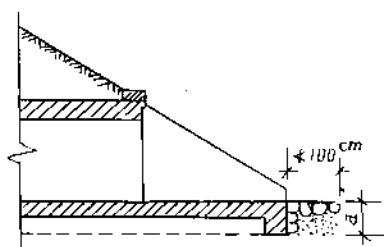
(4) Khi lòng khe suối thượng lưu là sỏi sạn thì phải làm một tường chắn nhỏ để chắn sỏi sạn ở đầu đoạn xây lát của cống (hình 3.24).

3. Xử lý lòng khe suối ở cửa ra của cống

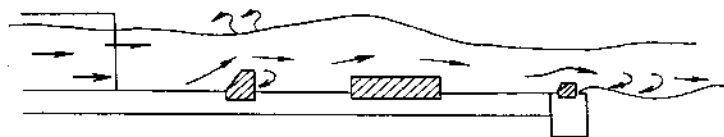
Kinh nghiệm cho thấy đại bộ phận các cống bị nước xói hỏng là do việc xử lý ở cửa ra phía hạ lưu làm không tốt. Phải căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất và đặc tính thủy lực, qua tính toán thủy lực để chọn các hình thức xử lý ở hạ lưu như mở rộng dòng chảy, tiêu năng, giảm vận tốc v.v..

a) Khi cống có độ dốc nhỏ ($i < 5\%$), lưu tốc ở cửa ra không lớn, việc gia cố lòng suối ở hạ lưu thường làm như hình 3.25. Dù dòng chảy ở cửa ra được mở rộng theo tường cánh, nhưng lòng suối ở hạ lưu vẫn bị xói, vì vậy cần phải gia cố ở đầu cửa ra. Chiều sâu chôn tường chống xói phải bằng hoặc lớn hơn chiều sâu đáy móng tường cánh. Bên ngoài tường chống xói còn phải gia cố bằng cách lát đá khan để bảo vệ tường chống xói.

Phương pháp trên đây có thể tham khảo để sử dụng khi độ dốc lòng suối thiên nhiên $i \leq 15\%$.



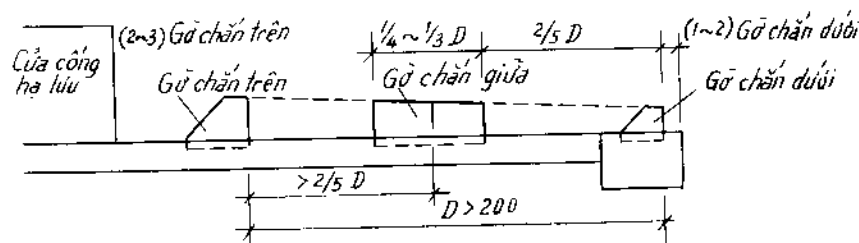
Hình 3.25
Gia cố cửa ra của cống
có độ dốc nhỏ.



Hình 3.26
Sơ đồ biểu thị tác dụng của bậc chắn đối
với dòng chảy.

b) Với cống có dòng chảy ra tự do, để biến xói thành bồi, giảm bớt khối lượng công trình, có thể xây một, hai hoặc ba bậc chắn ở cửa ra. Tác dụng của các bậc chắn này đối với dòng chảy xem hình 3.26. Căn cứ vào kết quả thí nghiệm trên mô hình và một số kinh nghiệm thực tế thì thấy việc sử dụng loại cửa ra có tường cánh chữ bát phối hợp với các bậc chắn là biện pháp chống xói có hiệu quả và kinh tế nhất.

Sơ đồ bố trí bậc chắn ba bậc xem hình 3.27.



Hình 3.27
Sơ đồ bố trí bậc chắn ba bậc.

Trên hình 3.27 bậc chẵn ở gần đầu trong của tường cánh chữ bát gọi là bậc trên, bậc chẵn ở trên tường chống xói gọi là bậc dưới, bậc chẵn ở giữa gọi là bậc bằng.

Khoảng cách D giữa bậc chẵn trên và bậc chẵn dưới của bậc chẵn ba bậc hoặc hai bậc (không có bậc bằng) có thể lớn hoặc nhỏ, thay đổi trong phạm vi $D = 2,0 \div 4,0m$, và đều có tác dụng phòng xói tốt.

Bậc chẵn được bố trí dựa theo chiều dài gia cố. Khi chiều dài gia cố :

$\geq 4m$ thì dùng bậc chẵn ba bậc

$2,0 \div 4m$ dùng bậc chẵn hai bậc hoặc ba bậc

$< 2,0m$ dùng bậc chẵn một bậc (bậc trên) hoặc hai bậc.

Khi chiều sâu mực nước ở lòng suối cửa ra của cầu nhỏ và cống từ $1,5 \div 2,5m$ thì chiều cao của bậc trên thường là $20cm$, chiều cao của bậc dưới là $10cm$. Chiều cao của bậc ở giữa tốt nhất là không được cao hơn đường thẳng nối liền bậc trên và bậc dưới (xem hình 3.27). Khi chiều sâu mực nước tự nhiên ở lòng khe suối ở cửa ra nhỏ hơn $1,5m$ có thể giảm thấp chiều cao bậc chẵn thượng hạ lưu theo tỉ lệ. Khi chiều sâu mực nước tự nhiên lớn hơn $2,5m$ thì phải tiến hành thiết kế riêng.

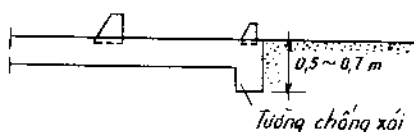
Vị trí hợp lý của các bậc chẵn như vẽ ở hình 3.27, trong đó trị số D lớn hay nhỏ có quan hệ với chiều dài đoạn xây lát; đoạn xây lát dài thì D lớn và ngược lại.

Về hình dạng thì các bậc chẵn trên và bậc chẵn dưới thường làm theo mặt cắt ngang hình thang với chiều rộng đáy trên là $5cm$. Để tăng cường độ, mặt đón nước của bậc chẵn nên làm thoải với độ dốc $1/2$.

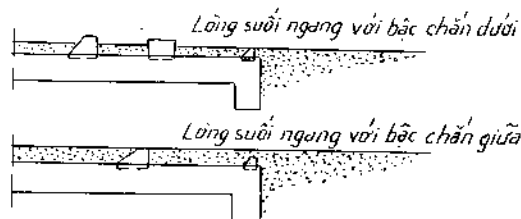
Khi dùng bậc chẵn hai bậc, để nghị vẫn giữ nguyên chiều sâu của tường chống xói là $0,5 \div 0,7m$ như hình 3.28. Nếu dùng một bậc chẵn thì chiều sâu tường chống xói là $0,7 \div 1,0m$.

Thực tế cho thấy nếu hạ thấp cao độ bề mặt gia cố lòng sông hạ lưu, làm cho mặt lòng sông ngang bằng với bậc trên hoặc bậc dưới (như hình 3.29) thì vừa có thể bảo đảm hiệu quả chống xói tốt lại vừa giảm nhỏ ảnh hưởng của bậc chẵn đến sự tăng mực nước dâng ở thượng lưu.

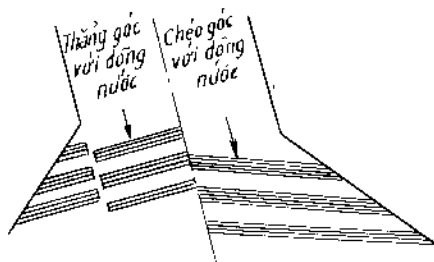
Làm như vậy thì dù trạng thái dòng chảy của lòng sông ở cửa ra là như thế nào đều có thể làm cho mực nước tự nhiên ở hạ lưu bằng hoặc lớn hơn cao độ



Hình 3.28
Bố trí tường chống xói.



Hình 3.29
Cao độ bố trí
bậc chẵn



Hình 3.30
Mặt bằng bố trí các bậc chẵn
trên cống chéo

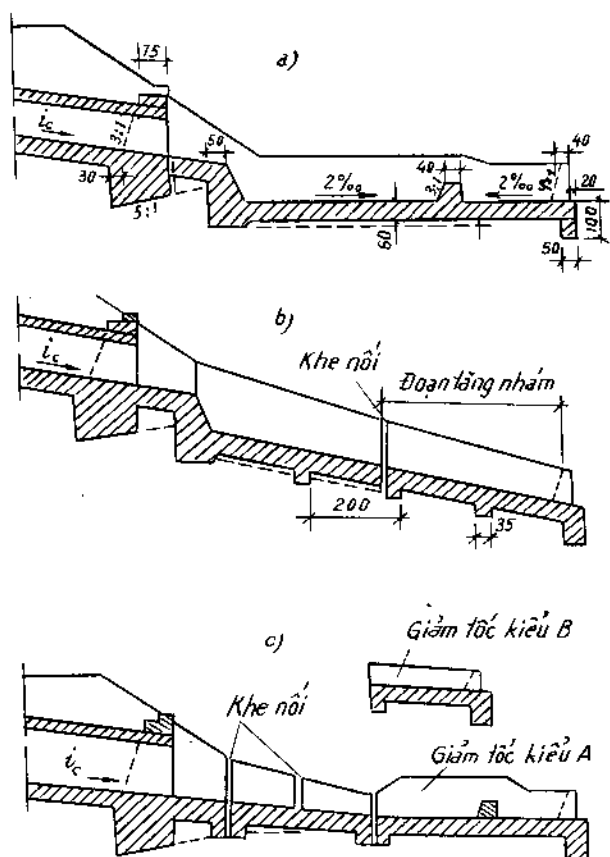
đỉnh bậc chắn (là điều kiện cần thiết để hình thành sự chảy ngược sau khi dòng chảy tràn qua đỉnh của bậc chắn dưới).

Khi cầu nhỏ hoặc cống giao chéo với dòng chảy nhưng góc giao không lớn thì có thể bố trí các bậc chắn như đã nêu ở trên. Khi góc giao tương đối lớn thì có thể làm các bậc chắn thẳng góc với dòng chảy. Có hai phương pháp xử lý: 1) phân đoạn các bậc chắn thành hình răng cưa; 2) đoạn bậc chắn trên dòng chủ thì bố trí thẳng góc với dòng chảy, các đoạn còn lại thì bố trí chéo góc như hình 3.30.

c) *Bố trí cửa ra của cống dốc.*

Khi độ dốc dọc của lòng suối thiên nhiên lớn hơn 15% thì thiết kế cống dốc. Tùy theo điều kiện địa hình, địa chất và điều kiện thủy lực mà bố trí cửa ra của cống dốc theo kiểu tường cánh chữ bát, dốc nước, bậc nước, hồ tiêu năng hoặc dùng biện pháp tăng độ nhám nhân tạo v.v.. Phải tùy theo độ dốc thiên nhiên của khe suối, căn cứ vào việc tính toán thủy lực để xác định xem dùng loại cửa cống nào thì hợp lý, chọn hình thức và tính toán kích thước chỗ nối tiếp.

Hình 3.31 giới thiệu mấy hình thức bố trí cửa ra của cống dốc để tham khảo sử dụng. Hình 3.31a là cấu tạo cửa ra không có bậc nước, có bốn giảm tốc và gờ tiêu năng; hình 3.31b là cửa ra không có bậc nước và dốc nước; hình 3.31c là cửa ra không có dốc nước, bốn giảm tốc và có gờ tiêu năng. Ba loại cửa cống trên đều nối tiếp với thân cống bằng tường cánh chữ bát với góc mở rộng là 30° .



Hình 3.31

Các hình thức bố trí cửa ra của cống dốc.

CHƯƠNG IV

TÍNH TOÁN THỦY LỰC CỐNG, CẦU NHỎ

Mục đích của việc tính toán thủy lực cống, cầu nhỏ là để xác định chính xác :

- Khẩu độ của cống, cầu nhỏ ;
- Hình thức gia cố và kích thước của công trình gia cố lòng khe, suối ;
- Chiều cao nước dâng và chiều cao tối thiểu của nền đường đắp.

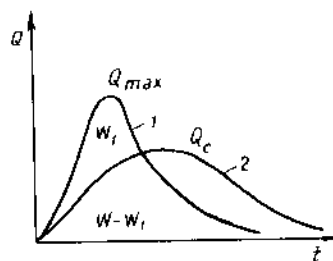
Có thể có mấy phương án chọn khẩu độ khác nhau để thoát cùng một lưu lượng tính toán. Vì vậy phải căn cứ vào điều kiện địa hình, địa chất cụ thể, thông qua việc tính toán kinh tế kỹ thuật để chọn khẩu độ cống, cầu nhỏ một cách chính xác.

4.1. TÍNH KHẨU ĐỘ CỐNG, CẦU NHỎ CÓ XÉT ĐẾN TÍCH NƯỚC TRƯỚC CÔNG TRÌNH

Khi thiết kế khẩu độ cống, cầu nhỏ ở vùng đồng bằng người ta thường thu hẹp khá nhiều chiều rộng của mặt cắt dòng chảy tự nhiên. Khi đó ở thượng lưu cầu cống sẽ phát sinh hiện tượng tích nước khá lớn làm cho trong quá trình nước dâng, lưu lượng thoát qua công trình nhỏ hơn lưu lượng từ khu tự nước đổ về. Đồng thời lưu lượng nước tích lại trước công trình dần dần tăng lên, mực nước dâng cao dần, lưu lượng nước thoát qua cầu cống cũng tăng lên dần cho đến khi cân bằng với lưu lượng nước từ thượng lưu đổ về thì thôi. Trong quá trình nước rút, lưu lượng nước từ thượng lưu đổ về lại nhỏ hơn lưu lượng nước thoát qua cầu cống, do đó sau một thời gian nhất định sẽ thoát hết nước tích lại trước công trình. Quá trình lưu lượng trên đây có thể biểu thị ở hình 4.1.

Do tác dụng của hiện tượng tích nước, lưu lượng lớn nhất thoát qua cầu cống sẽ nhỏ hơn lưu lượng lớn nhất của nước chảy về. Do đó nếu dùng lưu lượng đỉnh lũ tự nhiên làm lưu lượng thiết kế thì sẽ hơi lớn. Vì vậy cần tìm lưu lượng lớn nhất thực tế thoát qua cầu cống khi có hiện tượng tích nước để làm lưu lượng thiết kế.

Lưu lượng nước tích lại trước cầu cống vùng núi không lớn nên thường không xét đến ảnh hưởng của hiện tượng tích nước khi xác định khẩu độ cầu



Hình 4.1

Đường quá trình lưu lượng

1. Đường quá trình nước đến

2. Đường quá trình nước thoát

cống. Khi tính toán cũng cần lưu ý những trường hợp mà khả năng tích nước trước công trình bị hạn chế như ở những vùng mưa dài ngày, các trận mưa trước đã chứa đầy khe suối trước công trình, cũng như những chỗ có đường phân thủy không rõ ràng, nước có khả năng chảy tràn từ khe suối này sang các khe suối lân cận.

Khi tính toán khẩu độ cầu cống có xét đến tích nước trước công trình người ta phân biệt tính toán theo hai trường hợp sau:

1. **Trường hợp 1:** Khi không có số liệu về chiều dày dòng chảy.

Lưu lượng nước lớn nhất chảy qua công trình có xét đến tích nước Q_c tính theo công thức sau:

$$Q_c = Q_{\max} \left(1 - \frac{W_a}{W_p} \right), \text{ m}^3/\text{s} \dots \quad (4.1)$$

Trong đó:

$Q_{\max}$ - lưu lượng lớn nhất từ lưu vực đổ về, m^3/s ;

W_a - thể tích nước tích lại trước công trình, m^3 ;

W_p - tổng lượng lũ thiết kế, tính theo công thức (2.7) hoặc (2.8).

Công thức (4.1) có thể viết lại như sau:

$$Q_c = Q_{\max} \left(1 - \lambda \frac{W_a}{W_s} \right) = Q_{\max} (1 - \lambda \eta), \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.2)$$

Trong đó:

W_s - thể tích nước tích lại trong lòng khe suối chính ở thượng lưu công trình, m^3 ;

λ - tham số, bằng $\frac{W_s}{W_p}$, căn cứ vào điều kiện địa hình cụ thể mà tra ở bảng (4.1);

η - tham số, bằng $\frac{W_a}{W_p}$, tính theo công thức sau:

$$\eta = K^2 - \frac{K-1}{(\xi-1)^2} (\xi-K)(K\xi + \xi - 2K) - 1 \quad (4.3)$$

$$\text{Trong đó: } K = \frac{H}{h_s} \quad (4.4)$$

$$\xi = \frac{LI}{h} \quad (4.5)$$

Với H - chiều sâu tích nước cho phép, bằng chiều sâu mực nước trước công trình, m;

L - chiều dài dòng suối chính, m;

I - độ dốc trung bình của dòng suối chính, ‰;

h_s - chiều sâu tự nhiên của nước trong sông suối ứng với lưu lượng

$Q_{\max}$, tính theo công thức:

$$h_{\delta} = 4,37 \frac{1}{m^{3/8}} \frac{(1 + \alpha^2)^{3/8}}{\alpha^{5/8}} \frac{Q_{\max}^{3/8}}{I^{3/16}}, \text{ m} \quad (4.6)$$

m - hệ số nhám của lòng suối chính, tra bảng (4.4)

α - độ dốc taluy của mặt cắt ngang lòng suối chính bị lũ ngập.

Bảng 4.1

$$\text{Giá trị của tham số } \lambda = \frac{W_s}{W_p}$$

Đặc trưng của sông suối	λ
Sông suối vùng núi hẹp và dốc, dòng chảy xiết, lượng nước tích ở lòng sông suối ít	0,05
Sông suối vùng núi, hai bờ tương đối bằng, lượng nước tích trong lòng sông suối không nhiều lắm	0,10
Sông suối vùng đồi hai bờ bằng phẳng, có bãi hoặc ruộng nước, dòng chảy không xiết, lượng nước tích trong lòng sông suối khá lớn	0,15
Dòng chảy êm, hai bờ bằng phẳng có bãi và ruộng nước, lượng nước tích trong lòng sông suối rất lớn.	0,20

Ví dụ tính toán. Tìm lưu lượng nước lớn nhất chảy qua công trình có xét đến tích nước Q_c - Cho biết: suối nhỏ vùng đồi, độ dốc ngang bờ suối của đoạn suối chính gần cống $\alpha = 2$, độ nhám $m = 10$, độ dốc dọc lòng suối $I = 50\text{‰}$, diện tích khu tụ nước $F = 0,16\text{km}^2$. Trị số $\lambda = \frac{W_s}{W_p}$ xác định tại thực địa là 0,15 và lưu lượng $Q_{25} = 5\text{m}^3/\text{s}$.

Giải:

1. Tìm chiều sâu mực nước tự nhiên h_{δ} theo công thức (4.6)

$$\begin{aligned} h_{\delta} &= \frac{4,37}{10^{3/8}} \cdot \frac{(1 + 2^2)^{3/8}}{2^{5/8}} \cdot \frac{5^{3/8}}{50^{3/16}} = \\ &= \frac{4,37}{2,37} \cdot \frac{1,22}{1,45} \cdot \frac{1,83}{2,08} = 1,29\text{m} \end{aligned}$$

2. Tìm chiều dài suối chính L bằng cách đo trực tiếp trong bản đồ diện tích khu tụ nước hoặc tính gần đúng theo công thức $L = 2\sqrt{F}$.

Ở đây tìm theo công thức gần đúng được $L = 0,8\text{km}$.

3. Căn cứ vào chiều cao của nền đường đắp và mức độ ngập lụt cho phép của ruộng vườn, nhà cửa ở thượng lưu, tìm được chiều cao tích nước cho phép $H = 2,56\text{m}$.

Từ đó
$$K = \frac{H}{h_{\delta}} = \frac{2,56}{1,28} = 2$$

4. Dựa theo L, I và h_δ để tìm ξ theo công thức (4.5)

$$\xi = \frac{LI}{h_\delta} = \frac{0,8 \times 50}{1,28} = 31,2$$

Xác định tham số η theo công thức (4.3) sau khi đã biết K, ξ .

$$\begin{aligned}\eta &= 2^2 - \frac{2-1}{(31,2-1)^2} (31,2-2)(2 \times 31,1 + 31,2 - 2 \times 2) - 1 = \\ &= 4 - \frac{1}{30,2^2} (29,2)(89,6) - 1 = 4 - 2,87 - 1 = 0,13\end{aligned}$$

Dựa vào công thức (4.2) để tìm Q_c

$$\begin{aligned}Q_c &= (1 - 0,15 \times 0,13) Q_{\max} = 0,98 Q_{\max} \\ Q_c &= 0,98 \times 5 = 4,9 \text{ m}^3/\text{s}.\end{aligned}$$

Do Q_c so với $Q_{\max}$ giảm không đến 10% vì vậy không cần xác định lại khẩu độ và chiều cao của cống khi xét tích nước.

2. Trường hợp II: Khi đã biết chiều dày dòng chảy.

Trong trường hợp này lưu lượng lớn nhất thoát qua công trình khi có xét đến tích nước Q_c được tính theo công thức:

$$Q_c = Q_{\max} \left[1 - \left(\frac{W_h}{W_p} \right)^n \right], \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.7)$$

Trong đó:

Q_c , $Q_{\max}$ và W_p - ý nghĩa như trên;

W_h - thể tích hồ chứa nước trước công trình khi có một mực nước ngập nhất định, m^3 ;

n - số mũ, thông thường lấy bằng $\frac{3}{4}$, với trường hợp trong khu tự

nước ở thượng lưu công trình có một tuyến đường khác đi qua và có tác dụng cản một phần nước lũ, nếu sự tích nước trên tuyến

đường này tương đối ít thì lấy bằng $\frac{1}{2}$, nếu tích nước nhiều

thì lấy bằng $\frac{1}{3}$;

W_p tính theo công thức sau:

$$W_p = (h - Z)F\gamma \text{ (nghìn m}^3\text{)} \quad (4.8)$$

Với: h , Z , F và γ - các ký hiệu đã giải thích ở chương II.

Có thể tìm giá trị của W_h trên bản đồ địa hình có đường đồng mức, nếu thiếu bản đồ địa hình thì có thể tính gần đúng theo công thức sau:

$$W_h = 220 \frac{BH^2}{I} \text{ (m}^3\text{)} \quad (4.9)$$

Trong đó:

B – chiều rộng đỉnh mặt cắt ngang của hồ chứa ứng với chiều sâu nước là H, m;

H – chiều sâu nước ngập (tức là chiều sâu lũ chứa), m;

I – độ dốc trung bình của suối chính %.

Thường thì W_h tìm được theo công thức trên hơi nhỏ so với thực tế và như vậy giá trị của Q_c sẽ tăng lên.

Khi tính toán sơ bộ có thể tra bảng (4.2) để tìm giá trị của W_h .

Để tính nhanh có thể viết lại công thức (4.7) dưới dạng sau:

$$Q_c = Q_{\max} \left[1 - \left(\frac{W_h}{W_p} \right)^n \right] = C_n Q_{\max} \quad (m^3/s) \quad (4.10)$$

Trong đó: C_n – hệ số chiết giảm lưu lượng khi xét tích nước

$$C_n = 1 - \left(\frac{W_h}{W_p} \right)^n \quad (4.11)$$

Bảng 4.2

Trị số tham khảo gần đúng của thể tích hồ chứa W_h (nghìn m^3)

H(m)	Đặc trưng của diện tích khu tụ nước				
	Bằng phẳng	Đồng bằng	Vùng đồi thấp	Vùng đồi	Vùng núi
1,0	15	5	2	-	-
1,5	45	15	5	2	-
2,0	150	50	15	4	-
2,5	500	140	40	10	-
3,0	850	280	80	20	2
3,5	1400	460	150	30	3
4,0	2100	700	220	45	5
4,5	3000	1000	300	65	8
5,0	4000	1300	400	85	10
5,5	-	1700	500	120	15
6,0	-	2200	700	160	20
6,5	-	3000	1000	220	25
7,0	-	4000	1200	300	40

Có thể tra giá trị của C_n ở bảng (4.3) theo các tỉ số $\frac{W_h}{W_p}$ và n khác nhau.

Khi tính toán tích nước trước công trình theo trường hợp II cần phải có các tài liệu sau:

- Lưu lượng thiết kế khi chưa xét tích nước $Q_{\max}$;
- Chiều dày dòng chảy h, chiều dày lớp nước bị giữ lại Z và bản đồ diện tích khu tụ nước;

- Bản đồ địa hình xung quanh vị trí cầu cống hoặc bản vẽ mặt cắt ngang của sông suối ở vị trí cầu cống và thượng lưu.

Trình tự tính toán như sau:

1. Tìm diện tích khu tụ nước F , đo trên bản đồ chiều dài hoặc chiều rộng của diện tích khu tụ nước, nếu diện tích $F > 5\text{km}^2$ thì phải xét đến hệ số chiết giảm do mưa không đều γ .

2. Từ các trị số h , Z , F và γ đã biết, dựa theo công thức (4.8) để tìm W_p .

3. Đầu tiên không xét đến tích nước, dựa theo tình hình tại chỗ để chọn khẩu độ và chiều cao cầu cống thích hợp rồi tìm chiều sâu nước ngập trước công trình, tức là chiều sâu tích nước cho phép.

Bảng 4.3
Giá trị của hệ số chiết giảm lưu lượng C_n

$\frac{W_h}{W_p}$	C_n			$\frac{W_h}{W_p}$	C_n			$\frac{W_h}{W_p}$	C_n		
	$n = \frac{3}{4}$	$n = \frac{1}{2}$	$n = \frac{1}{3}$		$n = \frac{3}{4}$	$n = \frac{1}{2}$	$n = \frac{1}{3}$		$n = \frac{3}{4}$	$n = \frac{1}{2}$	$n = \frac{1}{3}$
0	1,00	1,00	1,00	0,35	0,55	0,41	0,29	0,70	0,23	0,16	0,11
0,05	0,90	0,73	0,63	0,40	0,50	0,37	0,26	0,75	0,19	0,13	0,09
0,10	0,82	0,68	0,53	0,45	0,45	0,33	0,33	0,80	0,15	0,11	0,07
0,15	0,76	0,61	0,47	0,50	0,41	0,29	0,20	0,85	0,12	0,08	0,05
0,20	0,70	0,55	0,41	0,55	0,36	0,26	0,18	0,90	0,08	0,05	0,03
0,25	0,65	0,50	0,37	0,60	0,32	0,23	0,26	0,95	0,04	0,03	0,02
0,30	0,59	0,45	0,33	0,65	0,28	0,19	0,13	1,00	0	0	0

Tại những đoạn nền đường đắp thấp thì căn cứ vào chiều cao nền đường và chiều cao ngập lụt cho phép đối với ruộng nương, nhà cửa để xác định chiều cao tích nước cho phép.

4. Căn cứ vào chiều cao tích nước cho phép H , dựa vào bản đồ địa hình tìm được thể tích hồ chứa nước W_h , hoặc kẻ đường chiều rộng mặt nước trên mặt cắt ngang, tìm độ dốc lòng suối I rồi dựa vào công thức (4.9) để tìm W_h . Khi thiếu tài liệu thì có thể tra bảng (4.2).

5. Dựa vào tỉ số $\frac{W_h}{W_p}$, sau khi xem xét tình hình thực địa để xác định trị số n , từ bảng (4.3) tra được C_n rồi tìm Q_c theo công thức (4.10).

Căn cứ vào Q_c tìm được để xác định lại khẩu độ và chiều cao công trình.

Ví dụ áp dụng.

Ví dụ 1: Hãy xác định Q_c thoát qua một cống tròn có xét đến tích nước. Cho biết: suối nhỏ vùng đồi có $Q_{25} = 3\text{m}^3/\text{s}$, $F = 0,43\text{km}^2$, $h = 16\text{mm}$, $Z = 0$.

Giải:

$$1. W_p = (h - Z) F = (16 - 0) \times 0,43 = 6,9 \text{ nghìn } \text{m}^3;$$

2. Dựa vào chiều cao của nền đường đắp, xác định được chiều sâu tích nước cho phép $H = 1\text{m}$;

3. Từ bảng (4.2) tra được $W_h = 2000\text{m}^3$ (khi $H = 1\text{m}$, địa hình vùng đồi).

4. $\frac{W_h}{W_p} = \frac{2}{6,9} = 0,3$, lấy $n = \frac{3}{4}$, từ bảng (4.3) tra được

$C_n = 0,59$, từ đó $Q_c = 0,59 \times 3 = 1,8\text{m}^3/\text{s}$

Do Q_c giảm 40% so với $Q_{\max}$, ảnh hưởng tương đối lớn đến khẩu độ cống. Vì vậy cần phải xét đến ảnh hưởng của sự tích nước khi xác định khẩu độ cống và chiều cao của nền đường đắp.

Ví dụ 2. Tuyến đường thiết kế vượt qua một sông nhỏ thuộc tỉnh Hà Bắc, dựa vào trắc dọc thiết kế biết được chiều cao của đoạn nền đường đắp ở gần cầu là 3m. Đã biết $Q_{50} = 21\text{m}^3/\text{s}$, $F = 25\text{km}^2$, chiều dài của diện tích tụ nước là 10km; $h = 15\text{mm}$, $Z = 5\text{mm}$, $I = 5\%$.

Ở thượng lưu tuyến đường thiết kế có đường xe lửa đi qua và chắn lại một ít thể tích của nước lũ - Diện tích hồ chứa nước có dạng hình parabol. Hãy tìm Q_c .

Giải:

1. Do chiều dài của diện tích tụ nước là 10km, từ bảng (2.5) tìm được hệ số chiết giảm $\gamma = 1$.

2. $W_p = (h - Z) F \gamma = (15 - 5) \times 25 \times 1 = 250$ nghìn m^3 .

3. Căn cứ vào chiều cao của nền đường đắp và độ ngập lụt cho phép của ruộng nương, nhà cửa xác định chiều sâu tích nước cho phép $H = 2,5\text{m}$.

4. Từ trắc dọc của tuyến đường tìm được chiều rộng mặt nước $B = 45\text{m}$ (khi $H = 2,5\text{m}$) - Từ đó:

$$W_h = 0,22 \times \frac{BH^2}{I} = 0,22 \times \frac{45 \times 2,5^2}{5} = 12,4 \text{ nghìn } \text{m}^3.$$

5. $\frac{W_h}{W_p} = \frac{12,4}{250} = 0,05$, $n = \frac{1}{2}$.

Từ bảng (4.3) tra được $C_n = 0,78$.

Vậy $Q_c = C_n Q_{\max} = 0,78 \times 21 = 16,4\text{m}^3/\text{s}$

Do Q_c giảm trên 20% so với $Q_{\max}$, có ảnh hưởng nhất định đối với khẩu độ công trình, cho nên phải xét đến ảnh hưởng của sự tích nước khi chọn khẩu độ và chiều cao công trình.

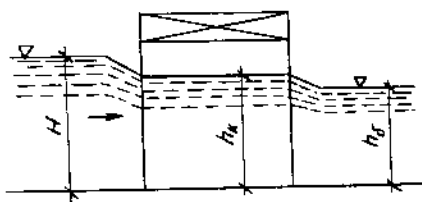
4.2. TÍNH TOÁN KHẨU ĐỘ CẦU NHỎ

1. Các chế độ nước chảy dưới cầu và sơ đồ tính toán

Tùy theo quan hệ giữa chiều sâu tự nhiên của dòng chảy (h_s) và chiều sâu phân giới (h_k) mà trạng thái nước chảy dưới cầu có thể khác nhau:

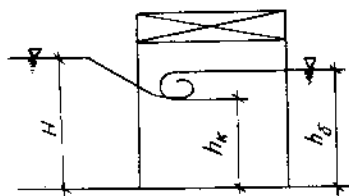
a) Khi $h_{\delta} = 1,3 h_k$, nước chảy theo chế độ tự do, chiều sâu nước chảy dưới cầu là h_k (hình 4.2).

b) Khi $h_{\delta} > 1,3 h_k$, nước chảy theo chế độ không tự do (chảy ngập), chiều sâu nước chảy dưới cầu là h_k (hình 4.3).



Hình 4.2

Sơ đồ nước chảy theo chế độ tự do của cầu nhỏ



Hình 4.3

Sơ đồ nước chảy theo chế độ không tự do của cầu nhỏ

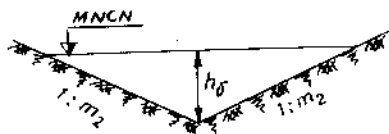
Sơ đồ tính toán trong cả hai trường hợp đều là sơ đồ dòng chảy qua đập tràn đỉnh rộng

2. Xác định chiều sâu tự nhiên và lưu tốc tự nhiên của dòng chảy

Sau khi đã biết lưu lượng thiết kế (Q_{tk}), mặt cắt ngang khe suối, hệ số nhám, độ dốc dọc của lòng khe suối, có thể xác định chiều sâu tự nhiên của dòng chảy hồ ứng với Q_{tk} , theo hai cách:

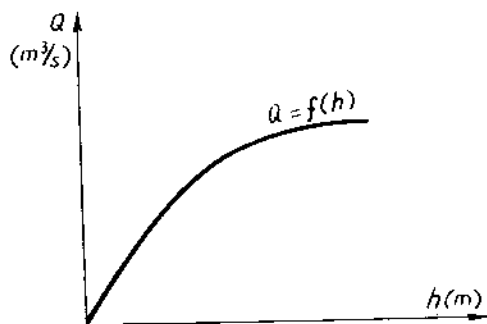
a) Phương pháp đồ thị

- Từ hình dạng mặt cắt ngang đã biết (mặt cắt ngang hình tam giác, hình thang hoặc hình chữ nhật), giả định chiều sâu h_1 ;
- Từ h_1 tính được diện tích thoát nước ω , chu vi ướt X bán kính thủy lực R tương ứng; (hình 4.4).
- Tính lưu lượng tương ứng Q_1 theo công thức:



Hình 4.4

Diện tích thoát nước ω , khi mặt cắt có dạng hình tam giác.



Hình 4.5

Đồ thị biểu diễn quan hệ giữa Q và h .

$$Q_1 = \omega V = \omega C \sqrt{R_i} \quad (4.12)$$

Trong đó:

C - hệ số Sêdi, xác định theo công thức

$$C = \frac{1}{n} R^y \quad (4.13)$$

Với n - hệ số nhám, tra theo các bảng 4.1a, 4.1b;

y - số mũ thủy lực, phụ thuộc vào n và R

$$y = 1,5\sqrt{n} \text{ khi } R \leq 1m$$

$$y = 1,3\sqrt{n} \text{ khi } R > 1m.$$

Cũng có thể tra y trực tiếp từ các bảng 4.4a và 4.4b.

i - độ dốc tự nhiên của lòng lạch;

Các ký hiệu khác như đã nêu ở trên.

Bảng 4.4a
Hệ số nhám của lòng sông suối vùng núi

Thứ tự	Đặc trưng của lòng sông, suối	n	$m = \frac{1}{n}$	y
1	Kênh đào bằng phẳng qua các sườn dốc	0,020	50	1/6
2	Như trên, nhưng chỉ xử lý bề mặt bình thường	0,022	45,5	1/6
3	Lòng suối thiên nhiên bắt nguồn từ vùng núi nhưng độ dốc không lớn, địa chất tốt (sét, cát, sỏi, cuội) dốc dọc $i = 0,0005 \div 0,0008$	0,025	40	1/6
4	Như trên, nhưng lòng suối là sỏi, cuội độ dốc dọc $i = 0,008 \div 0,0010$	0,030	33	1/5
5	Như trên, độ dốc dọc $i = 0,001 \div 0,003$	0,035	30	1/5
6	Lòng khe suối là đất có nước chảy theo mùa (khe khô), lòng sông sỏi cuội là hạ lưu của khe suối vùng núi $i = 0,003 \div 0,007$	0,040	25	1/5
7	Lòng khe suối là đá có dòng chảy không ổn định, cong queo, có chỗ nước bị ú tắc, có chỗ cây cỏ mọc cục bộ Lòng sông có dòng chảy theo chu kỳ, đáy sông là sỏi cuội hoặc có lớp phủ thực vật $i = 0,007 \div 0,015$	0,050	20	1/4
8	Lòng sông có dòng chảy chu kỳ rất hay bị ú tắc, rất cong queo, lòng sông vùng núi có đá cuội hoặc đá lớn, bề mặt dòng chảy không ổn định $i = 0,0015 \div 0,05$	0,065	15	1/4
9	Sông suối vùng núi (trung du hoặc thượng du) lòng sông có đá lớn và dòng chảy chu kỳ, dòng chảy xiết có bọt nước, $i = 0,05 \div 0,09$	0,080	12,5	1/3
10	Sông suối vùng núi (ở thượng du), lòng sông cong queo có đá trôi, có hiện tượng nước nhảy, nước bắn tung toé. Tiếng nước chảy át các âm thanh khác, $i = 0,09 \div 0,20$	0,100	10	1/3
11	Sông suối vùng núi có các đặc tính như trên nhưng trở lực nhiều hơn	0,040	7,5	1/3

Bảng 4.4b
Hệ số nhám của lòng sông ngòi ở đồng bằng

Thứ tự	Đặc trưng lòng sông	n	$m = \frac{1}{n}$	y
1	Các đoạn sông thẳng có một lớp bùn mỏng ở đáy sông	0,020	50	1/6
2	Các đoạn sông cong, đáy lòng sông chặt mịn và có lớp bùn mỏng	0,022	45,5	1/6
3	Dòng sông ổn định, thẳng, địa chất tốt	0,025	40	1/6
4	Như trên, nhưng đáy sông là sỏi sạn	0,030	23	1/5
5	Dòng chảy vừa và tương đối lớn nhưng trạng thái lòng sông luôn tốt	0,035	30	1/5
6	Lòng sông có nước chảy thường xuyên tương đối trong, hướng nước chảy có chỗ cong queo hoặc nước chảy thẳng nhưng đáy sông có chỗ nông, chỗ sâu	0,040	25	1/5
7	Lòng sông của sông lớn và vừa, có nhiều đá, nước chảy không êm, cong queo, có chỗ cây cỏ mọc cục bộ	0,050	20	1/4
8	Lòng sông có dòng chảy chu kỳ, rất cong queo và hay ú tắc, các đoạn bãi sông có sỏi cuội của sông vùng đồng bằng	0,065	15	1/4
9	Lòng sông có nhiều cây cỏ, có nhiều vực sâu nước chảy rất chậm	0,080	12,5	1/3
10	Như trên, nhưng có nhiều chỗ nước quẩn	0,100	10	1/3
11	Sông kiểu ao hồ, có nhiều chỗ nước đứng	0,140	7,5	1/3

- Tương tự giả định các chiều sâu $h_2, h_3, h_4, \dots$ và xác định các $Q_2, Q_3, Q_4, \dots$ tương ứng.

- Vẽ đường cong quan hệ giữa Q và h .

- Trên đồ thị ứng với giá trị Q_{tk} sẽ xác định được h_δ (xem hình 4.5).

b) Phương pháp thử dần

- Căn cứ vào kết quả điều tra khảo sát tình hình thủy văn của khe suối, sơ bộ xác định chiều sâu h_δ ;

- Từ h_δ tính được $\omega, X, R, \dots$

- Tính lưu lượng Q_δ ứng với h_δ theo công thức

$$Q = \omega V = \omega C \sqrt{Ri}$$

- So sánh Q với Q_{tk} nếu sai số $\leq 5\%$ thì dùng h_δ đã giả định, nếu sai số $> 5\%$ thì giả định lại h_δ và tính lại từ đầu.

Để tránh nhầm lẫn có thể lập bảng tính toán

h_δ (m)	ω (m ²)	X (m)	$R = \frac{\omega}{X}$ (m)	$C = \frac{1}{n} R^y$ (m)	V (m/s)	Q (m ³ /s)

Khi dùng phương pháp thử dần, cùng với việc xác định h_δ ta cũng xác định được V_δ .

Nếu dùng phương pháp đồ thị, sau khi xác định h_δ sẽ xác định ω và $V = \frac{Q_{tk}}{\omega}$

3. Xác định chiều sâu phân giới (h_k)

Chiều sâu phân giới h_k là chiều sâu dòng chảy ứng với chế độ nước chảy phân giới (chiều sâu tương ứng với tiết diện dòng chảy có tỉ năng mặt cắt nhỏ nhất).

Dựa vào phương trình tỉ năng mặt cắt, người ta xác định được biểu thức $h_{k(tb)}$

$$h_{k(tb)} = \frac{\alpha V_k^2}{g} \quad (4.14)$$

Trong đó: $h_{k(tb)}$ là chiều sâu trung bình của tiết diện có chế độ nước chảy phân giới (ω_k). (Tức là $h_{k(tb)} \cdot B_k = \omega_k$).

Với B_k - chiều rộng mặt tự do (mặt thoáng) của tiết diện ω_k ;

α - hệ số hiệu chỉnh động năng, thường lấy bằng $1 + 1,1$;

V_k - lưu tốc ứng với chế độ nước chảy phân giới.

Trong tính toán thường lấy $V_k = V_{cp}$; với V_{cp} là lưu tốc cho phép không gây xói lở của địa chất đáy sông (nếu không gia cố) hoặc theo hình thức vật liệu gia cố lòng sông (xem các bảng 4.5a, và 4.5c).

Bảng 4.5a

Lưu tốc cho phép, V_{cp} (m/s) của các loại gia cố.

Thứ tự	Loại gia cố	Chiều sâu dòng nước (m)			
		0,4	1,0	2,0	3,0
1	Lát cỏ nằm trên nền chắc	0,9	1,2	1,3	1,4
	Lát cỏ chống thành tường	1,5	1,8	2,0	2,2
2	Đổ đá ba và đá hộc với kích thước đá không nhỏ hơn 7,5cm	Theo bảng 4.5 b và nhân thêm hệ số 0,9			
3	Đổ đá 2 lớp trong lưới đan với kích thước khác nhau	Theo bảng 4.5 b và nhân thêm hệ số 1			
4	Lát đá 1 lớp trên lớp guột hay rơm rạ (chiều dày lớp lót này ≥ 5 cm)				
	- Đường kính đá 15cm	2,0	2,5	3,0	3,5
	- " 20cm	2,5	3,0	3,5	4,0
	- " 25cm	3,0	3,5	4,0	4,5
5	Lát đá trên lớp đá dăm hay sỏi (chiều dày lớp đá dăm không nhỏ hơn 10cm)				
	- Bằng đá cỡ 15cm	2,5	3,0	3,5	4,0
	- " 20cm	3,0	3,5	4,0	4,5
	- " 25cm	3,5	4,0	4,5	5,0
6	Lát đá cẩn thận (các kẽ có chèn chặt đá con) trên lớp đá dăm hay sỏi (chiều dày lớp đá dăm không nhỏ hơn 10cm)				
	- Bằng đá cỡ 20cm	3,5	4,5	5,0	5,5
	- " 25cm	4,0	4,5	5,5	5,5
	- " 30cm	4,5	5,0	6,0	6,0
7	Lát đá 2 lớp trên lớp đá dăm hay sỏi, lớp dưới bằng đá cỡ 15cm, lớp trên đá cỡ 20cm (chiều dày lớp đá dăm lót không nhỏ hơn 10cm)	3,5	4,5	5,0	5,5

8	Gia cố bằng bó thân cây hay cành cây trên nền đã đầm chặt (loại gia cố tạm thời) - Lớp gia cố dày 20 ÷ 25cm - Các chiều dày khác	-	2,0	2,5	-
		Như trên nhân thêm hệ số điều chỉnh 0,2√d với d : chiều dày lớp gia cố			
9	Gia cố nền bằng thân cây: - Lớp gia cố dày 50cm - Các chiều dày khác	2,5	3,0	3,5	-
		Như trên nhân thêm hệ số điều chỉnh 0,2√d			
10	Lát bằng rọ đá 0,5 × 0,5 × 1m	4,0	5,0	5,5	6,0
11	Lát khan bằng đá vôi cường độ $\geq 100 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	3,0	3,5	4,0	4,5
12	Lát khan bằng đá cường độ $\geq 300 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$	6,5	8,0	10,0	12,0
13	Gia cố bằng lớp áo bê tông: - Mác 200 - " 150 - " 100	6,5 6,0 5,0	8,0 7,0 6,0	9,0 8,0 7,0	10,0 9,0 7,5
14	Máng bê tông có trát nhẵn mặt: - Bê tông mác 200 - " 150 - " 100	13 12 10	16 14 12	19 16 13	20 18 15
15	Máng gỗ nhẵn, chắc chắn, dòng nước chảy theo thớ gỗ	8	10	12	14

Chú thích :

Các trị số trong bảng 4. 5a không được nội suy, chỉ cho phép lấy theo trị số lân cận.

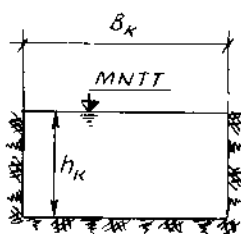
Chú ý:

+ Với mặt cắt hình chữ nhật (hình 4.6) thì:

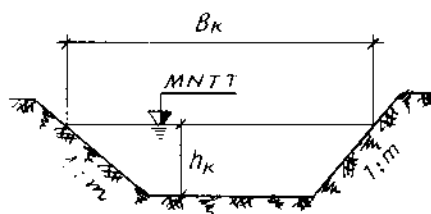
$$h_{k(tb)} = h_k.$$

+ Với mặt cắt hình thang hoặc tam giác thì tìm h_k theo $h_{k(tb)}$ đã biết theo quan hệ: $\omega_k = \omega_{k(tb)}$.

Ví dụ: Với mặt cắt hình thang (hình 4.7).



Hình 4.6
Mặt cắt hình chữ nhật



Hình 4.7
Mặt cắt hình thang

Theo hình vẽ ta có:

$$\left. \begin{array}{l} \omega_k = (B_k - mh_k)h_k \\ \text{Mặt khác } \omega_{k(tb)} = B_k \cdot h_{k(tb)} \end{array} \right\} \rightarrow (B_k - mh_k)h_k = B_k \cdot h_{k(tb)} \quad (*)$$

Giải phương trình (*) ta có:

$$h_k = \frac{B_k - \sqrt{B_k^2 - 4mB_k h_{k(tb)}}}{2m} \quad (4.15)$$

Trong đó : 1/m là độ dốc mái taluy;

$$B_k = \frac{g \omega_k^3}{\alpha Q^2} \text{ với } \omega_k = \frac{Q}{V_k} = \frac{Q}{V_{cp}}$$

Bảng 4.5b
Trị số V_{cp} trung bình (m/s) khi gia cố taluy và lòng suối

Loại gia cố	Cỡ đá (cm)	Chiều sâu dòng nước (m)		
		0,4	1,0	≥ 2
Lát đá ba:				
- Cỡ nhỏ	7,5 ÷ 10	2,3	2,6	3,0
- Cỡ vừa	10 ÷ 15	2,6	3,0	3,5
- Cỡ lớn	15 ÷ 20	3,2	3,5	4,0
Lát đá hộc:				
- Cỡ nhỏ				
- Cỡ vừa	20 ÷ 30	3,7	4,0	4,5
- Cỡ lớn	30 ÷ 40	-	4,5	4,8
	≥ 40	-	-	5,2

Bảng 4.5c

Trị số V_{cp} (m/s) của lồng sụt cấu tạo là đất dính

Loại đất	Thành phần hạt địa chất của sỏi (%)		Địa chất là đất ít chất. Dung trọng hạt < 12 T/m ³	Địa chất là chất nền chất trung bình. Dung trọng hạt 120 ÷ 166 T/m ³	Đất nén chặt. Dung trọng hạt 166 ÷ 204 T/m ³	Đất rắn chắc. Dung trọng hạt 204 ÷ 214 T/m ³
	< 0,005mm	0,005 ÷ 0,5mm				
Đất sét và Đất á sét nặng	30 ÷ 50 20 ÷ 30	70 ÷ 50 80 ÷ 70	0,4 0,35	1,0 0,45 0,50	0,4 0,70 0,85 1,10	0,4 0,95 1,00 1,20 1,50 1,90 2,10
Đất á sét thô Đất bột khi lún đã ổn định	10 ÷ 20	90 ÷ 80	0,35 0,40 0,45 0,50	0,65 0,80 0,90 1,00	0,95 1,20 1,40 1,50	1,1 1,3 1,3 1,3 1,7
Á cát	5 ÷ 10	20 ÷ 40				

Bảng 4.5d
Trị số V_{cp} (m/s) của lồng sưởi cấu tạo là đất không dính

Loại đất	Kích thước hạt đại diện (mm)	Chiều sâu trung bình dòng chảy (m)				
		0,4	1,0	2,0	3,0	5,0
- Bùn có thêm cát nhỏ và đất mùn	0,005 ÷ 0,05	0,15 ÷ 0,20	0,20 ÷ 0,30	0,25 ÷ 0,40	0,30 ÷ 0,45	0,40 ÷ 0,55
- Cát nhỏ + cát trung (cát trung hàm lượng ít)	0,05 ÷ 0,25	0,20 ÷ 0,35	0,30 ÷ 0,45	0,40 ÷ 0,55	0,45 ÷ 0,65	0,55 ÷ 0,70
- Cát trung chứa một ít cát lớn	0,25 ÷ 1,0	0,35 ÷ 0,50	0,45 ÷ 0,60	0,55 ÷ 0,70	0,65 ÷ 0,75	0,70 ÷ 0,85
- Cát lớn lẫn cát sỏi	1,00 ÷ 2,50	0,50 ÷ 0,65	0,60 ÷ 0,75	0,70 ÷ 0,80	0,75 ÷ 0,90	0,85 ÷ 1,00
- Cát nhỏ lẫn một ít sỏi lớn	2,50 ÷ 5,0	0,65 ÷ 0,80	0,75 ÷ 0,85	0,80 ÷ 1,0	0,90 ÷ 1,1	1,00 ÷ 1,20
- Sỏi lớn lẫn cát và sỏi nhỏ	5,0 ÷ 10,0	0,80 ÷ 0,90	0,85 ÷ 1,05	1,0 ÷ 1,15	1,10 ÷ 1,30	1,20 ÷ 1,45
- Cuội nhỏ lẫn cát sỏi	10,0 ÷ 15,0	0,90 ÷ 1,1	1,05 ÷ 1,2	1,15 ÷ 1,35	1,3 ÷ 1,5	1,45 ÷ 1,65
- Cuội lớn lẫn cát sỏi	15,0 ÷ 25,0	1,1 ÷ 1,25	1,20 ÷ 1,45	1,35 ÷ 1,65	1,50 ÷ 1,85	1,65 ÷ 2,00
- cuội lớn lẫn sỏi	25,0 ÷ 40,0	1,25 ÷ 1,50	1,45 ÷ 1,85	1,65 ÷ 2,10	1,85 ÷ 2,30	2,0 ÷ 2,45
- Đá trứng ngỗng nhỏ lẫn cuội sỏi	40,0 ÷ 75,0	1,50 ÷ 2,0	1,85 ÷ 2,40	2,10 ÷ 2,75	2,30 ÷ 3,1	2,45 ÷ 3,30
- Đá trứng ngỗng loại vừa lẫn đá cuội	75,0 ÷ 100,0	2,00 ÷ 2,5	2,40 ÷ 3,2	2,75 ÷ 3,2	3,1 ÷ 3,5	3,3 ÷ 3,8
- Đá trứng ngỗng loại vừa lẫn đá trứng ngỗng lớn, hoặc đá trứng ngỗng loại lớn có lẫn đá loại nhỏ	100 ÷ 150	2,45 ÷ 3,0	2,8 ÷ 3,35	3,20 ÷ 3,75	3,5 ÷ 4,1	3,80 ÷ 4,40
- Đá trứng ngỗng lớn lẫn đá đầu sứ, cuội	150 ÷ 200	3,0 ÷ 3,50	3,35 ÷ 3,8	2,75 ÷ 4,3	4,10 ÷ 4,65	4,40 ÷ 5,0
- Đá đầu sứ loại vừa có lẫn đá cuội	200 ÷ 300	3,50 ÷ 3,85	3,80 ÷ 4,35	4,30 ÷ 4,70	4,65 ÷ 4,9	5,0 ÷ 5,5
- Đá đầu sứ lẫn đá trứng ngỗng	300 ÷ 400	3,50 ÷ 3,65	4,35 ÷ 4,75	4,7 ÷ 4,95	4,9 ÷ 5,3	5,50 ÷ 5,6
- Đá đầu sứ lớn	400 ÷ 500	-	-	4,95 ÷ 5,35	5,3 ÷ 5,50	5,60 ÷ 6,0

4. Tính khẩu độ cầu nhỏ

1. Trường hợp 1: $h_\delta \leq 1,3h_k$ (nước chảy theo chế độ tràn không ngập) ; chiều sâu dòng chảy dưới cầu là h_k (hình 4.8).

Khẩu độ cầu (L_c) tính như sau:

$$L_c = B_k = \frac{Q_{tk} \cdot g}{\varepsilon \cdot \alpha \cdot V_{cp}^3} + Nd \quad (4.16)$$

Trong đó:

g - gia tốc trọng trường

ε - hệ số thu hẹp do mố trụ;

$\varepsilon = 0,90$ khi mố cầu có 1/4 nón;

$\varepsilon = 0,80$ khi mố cầu không có 1/4 nón;

N - số trụ giữa;

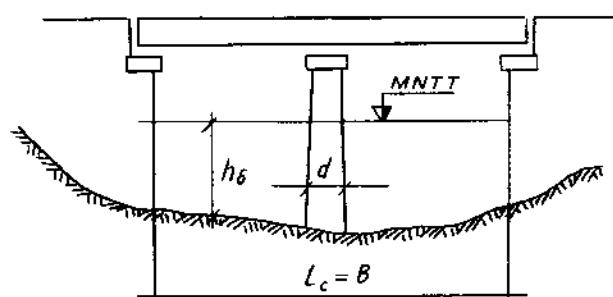
d - bề dày chân nước của mỗi trụ giữa;

Ghi chú: Công thức (4.16) thích hợp cho mọi loại tiết diện.

2. Trường hợp 2: $h_\delta > 1,3h_k$ nước chảy dưới cầu theo chế độ tràn ngập (chảy không tự do). Chiều sâu dòng chảy dưới cầu là h_δ

(+) Với tiết diện hình chữ nhật (hình 4.9):

$$L_c = \frac{\omega}{h_\delta} + Nd \text{ hay } : L_c = \frac{Q_{tk}}{\varepsilon V_{cp} h_\delta} + Nd \quad (4.17)$$

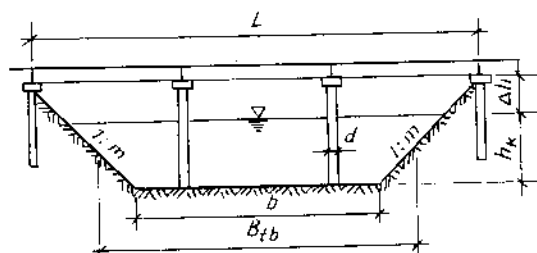


Hình 4.9

Trường hợp dòng chảy tiết diện chữ nhật

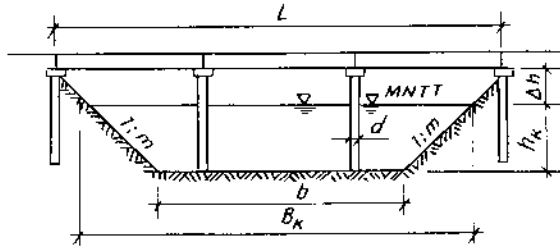
(+) Với tiết diện dòng chảy hình thang (hình 4.10):

$$L_c = \frac{Q_{tk}}{\varepsilon V_{cp} h_\delta} + m h_\delta + Nd \quad (4.18)$$



Hình 4.8

Mặt cắt hình thang khi nước chảy tự do (tràn không ngập)



Hình 4.10

Trường hợp tiết diện dòng chảy hình thang

(+) Với tiết diện tam giác:

$$L_c = \frac{2Q_{tk}}{\varepsilon V_{cp} h} + Nd \quad (4.19)$$

(+) *Chú ý:* L_c tính theo các công thức trên áp dụng cho trường hợp hướng dòng chảy thẳng góc với tim cầu. Khi hướng dòng chảy tạo với tim cầu một góc α thì khẩu độ tương ứng $L_c(\alpha)$ sẽ là:

$$L_c(\alpha) = \frac{L_c}{\sin \alpha} \quad (4.20)$$

5. Xác định chiều sâu nước dâng trước cầu (H)

(+) **Trường hợp 1:** (chế độ nước chảy tự do)

Chiều sâu nước dâng trước cầu:

$$H = h_k + \frac{\alpha V_k^2}{2g\varphi^2} - \frac{V_H^2}{2g} \quad (4.21)$$

Hay

$$H = h_k + \frac{h_{k(ib)}}{2\varphi^2} - \frac{V_H^2}{2g} \quad (4.22)$$

(+) **Trường hợp 2:** (Chế độ nước chảy không tự do)

Chiều sâu nước dâng trước cầu:

$$H = h_d + \frac{\alpha V_p^2}{2g\varphi^2} - \frac{V_H^2}{2g} \quad (4.23)$$

Trong các công thức trên:

V_H - Vận tốc dòng chảy trước cầu
ứng với chiều sâu nước dâng H;

φ - Hệ số lưu tốc (xem bảng 4.6).

Các ký hiệu khác như đã nêu ở các mục trước.

Khi $V_{11} \leq 1\text{m/s}$ có thể bỏ qua số hạng cuối cùng trong các công thức (4.21), (4.22), (4.23).

Bảng 4.6
Hệ số lưu tốc φ

Loại mố cầu	φ
Mố vùi vó phần tư nón	0,90
Mố có tường cánh chắn đất	0,90
Mố chia ra ngoài phần tư nón	0,85

Khi $V_{11} > 1\text{m/s}$, do V_{11} thay đổi theo H nên việc tính H phải thực hiện theo phương pháp thử dần.

6. Xác định cao độ tối thiểu của nền đường và mặt cầu

(+) Cao độ tối thiểu của nền đường đầu cầu $H_{n(\min)}$ (hình 4.11a)

$$H_{n(\min)} = H_m + 0,5 \quad (4.24)$$

Trong đó:

H_m - Cao độ mực nước dâng bằng cao độ thấp nhất của đáy sông cộng với H ;

0,5m - Chiều cao tối thiểu của mép nền đường so với mặt nước để bảo đảm an toàn chống nước thấm, nước mao dẫn.

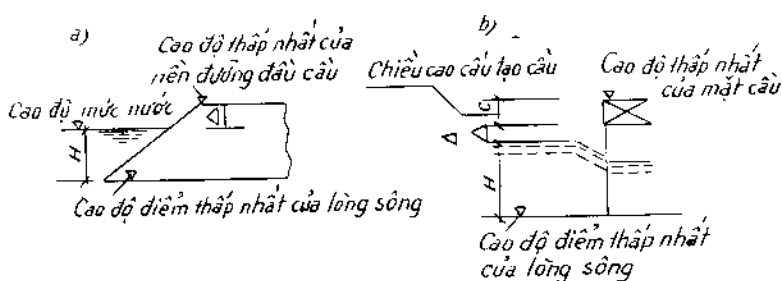
(+) Cao độ tối thiểu của mặt cầu $H_c(\min)$. (hình 4.11b)

$$H_c(\min) = H_m + C + \Delta \quad (4.25)$$

Trong đó:

Δ - Tính không dưới cầu, tùy thuộc đặc điểm và yêu cầu thông thuyền, thông thủy của từng sông. Đối với sông có cây trôi $\Delta \geq 1,5\text{m}$; với sông không có cây trôi $\Delta \geq 0,5\text{m}$;

C - Chiều cao cấu tạo của dầm và mặt cầu (là khoảng cách từ đáy dầm cầu đến mặt cầu).



Hình 4.11

7. Trình tự tính toán thủy lực cầu nhỏ

1. Xác định lưu lượng tính toán (tùy trường hợp cụ thể, có thể xét đến hiện tượng tích nước trước công trình);

2. Xác định chiều sâu mực nước tự nhiên (h_δ) và vận tốc tương ứng (V_δ) (xem §4.2);

3. Chọn vật liệu, hình thức gia cố, loại mố trụ, xác định V_{cp} ;

4. Tính h_k (xem 4.2).

5. So sánh h_δ và h_k để chọn sơ đồ tính (xác định chế độ chảy).

6. Căn cứ vào chế độ chảy của nước dưới cầu, tính khẩu độ cầu (xem §4.2);

7. Tính chiều sâu mực nước dâng trước công trình và định cao độ mép nền đường, mặt cầu và chiều dài cầu.

8. Ví dụ tính toán

Theo tài liệu khảo sát và điều tra thủy văn đã thu thập được các số liệu sau :

- Lưu lượng tính toán của dòng chảy: $Q_{tk} = 25,2 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Độ dốc lòng lạch ở vị trí làm công trình : $i = 2,7\%$.
- Trắc ngang lòng lạch hình tam giác có độ dốc taluy cả hai bên là 1/5
- Hệ số nhám lòng lạch $\frac{1}{n} = 20$. Yêu cầu tính toán thủy lực cầu.

Giải:

1. **Xác định h_δ .** Giả thiết chiều sâu tự nhiên $h_\delta = 1,43\text{m}$. Với tiết diện tam giác có độ dốc taluy $\frac{1}{m} = \frac{1}{5}$ ta có:

$$\omega = \left(\frac{1}{2} m h_\delta^2 \right) \cdot 2 = 5,1,43^2 = 10,25 \text{ m}^2$$

$$C = \frac{1}{n} R^y \text{ với } R = \frac{\omega}{\chi}$$

$$X = h_\delta \cdot 2\sqrt{1+m^2} = 1,43 \cdot 2\sqrt{1+5^2} = 11,65(\text{m})$$

$$R = \frac{\omega}{\chi} = \frac{10,25}{11,65} = 0,88\text{m}.$$

$$Y = 1,5\sqrt{n} = 1,5\sqrt{\frac{1}{20}} = 0,335$$

Lưu tốc tự nhiên: $V_\delta = C\sqrt{Ri}$

$$V_\delta = \frac{1}{n} R^y \sqrt{Ri} = \frac{1}{20} \cdot 0,88^{0,335} \sqrt{0,88 \cdot 0,027}$$

$$V_\delta = \frac{1}{20} \cdot 0,88^{0,335} \sqrt{0,027} = \frac{1}{20} \cdot 0,88^{0,335} 0,164 = 2,48 \text{ m/s}$$

$$Q_\delta = \omega V_\delta = 10,25 \cdot 2,48 = 25,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

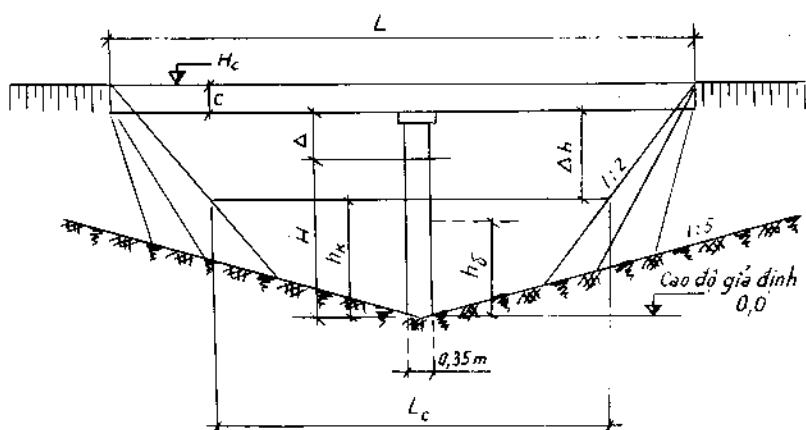
So sánh Q_δ và Q_{tk} :

$$\frac{Q_\delta - Q_{tk}}{Q_{tk}} = \frac{25,4 - 25,2}{25,2} \cdot 100 = 2\% < 5\%$$

Vậy chiều sâu giả định là chấp nhận được và ta có $h_\delta = 1,43\text{m}$.

2. **Gia cố lòng lạch** dưới cầu bằng một lớp đá. Dùng loại mố cầu có $\frac{1}{4}$ nón

với độ dốc taluy là $\frac{1}{m} = \frac{1}{1}$ (taluy chóp nón mố cầu được gia cố bằng 2 lớp đá), hình (4.12).



Hình 4.12

Sơ đồ mặt cắt tính toán.

3. Tính h_k

$$h_{k(tb)} = \frac{\alpha V_k^2}{g} = \frac{\alpha V_{cp}^2}{g} = \frac{1,3,5}{9,8} = 1,25m.$$

Với tiết diện hình thang, theo công thức (4.15) có:

$$h_k = \frac{B_k - \sqrt{B_k^2 - 4mB_k h_{k(tb)}}}{2m}$$

khí $m = 1$; $B_k = \frac{g\omega_k^3}{\alpha Q^2} = \frac{gQ}{\alpha V_{cp}^3} = \frac{9,8 \cdot 25,2}{1,3,5^3} = 5,76m.$

$$h_k = \frac{5,76 - \sqrt{5,76^2 - 4 \cdot 5,76 \cdot 1,25}}{2} = \frac{5,76 - \sqrt{4,38}}{2} = \frac{5,76 - 2,09}{2} = 1,84(m)$$

4. Tính khẩu độ cầu

$$h_k = 1,84m > h_s = 1,43m$$

Vậy nước chảy dưới cầu theo chế độ tràn không ngập (chảy tự do).

Khẩu độ cầu: $L_c = \frac{B_k}{\varepsilon}$ (Chưa xét đến trụ giữa).

Dùng mố có $\frac{1}{4}$ nốn ; $\varepsilon = 0,90$, vậy:

$$L'_c = \frac{5,76}{0,90} = 6,4(m)$$

Bố trí cầu thành 2 nhịp, bề dày chân nước của trụ cầu $d = 0,35m$, từ đó khẩu độ cầu:

$$L_c = 6,4 + 0,35m = 6,75m$$

5. Tính chiều sâu mực nước dâng H

$$H = h_k + \frac{\alpha V_k^2}{2g\varphi^2} - \frac{V_H^2}{2g}$$

$\varphi = 0,9$; giả định $V_H = 1\text{m/s}$, ta có:

$$\begin{aligned} H &= 1,84 + \frac{3,5^2}{2 \times 9,8 \times 0,9^2} - \frac{1^2}{2 \times 9,8} = \\ &= 1,84 + 0,77 - 0,05 = 2,6 - 0,05 = 2,56 \text{ (m)} \\ \omega &= mH^2 = 5 \times 2,56^2 = 32,77\text{m}^2. \end{aligned}$$

$$V'_H = \frac{Q_{TK}}{\omega} = \frac{25,2}{32,77} = 0,77(\text{m/s})$$

Lại giả định $V''_H = 0,75$, ta có: $\frac{0,75^2}{2 \times 9,8} = 0,028 \approx 0,03$

$$\begin{aligned} H &= 2,61 - 0,03 = 2,58\text{m} \\ \omega &= 5 \times 2,58^2 = 33,28\text{m}^2 \end{aligned}$$

$$V'''_H = \frac{25,2}{33,28} = 0,757\text{m/s}.$$

Ta thấy $V'''_H \approx V''_H = 0,75$ như đã giả định là đúng và $H = 2,58\text{m}$.

6. Tính chiều dài cầu L và cao độ mặt cầu H_c

(+) Tính H_c .

Chọn chiều cao cầu tạo của hệ mặt cầu $c = 0,68\text{m}$.

Dòng chảy không có cây trôi, lấy $\Delta = 0,5\text{m}$.

$$\text{Vậy } H_c = H + \Delta + C = 2,58 + 0,5 + 0,68 = 3,76\text{m}$$

$$\text{Lấy } H_c = 3,8\text{m}.$$

(+) Tính chiều dài cầu L.

Chiều rộng đáy tiết diện hình thang là b. Khi đáy lớn là L_c , chiều cao là h_k ;

taluy $\frac{1}{m} = \frac{1}{1}$ thì:

$$\begin{aligned} b &= L_c - 2mh_k \\ &= 6,75 - 2 \times 1 \times 1,85 = 3,05\text{m}. \end{aligned}$$

Chiều dài toàn bộ cầu (L):

$$L = b + 2.m.H_c = 3,05 + 2.1.3,8 = 10,65.$$

Lấy chiều dài mỗi nhịp là 5,5m thì $L = 11\text{m}$.

Trường hợp kết cấu định hình của nhịp cầu là 6m thì có thể áp dụng định hình và dùng chiều dài mỗi nhịp là 6m.

4.3. TÍNH TOÁN KHẨU ĐỘ CỐNG

1. Các trạng thái nước chảy trong cống

Tùy thuộc chiều sâu ngập nước trước cống, chiều cao tiết diện cống, loại tiết diện, kiểu miệng cống; cống có thể làm việc theo các chế độ sau đây:

a. Chế độ chảy không áp (hình 4.13a)

+ Điều kiện để có chế độ chảy không áp:

$H \leq 1,2 h_{cv}$ đối với cống có miệng làm theo dạng thường hoặc $H < 1,4 h_{cv}$ đối với cống có miệng làm theo dạng dòng chảy.

Trong đó:

H - Chiều sâu mực nước dâng trước cống

h_{cv} - Chiều cao cống ở cửa vào.

(+) Đặc điểm: Tại các cống nước chảy như ở đập tràn đỉnh rộng, trên suốt chiều dài trong cống, nước chảy có mặt tự do.

Sau khi dòng chảy qua cửa cống thì bị thu hẹp, chiều sâu mực nước co hẹp (h_c) có thể lấy bằng $0,9h_k$.

Chiều sâu mực nước hạ lưu cống h_d phụ thuộc vào độ dốc, chiều dài cống - Nếu độ dốc cống $i_o \leq i_k$ thì $h_d = (0,7 \div 0,8)h_k$.

Khi nước ngập cửa vào cống thì khả năng thoát nước của cống là lớn nhất.

b. Chế độ nước chảy bán áp (hình 4.13b)

(+) Điều kiện: Chế độ chảy bán áp chỉ xảy ra ở cống loại miệng thường khi $H > 1,2h_{cv}$.

(+) Đặc điểm: Tại cửa cống nước ngập toàn bộ nhưng tiếp theo thì nước chảy có mặt thoáng tự do.

Thượng lưu cống hình thành xoáy nước hình phễu lúc mất lúc hiện; nước chảy trong cống không ổn định, lúc đầy, lúc vơi.

Dòng chảy sau khi qua cửa vào bị thu hẹp, và mặt cắt co hẹp có $h_c = 0,6h_{cv}$. Trạng thái nước chảy sau mặt cắt co hẹp giống như cống không áp.

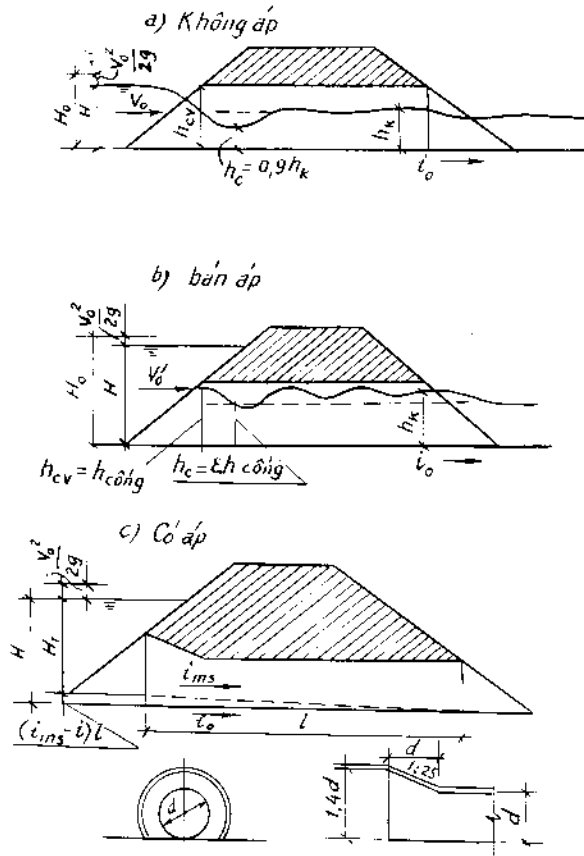
Khi $i_o \leq i_k$ thì h cửa ra = h_k .

Khi $i_o > i_k$ thì h cửa ra = h_d .

c. Chế độ chảy có áp (hình 4.13c)

(+) Điều kiện: Trạng thái chảy có áp ổn định chỉ xảy ra đối với cống miệng làm theo dạng dòng chảy khi

$$H > 1,4 h_{cv} \text{ và } i_o \leq i_{m,8}$$



Hình 4.13

Các sơ đồ tính toán của nước chảy trong cống.

a) không áp ; b) bán áp ; c) có áp

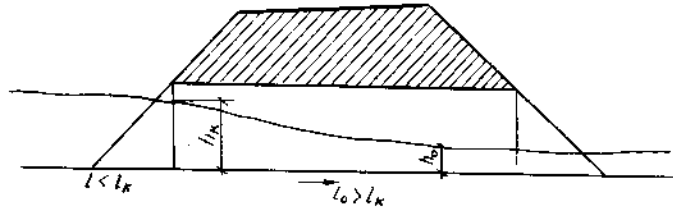
Với i_{ms} = độ dốc ma sát,
$$i_{ms} = \frac{Q^2}{\omega^2 \cdot C^2 R} \quad (4.25b)$$

(+) *Đặc điểm*: Trên phần lớn chiều dài của cống, nước ngập toàn tiết diện, chỉ có ở cửa ra có thể có mặt thoáng tự do.

d. Chế độ chảy xiết (hình 4.14)

(+) *Điều kiện* : Nếu do địa hình không chế, độ dốc $i_0 > i_k$; khi đó cống làm việc như dốc nước và việc tính toán thủy lực cống thực chất là tính theo sơ đồ dốc nước.

(+) *Đặc điểm*: Nước chảy trong cống là chảy xiết theo chế độ không áp. Chiều sâu dòng chảy trong cống $h_0 < h_k$. Ở thượng lưu cống thường có nước nhảy.



Hình 4.14
Cống làm việc như dốc nước.

2. Trình tự tính toán khẩu độ cống

Tùy điều kiện thực tế cụ thể mà việc tính thủy lực cống có thể có nội dung khác nhau. Ví dụ : có thể cho trước các yếu tố đặc trưng về cấu tạo của cống, rồi kiểm tra khả năng thoát nước của cống (trường hợp kiểm định cống trong quá trình khai thác khi địa hình khu vực có thay đổi).

Trường hợp chung, việc tính toán được thực hiện theo trình tự sau.

1. Xác định lưu lượng tính toán Q_{lk} ;
2. Căn cứ điều kiện vật liệu, khả năng xây dựng, chọn hình thức cấu tạo cống ;
3. Căn cứ vào lưu lượng tính toán và các đặc trưng cấu tạo định một số phương án khẩu độ, chế độ làm việc của cống (từ công thức lưu lượng suy ra khẩu độ hoặc tra các bảng tính sẵn);
4. Xác định chiều sâu nước dâng H , vận tốc cửa ra của cống, kiểm tra chế độ chảy trong cống;
5. Định cao độ (hoặc kiểm tra cao độ) mép nền đường;
6. Tính xói và xác định hình thức gia cố hạ lưu công trình, và so sánh kinh tế - kỹ thuật để chọn phương pháp thích hợp nhất.

3. Tính khẩu độ cống không áp

Khi cống chảy không áp, độ đầy cho phép lớn nhất tại cửa vào của cống S_0 không được nhỏ hơn $0,8 \div 0,9$ và mực nước trước cống phải cao hơn đỉnh cống ít nhất là $0,10 \div 0,25$ (với cống vuông cao hơn 2m lấy 0,25m ; với cống vòm cao từ 1m ÷ 2m lấy 0,15m, cao hơn 2,0m lấy 0,25m), hệ số giáng của mực nước dâng ở cửa vào $\beta = 0,87$, tức:

$$S_0 = \frac{H}{h_{\text{cống}}} < 0,8 \div 0,9 \quad (4.26)$$

$$h_{cv} = 0,87H \quad (4.27)$$

Trong đó:

H - chiều sâu nước trước cống (chiều cao nước dâng ở cửa cống), (m);

$h_{\text{cống}}$ - chiều cao cống, (m);

h_{cv} - chiều cao nước ở cửa vào, (m).

Chiều cao tính không của cống có thể tham khảo bảng 4.7

Bảng 4.7

Chiều cao cửa vào của cống(m)	Kiểu cống		
	Cống tròn	Cống vòm	Cống chữ nhật
	Chiều cao tính không		
≤ 3	$\geq \frac{1}{2} h$	$\geq \frac{1}{4} h$	$\geq \frac{1}{6} h$
> 3	$\geq 0,75 \text{ (m)}$	$\geq 0,75 \text{ (m)}$	$\geq 0,5 \text{ (m)}$

a) Công thức cơ bản để tính toán cống không áp

$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_c)} \quad (4.28)$$

$$V_c = \frac{Q}{\omega_c} \quad (4.29)$$

$$H_0 = h_c + \frac{V_c^2}{2g\varphi^2} \quad (4.30)$$

$$H = H_0 - \frac{V_0^2}{2g} \quad (4.31)$$

Trong đó:

h_c - chiều sâu nước ở mặt cắt thu hẹp ở cửa vào của cống (m).

$h_c = 0,9h_k$;

ω_c , V_c - diện tích thoát nước (m^2) và lưu tốc (m/s) tương ứng với h_c ;

H_0 - tổng cột nước trước cống, (m). Khi $\frac{V_0^2}{g}$ rất nhỏ thì $H_0 \approx H$;

V_0 - lưu tốc ở trước cửa cống, (m/s);

φ - hệ số lưu tốc, với cống vuông, cống bán $\varphi = 0,95$. Với cống vòm, cống tròn $\varphi = 0,85$.

Hoặc dùng các công thức:

$$Q = \varepsilon \varphi \omega_c \sqrt{2g(H_0 - h_k)} \quad (4.32)$$

$$V_k = \frac{Q}{\varepsilon \omega_k} \quad (4.33)$$

$$H_o = h_k + \frac{\omega_k}{2B_k \varphi^2} = h_k + \frac{V_k^2}{2g\varphi^2} \quad (4.34)$$

Trong đó: e - hệ số thu hẹp; thường lấy bằng 1, tức là hệ số phân bố không đều của lưu tốc $\alpha = \frac{1}{\varepsilon^2} = 1$ (Nếu $\alpha \neq 1$ thì tính theo công thức $\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$).

Các ký hiệu khác như trên.

b) Các công thức đơn giản để tính toán cống bản và cống vuông

Dựa vào các công thức (4.28) đến (4.31), dùng $\varphi = 0,95$, $h_c = 0,9h_k$, $V_k = 0,9V_c$ thay vào và lấy $H_o = H$ thì được các công thức đơn giản sau:

$$Q = 1,575BH^{3/2} \quad (4.35)$$

$$H = 0,131V^2 \quad (4.36)$$

$$h_c = 0,568H \quad (4.37)$$

Trong đó: B - chiều rộng cống, (m);

Các ký hiệu khác như trên.

Độ dốc của cống vẫn tính theo công thức $i = \frac{V^2}{C^2R}$ nhưng lấy $C = \frac{1}{n}R^{1/6}$, $n = 0,016$

(đáy cống lát đá xây vữa).

Các bước tính toán: Thường từ Q đã biết, tìm ra các số liệu khác, hoặc từ H đã biết ($H = \frac{h_{cv}}{0,87}$) tìm Q và các số liệu khác.

Trong sử dụng thực tế có thể dựa vào các bảng tính toán thủy lực lập sẵn để tra ra mà không cần tính toán (xem các bảng 4.8, 4.9, 4.10).

c) Các công thức đơn giản để tính toán cống vòm

Từ các công thức (4.28) đến (4.31), dùng $\varphi = 0,85$, $\alpha = 1$ và lấy $H = H_o$, $h_k = \left(\frac{2\varphi^2}{2\varphi^2 + 1}\right)H$ thì tìm được các công thức tính toán đơn giản sau:

$$Q = 1,422BH^{3/2} \quad (4.38)$$

$$H = 0,173V_k^2 \quad (4.39)$$

$$h_k = 0,59H \quad (4.40)$$

trong đó các ký hiệu như đã nêu ở trên.

Ở đây lấy $h_c = 0,9h_k$, $V_k = 0,9V_c$, $h_o = 0,87H$, độ dốc vẫn tính toán như trên.

Với cống vòm đá lấy $n = 0,02$, với cống vòm gạch lấy $n = 0,017$.

Nếu lấy $\alpha = 1,1$ thì $\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{1,1}} = 0,96$ nên phải nhân vế phải của công thức (4.38) với 0,96, nhân vế phải của công thức (4.39) với 1,1.

Các bước tính toán như với cống vuông.

Các bảng tính toán thủy lực của cống bản cho trong bảng 4.8, 4.9 và của cống vuông cho trong bảng 4.10.

Các bảng tính toán thủy lực của cống vòm xem bảng 4.11, 4.12.

Khi độ dốc dọc của cống vuông và cống vòm lớn hơn i_k , có thể dùng phương pháp thử dần để tính chiều sâu h_{ra} và lưu tốc V_{ra} ở cửa ra. Sử dụng các công thức chảy đều sau đây để tính toán :

$$Q = \omega C \sqrt{R_i} = K_o \sqrt{I}, \quad (m^3/s);$$

$$V = C \sqrt{R_i} = W_o \sqrt{I}, \quad (m/s);$$

Với $K_o = \omega_c \sqrt{R}$ - đặc tính lưu lượng;

$W_o = C \sqrt{R}$ - đặc tính lưu tốc;

Người ta đã lập bảng tính sẵn K_o và W_o của cống vuông và cống vòm (xem bảng 4.13).

d) Các công thức đơn giản để tính cống tròn

$$\frac{Q}{d^{5/2}} = \sqrt{\frac{g \omega_k^3}{B_k d^5}} = \sqrt{\frac{g \left[\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta) d^2 \right]^3}{d^5 d \sin \frac{\theta}{2}}} = \sqrt{\frac{g(\theta - \sin \theta)^2}{5 + 2 \sin \frac{\theta}{2}}} \quad (4.41)$$

dùng để quyết định trị số θ khi phân giới - Khi đã biết θ phân giới, thì:

$$h_k = d \sin^2 \frac{\theta}{4} \text{ và } h_c = 0,9 h_k \quad (4.42)$$

$$V_k = \frac{Q}{\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta) d^2} \quad (4.43)$$

Và V_c có thể dựa vào giá trị θ của h_c để tìm ra

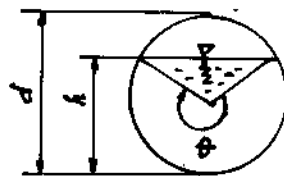
$$H = h_c + \frac{V_c^2}{2g\varphi^2} \quad (\varphi \text{ lấy bằng } 0,85) = h_c + \frac{\left[\frac{Q}{\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta) d^2} \right]^2}{2g\varphi^2} \quad (4.44)$$

Khi tính độ dốc vẫn dùng công thức chảy đều

$$i = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R}, \quad i = \frac{V^2}{C^2 R} \text{ để tìm ra, } C = \frac{1}{n} R^y \text{ với } y = \frac{1}{6}$$

$n = 0,13$ (thường dùng với các bản thiết kế định hình).

Gọi $K_o = \omega C \sqrt{R}$ (đặc tính lưu lượng), $W_o = C \sqrt{R}$ (đặc tính lưu tốc) thì được K_o và W_o ứng với một mực nước h_o bất kỳ trong ống là:



Hình 4.15
Mặt cắt ngang của cống tròn

$$K_o = \frac{1}{8}(\theta - \sin \theta) d^2 \frac{C}{2} \sqrt{\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) d} = \frac{1}{8} C \frac{(\theta - \sin \theta)^{3/2} d^{1/2}}{\theta^{1/2}} \quad (4.45)$$

Bảng 4.8

Bảng tính toán thủy lực và khả năng thoát nước của cống bản
(có cửa vào nâng cao)

Khẩu độ L_0 (m)	Chiều cao h_1 (m)	Chiều cao cửa vào h_2 (m)	Khả năng thoát nước Q m ³ /s	Chiều sâu nước (m)			Lưu tốc (m/s)		Độ dốc dọc cống i	
				Chiều sâu phân giới h_k	Chiều sâu thu hẹp h_c	Chiều sâu nước trước cống h	Lưu tốc phân giới V_k	Lưu tốc ở mặt cắt thu hẹp V_c	Độ dốc phân giới i_k	Độ dốc lớn khi lưu tốc cho phép ở cửa ra là 4,5m/s
0,50	0,5	0,65	0,40	0,40	0,36	0,63	1,98	2,20	0,0122	0,1087
	0,80	1,05	0,92	0,70	0,63	1,09	2,62	2,92	0,0169	0,0622
0,75	0,80	1,05	1,37	0,70	0,63	1,09	2,62	2,92	0,0115	0,0450
	1,00	1,35	2,00	0,90	0,81	1,44	2,97	3,30	0,0133	0,0372
	1,20	1,60	2,70	1,10	0,99	1,72	3,28	3,65	0,0151	0,0323
1,00	1,00	1,35	2,67	0,90	0,81	1,44	2,97	3,30	0,0103	0,0299
	1,20	1,60	3,61	1,10	0,99	1,72	3,28	3,65	0,0116	0,0352
	1,50	2,00	5,12	1,39	1,25	2,18	3,68	4,09	0,0128	0,0214
1,25	1,20	1,60	4,52	1,10	0,99	1,72	3,28	3,65	0,0095	0,0208
	1,50	2,00	6,40	1,39	1,25	2,18	3,68	4,09	0,0108	0,0176
	1,80	2,40	8,60	1,69	1,52	2,64	4,07	4,53	0,0131	0,0154
1,50	1,50	2,00	7,65	1,39	1,25	2,18	3,68	4,09	0,0092	0,0150
	1,80	2,40	10,30	1,69	1,52	2,64	4,07	4,53	0,0102	0,0131
	2,00	2,70	12,30	1,90	1,71	2,97	4,31	4,80	0,0109	0,021

Chú thích của bảng 4.8 và 4.9 :

1. Bảng 4.8 và 4.9 là năng lực thoát nước của cống đơn. Năng lực thoát nước của cống kép bằng 2 lần năng lực thoát nước của cống đơn.

2. Các hệ số dùng khi tính toán thủy lực như sau :

Hệ số lưu tốc $\varphi = 0,95$. Hệ số nhám $n = 0,016$

Chỉ số $y = \frac{1}{6}$, $\beta = 0,87$

Hệ số phân bố lưu tốc không đều $\alpha = 1$

Bảng 4.9
Bảng tính toán thủy lực và khả năng thoát nước của cống bản
(Có cửa vào không nâng cao)

Khẩu độ L_0 (m)	Chiều cao h_1 (m)	Chiều cao cửa vào h_2 (m)	Khả năng thoát nước Q (m^3/s)	Chiều sâu nước (m)			Lưu tốc (m/s)		Độ dốc dọc cống i	
				Chiều sâu phân giới h_k	Chiều sâu thu hẹp h_c	Chiều sâu nước trước cống H	Lưu tốc phân giới V_k	Lưu tốc ở mặt cắt thu hẹp V_c	Độ dốc phân giới i_k	Độ dốc lớn nhất khi lưu tốc cho phép ở cửa ra là 4,5m/s
0,50	0,50	0,50	0,25	0,29	0,26	0,46	1,70	1,89	0,0107	0,1587
	0,80	0,80	0,58	0,52	0,46	0,81	2,25	2,50	0,0139	0,0815
	1,00	1,00	0,84	0,66	0,59	1,03	2,54	2,80	0,0160	0,0660
0,75	0,50	0,50	0,37	0,29	0,26	0,46	1,70	1,85	0,0080	0,1350
	0,80	0,80	0,87	0,52	0,46	0,81	2,25	2,50	0,0100	0,0630
	1,20	1,20	1,71	0,81	0,73	1,27	2,82	3,13	0,0126	0,0396
1,00	0,50	0,50	0,49	0,29	0,26	0,46	1,70	1,89	0,0068	0,1250
	1,00	1,00	1,68	0,66	0,59	1,03	2,54	2,82	0,0085	0,0415
	1,20	1,20	2,28	0,81	0,73	1,27	2,82	3,13	0,0097	0,0311
	1,50	1,50	3,28	1,03	0,93	1,61	3,18	3,53	0,0111	0,0276
1,25	1,00	1,00	2,11	0,66	0,59	1,03	2,54	2,85	0,00666	0,0360
	1,20	1,20	2,85	0,81	0,73	1,27	2,82	3,13	0,0082	0,0207
	1,50	1,50	4,10	1,03	0,93	1,61	3,18	3,53	0,0091	0,0223
	1,80	1,80	5,46	1,25	1,13	1,95	3,50	3,89	0,0102	0,0189
	2,00	2,00	6,47	1,40	1,26	2,18	3,70	4,10	0,0110	0,0180
1,50	1,00	1,00	2,51	0,66	0,59	1,03	2,54	2,82	0,0065	0,0330
	1,50	1,50	4,93	1,03	0,93	1,61	3,18	3,53	0,0079	0,0196
	1,80	1,80	6,49	1,25	1,13	1,95	3,50	3,80	0,0086	0,0166
	2,00	2,00	7,75	1,40	1,26	2,18	3,70	4,11	0,0092	0,0149

Bảng 4.10
Bảng tính toán thủy lực và năng lực thoát nước của cống vuông

Hình thức	Khẩu độ L_c (m)	Chiều cao h_1 (m)	Chiều cao của vào h_2 (m)	Khả năng thoát nước Q m^3/s	Chiều sâu nước (m)						Lưu tốc m/s		Độ dốc dọc cống		
					Chiều sâu nước trước cống H	Chiều sâu ở cửa vào h_{cv}	Chiều sâu ở mặt cắt co hẹp h_c	Chiều sâu ở phần giới h_k	Chiều sâu ở cửa ra khí $V=4,5m/s$ h_{ra}	Lưu tốc phần giới V_k	Lưu tốc ở mặt cắt thu hẹp V_c	i_c (tương đương với V_c)	Độ dốc phần giới i_k	i_{max} khi lưu tốc $V_{max} =$ 4,5m/s	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Kiểu của vào không năng cao	150	150		2,00 5,30	0,90 1,72	0,78 1,50	0,51 0,97	0,56 1,08	0,30 0,78	2,36 3,25	2,62 3,61	0,0087 0,0105	0,0064 0,0080	0,0412 0,0187	
	200	180		2,00 5,00 8,50	0,74 1,36 1,95	0,65 1,19 1,70	0,42 0,77 1,11	0,47 0,86 1,23	0,22 0,56 0,95	2,14 2,90 3,47	2,38 3,23 3,86	0,0071 0,0081 0,0090	0,0054 0,0060 0,0068	0,0506 0,0204 0,0135	
	250	200		5,00 11,20	1,18 2,02	1,02 1,75	0,67 1,14	0,74 1,27	0,44 1,00	2,70 3,52	2,99 3,92	0,0069 0,0078	0,0052 0,0059	0,0228 0,0114	
	300	220		5,00 10,00 15,70	1,04 1,65 2,24	0,91 1,44 1,95	0,59 0,94 1,27	0,66 1,04 1,41	0,37 0,74 1,16	2,54 3,20 3,71	2,82 3,57 4,13	0,0064 0,0068 0,0072	0,0047 0,0050 0,0054	0,0263 0,0132 0,0091	
	400	240		5,00 10,00 15,00 20,00 24,00	0,86 1,36 1,79 2,16 2,48	0,75 1,19 1,56 1,88 2,15	0,49 0,77 1,02 1,22 1,40	0,54 0,86 1,13 1,36 1,56	0,28 0,56 0,83 1,11 0,35	2,30 2,91 3,33 3,66 3,90	2,56 3,23 3,68 4,10 4,33	0,0058 0,0058 0,0058 0,0062 0,0062	0,0042 0,0043 0,0014 0,0045 0,0047	0,00342 0,0158 0,0106 0,0081 0,0069	

Tiếp bảng 4.10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Kiểu của vào năng cao	150	160	200	2,00	0,87	0,75	0,51	0,57	0,30	0,35	2,62	0,0086	0,0061	0,0106
				5,00	1,60	1,39	0,94	1,05	0,74	3,18	3,54	0,0103	0,0078	0,0194
				7,00	2,01	1,75	1,19	1,32	1,06	3,60	4,01	0,0116	0,0089	0,0155
	2,50	2,00	2,70	5,00	1,31	0,18	0,67	0,74	0,14	2,70	3,00	0,0070	0,0052	0,2290
				10,00	1,79	1,56	1,06	1,18	0,89	3,40	3,79	0,0079	0,0058	0,0126
				15,00	2,36	2,05	1,39	1,54	1,33	3,88	4,31	0,0083	0,0063	0,0094
				19,70	2,82	2,45	1,67	1,85	1,75	4,27	4,71	-	0,0069	0,0079
	3,00	2,20	2,90	10,00	1,59	1,38	0,94	1,04	0,74	3,20	3,55	0,0067	0,0050	0,0131
				15,00	2,08	1,81	1,23	1,37	1,11	3,66	4,06	0,0071	0,0054	0,0095
				20,00	2,52	2,19	1,49	1,65	1,18	4,03	4,18	0,0076	0,0058	0,0077
				26,50	3,05	2,65	1,80	2,00	1,97	4,13	4,92	-	0,0062	0,0065
	4,00	2,40	3,00	10,00	1,31	1,14	0,77	0,86	0,56	2,90	3,23	0,0058	0,0042	0,0158
				15,00	1,72	1,50	1,02	1,13	0,83	3,32	3,69	0,0059	0,0044	0,0105
				20,00	2,08	1,81	1,23	1,37	1,11	3,66	4,01	0,0061	0,0046	0,0081
				25,00	2,41	2,10	1,42	1,58	1,39	3,95	4,40	0,0064	0,0048	0,0068
				30,00	2,73	2,38	1,61	1,79	1,67	4,19	4,65	0,0060	0,0049	0,0059
				37,30	3,16	2,75	1,86	2,07	-	4,50	5,00	-	0,0051	0,0051

1. Bảng 4.10 là năng lực thoát nước của cống đơn. Với cống kép phải nhân 2.

2. Các hệ số dùng khi tính toán thủy lực như sau: $\varphi = 0,95$; $n = 0,016$; $y = \frac{1}{6}$; $\beta = 0,87$; $\alpha = 1$

3. Tính không từ đường mực nước trong cống đến đỉnh cống.

Khi chiều cao cửa vào $h < 2m$ là 0,1m. Khi chiều cao $h \geq 2m$ là 0,25m.

Bảng 4.11

Bảng tính toán thủy lực và năng lực thoát nước của cống vòm gạch, đá $\left(\frac{f_0}{L_0} = \frac{1}{2} \right)$

Hình thức	Khẩu độ (m)	Chiều cao tường vòm h_1 (m)	Chiều tạo hình của cống h_2 (m)	Khả năng thoát nước Q (m^3/s)	Chiều sâu nước (m)					Lưu tốc (m/s)		Độ dốc dọc cống vòm gạch				Độ dốc dọc cống vòm đá		
					Chiều sâu trước cống H	Chiều sâu của vào h_c	Chiều sâu ở mặt cắt thu hẹp h_c	Chiều sâu phân giới h_k	Chiều sâu ở cửa ra h_a	Lưu tốc phân giới V_k	Lưu tốc ở mặt cắt thu hẹp V_c	i_c	i_k	i_{max}	i_c	i_k	i_{max}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Cửa cống không năng cao	0,5	0,50	0,75	0,44	0,75	0,65	0,40	0,41	0,20	2,00	2,20	0,020	0,014	0,125	-	-	-	
	0,75	0,50	0,88	0,87	0,90	0,78	0,18	0,53	0,26	2,18	2,42	0,014	0,010	0,072	-	-	-	
		0,75	1,13	1,22	1,13	0,98	0,60	0,67	0,36	2,44	2,72	0,016	0,012	0,062	-	-	-	
	1,00	0,50	1,00	1,43	1,03	0,90	0,55	0,61	0,32	2,35	2,60	0,012	0,010	0,053	0,018	0,014	0,008	
		0,80	1,30	2,00	1,32	1,15	0,70	0,73	0,46	2,64	2,94	0,014	0,010	0,041	0,020	0,016	0,062	
	1,50	0,80	1,55	4,22	1,61	1,40	0,86	0,95	0,62	2,95	3,27	0,010	0,008	0,026	0,016	0,012	0,038	
	2,00	100	200	8,45	2,13	1,85	1,13	1,26	0,70	3,35	3,74	0,010	0,008	0,035	0,014	0,010	0,050	
		150	250	11,30	2,59	2,25	1,38	1,53	0,94	3,69	4,09	0,010	0,009	0,028	0,014	0,010	0,040	
	2,50	100	2,25	11,84	2,30	2,00	1,26	1,36	0,79	3,49	3,76	0,008	0,007	0,028	0,010	0,009	0,038	
		150	2,75	16,55	2,88	2,50	1,53	1,70	0,10	3,90	4,33	0,009	0,007	0,021	0,072	0,010	0,030	
	2,00	2,00	3,25	21,77	3,45	3,00	1,84	2,04	1,45	4,27	4,73	0,010	0,007	0,018	0,014	0,010	0,026	

Tiếp bảng 4.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	3,00	150	3,00	22,94	3,16	2,75	168	187	127	4,08	4,55	0,003	0,007	0,017	0,012	0,009	0,024
		200	3,50	29,11	3,74	3,25	199	2,21	162	4,42	4,87	0,008	0,007	0,015	0,012	0,009	0,020
		250	4,00	38,55	4,31	3,75	2,29	2,55	2,03	4,73	5,32	0,009	0,007	0,013	0,014	0,010	0,018
Cửa cổng không năng cao	4,00	150	3,50	39,25	3,74	3,25	199	2,21	164	4,44	4,93	0,007	0,006	0,012	0,010	0,007	0,016
		200	4,00	48,70	4,31	3,75	2,29	2,55	2,03	4,77	5,32	0,008	0,006	0,010	0,010	0,008	0,041
		250	4,50	58,80	4,80	4,25	2,60	2,89	2,45	5,09	5,85	0,008	0,006	0,009	0,010	0,008	0,012
	5,00	2,00	4,50	73,40	4,89	4,25	2,60	2,89	2,45	5,08	5,65	0,007	0,006	0,008	0,009	0,007	0,010
		2,50	4,50	86,20	5,46	4,75	2,90	3,22	2,87	5,35	5,94	0,007	0,006	0,007	0,009	0,007	0,010
		3,00	5,50	100,70	6,03	5,25	3,21	3,57	3,35	5,64	6,27	0,007	0,006	0,007	0,010	0,008	0,009
		4,00	6,50	218,3	6,90	6,00	3,66	4,07	3,00	5,99	6,06	0,008	0,006	0,006	0,010	0,008	0,008

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Cửa cống có năng cao	0,50	0,50	0,75	0,84	1,10	0,97	0,59	0,65	0,37	2,52	2,80	0,028	0,018	0,074	-	-	-
	0,75	0,50 0,75	0,88 1,13	1,43 2,24	1,34 1,64	1,10 1,43	0,70 0,88	0,72 0,98	0,75 0,66	2,70 3,07	0,70 3,40	0,014 0,020	0,014 0,016	0,050 0,040	-	-	-
	1,00	0,50 0,80	1,00 1,30	2,69 3,85	1,54 1,94	1,34 1,60	0,81 1,04	0,90 1,15	0,57 0,86	2,99 3,35	3,32 3,70	0,016 0,018	0,012 0,014	0,034 0,028	0,022 0,024	0,016 0,018	0,048 0,036
	1,50	0,80 1,20	1,55 1,95	7,80 11,38	3,27 3,05	2,06 2,65	1,26 1,62	1,10 1,80	1,16 1,69	3,71 4,22	4,13 4,69	0,014 0,016	0,010 0,012	0,024 0,020	0,018 0,022	0,014 0,016	0,034 0,028
	2,00	2,00 1,50	2,00 2,50	15,79 21,17	3,13 3,68	2,72 3,00	1,67 2,03	1,85 2,25	1,32 1,76	4,27 4,70	4,72 5,20	0,012 0,014	0,009 0,010	0,040 0,036	0,016 0,018	0,012 0,014	0,054 0,048
	2,50	1,00 1,50 2,00	2,25 2,75 2,35	22,19 30,97 40,60	3,40 3,23 5,06	2,96 3,68 4,41	1,80 2,25 2,70	2,00 2,50 3,00	1,48 2,07 2,71	4,44 4,95 5,41	4,93 5,50 6,01	0,010 0,012 0,014	0,008 0,009 0,010	0,040 0,036 0,032	0,014 0,016 0,018	0,012 0,012 0,014	0,052 0,048 0,044
	3,00	1,50 2,00 2,50	3,00 3,50 4,00	42,83 55,22 63,10	4,85 5,51 6,03	4,22 4,86 5,25	2,48 2,93 3,19	2,75 3,25 3,55	2,38 3,07 3,50	5,20 5,66 5,91	5,76 6,28 6,58	0,010 0,012 0,012	0,008 0,009 0,010	0,034 0,032 0,026	0,014 0,016 0,018	0,012 0,012 0,014	0,046 0,042 0,034
	4,00	1,50 2,00 2,50 3,00	3,50 4,00 4,50 5,00	73,50 84,10 87,60 87,60	5,50 6,03 6,19 6,19	5,78 5,25 5,38 5,38	2,93 3,19 3,29 3,29	3,25 3,55 3,65 3,65	3,06 3,50 3,65 3,65	5,65 5,91 6,00 6,00	6,28 6,58 6,67 6,67	0,009 0,010 0,010 0,010	0,007 0,007 0,007 0,007	0,032 0,030 0,030 0,030	0,012 0,012 0,012 0,012	0,009 0,010 0,010 0,010	0,042 0,042 0,042 0,042

Bảng 4.12

Bảng tính toán thủy lực và năng lực thoát nước của cống vòm $\left(\frac{f_o}{L_o} = \frac{1}{3}\right)$

Hình thức	Khẩu độ L_0 (m)	Chiều cao tường vòm h_1 (m)	Chiều cao tính của cống h_2 (m)	Khả năng thoát nước Q (m^3/s)	Chiều sâu nước (m)						Lưu tốc (m/s)		Độ dốc dọc cống vòm gạch			Độ dốc dọc cống vòm đá		
					Chiều sâu trước cống H	Chiều sâu ở cửa vào h_{cv}	h_c	h_k	h_{ta}	V_k	V_c	i (tương đương với V_c)	Độ dốc phân giới i_k	i_{max}	i (tương đương với V_c)	Độ dốc phân giới V_k	i_{max}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Kiểu của cống không năng cao	0,5	0,50	0,67	0,38	0,66	0,57	0,35	0,39	0,16	1,90	2,11	0,014	0,010	0,012	-	-	-	
	0,75	0,50 0,75	0,75 1,00	0,65 1,08	0,75 1,03	0,65 0,90	0,40 0,55	0,44 0,61	0,19 0,32	1,97 2,35	2,17 2,63	0,011 0,013	0,009 0,010	0,088 0,055	-	-	-	
	1,00	0,50 0,80	0,83 1,13	1,06 1,64	0,84 1,13	0,73 0,98	0,45 0,60	0,50 0,67	0,24 0,36	2,12 2,15	2,36 2,73	0,009 0,010	0,007 0,008	0,060 0,042	0,015 0,017	0,010 0,013	0,094 0,065	
	1,50	0,80 1,20	1,30 1,70	3,09 4,84	1,32 1,78	1,15 1,55	0,70 0,95	0,78 1,05	0,46 0,72	2,64 3,06	2,94 3,38	0,009 0,009	0,007 0,007	0,027 0,020	0,014 0,015	0,010 0,010	0,042 0,030	
	2,00	1,00 1,50	1,67 2,17	6,29 8,96	1,75 2,21	1,52 1,92	0,93 1,18	1,03 1,31	0,70 1,00	3,05 3,42	3,38 3,80	0,008 0,008	0,006 0,006	0,017 0,013	0,012 0,013	0,009 0,010	0,027 0,021	
	2,50	1,00 1,50 2,00	1,83 2,33 2,83	9,32 12,53 17,43	1,93 2,39 2,97	1,68 2,08 2,58	1,03 1,27 1,58	1,14 1,41 1,76	0,83 1,11 1,55	3,28 3,53 3,96	3,63 3,94 4,41	0,007 0,007 0,008	0,006 0,006 0,006	0,013 0,010 0,009	0,011 0,012 0,013	0,009 0,009 0,010	0,021 0,016 0,013	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kiểu cửa cổng không nâng cao	3,00	150	250	17,01	259	2,25	138	153	0,95	3,71	4,41	0,007	0,005	0,020	0,011	0,008	0,030
		200	300	22,91	316	2,95	168	187	1,27	4,08	4,55	0,007	0,006	0,015	0,011	0,009	0,024
		250	350	29,43	374	3,25	199	2,21	1,64	4,44	4,93	0,008	0,006	0,012	0,012	0,009	0,020
	4,00	150	283	28,66	297	2,58	158	176	1,20	4,09	4,53	0,006	0,005	0,014	0,010	0,007	0,024
		200	333	26,46	354	3,08	188	2,09	1,52	4,36	4,85	0,006	0,005	0,011	0,010	0,007	0,018
		250	383	45,25	411	3,58	219	2,43	1,89	4,66	5,17	0,006	0,005	0,010	0,010	0,008	0,015
		300	433	55,07	469	4,08	249	2,77	2,30	4,97	5,53	0,007	0,005	0,008	0,010	0,008	0,013
	5,00	200	367	54,13	393	3,42	209	2,32	1,80	4,69	5,18	0,006	0,005	0,009	0,009	0,007	0,014
		250	417	66,07	451	3,92	240	2,67	2,20	4,95	5,51	0,006	0,005	0,008	0,009	0,007	0,012
		340	467	77,59	508	4,42	270	3,00	2,59	5,17	5,75	0,006	0,005	0,007	0,009	0,007	0,011
		400	567	15,41	623	5,42	331	3,68	3,51	5,73	6,37	-	0,005	0,006	-	0,008	0,009
	0,50	0,50	0,67	0,67	0,96	0,84	0,51	0,57	0,30	2,35	2,63	0,020	0,016	0,086	-	-	-
Kiểu cửa cổng có nâng cao	0,75	0,50	0,75	1,23	110	0,96	0,58	0,65	0,37	2,52	2,82	0,016	0,012	0,056	-	-	-
		0,75	1,00	2,00	152	1,32	0,81	0,90	0,59	2,96	3,30	0,020	0,014	0,044	-	-	-
	1,00	0,50	0,83	1,96	124	1,08	0,66	0,73	0,44	2,68	2,97	0,014	0,010	0,044	0,020	0,016	0,060
		0,80	1,13	3,04	166	1,44	0,88	0,98	0,68	3,10	3,45	0,016	0,012	0,032	0,022	0,018	0,048
	1,50	0,80	1,30	5,76	193	1,68	1,04	1,15	0,85	3,35	3,69	0,012	0,010	0,020	0,018	0,014	0,030
		1,20	1,70	9,01	2261	2,27	1,40	1,55	1,33	3,88	4,30	0,014	0,012	0,016	0,018	0,014	0,022

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Kiểu của cống có năng cao	2,00	100	167	1180	258	224	137	152	0,96	3,88	4,30	0,012	0,008	0,026	0,016	0,012	0,038
		150	217	1665	325	282	173	192	1,39	4,33	4,81	0,012	0,010	0,022	0,018	0,014	0,030
	2,50	100	183	1552	267	232	142	158	1,04	3,94	4,37	0,008	0,008	0,020	0,014	0,010	0,032
		150	233	2358	353	306	187	208	1,57	4,52	5,02	0,010	0,008	0,016	0,016	0,012	0,024
		200	283	3236	425	378	232	258	2,16	5,01	5,57	0,012	0,010	0,016	0,016	0,020	0,020
	3,00	150	250	3210	385	334	202	225	1,78	4,76	5,32	0,011	0,008	0,014	0,014	0,010	0,018
		200	300	4300	461	406	218	275	2,38	5,21	5,78	0,010	0,008	0,012	0,015	0,012	0,016
		250	350	5500	549	478	293	325	3,05	5,64	6,25	0,012	0,009	0,010	0,016	0,012	0,014
	4,00	150	283	5210	440	384	232	258	2,18	5,04	5,62	0,009	0,006	0,010	0,012	0,009	0,014
		200	333	6840	524	456	278	308	2,85	5,54	6,15	0,009	0,007	0,008	0,014	0,010	0,012
		250	383	8160	590	514	313	348	3,49	5,86	6,53	0,010	0,007	0,008	0,016	0,010	0,010
	5,00	300	433	9060	631	519	336	373	3,79	6,06	6,74	0,010	0,008	0,007	0,016	0,012	0,010
		200	367	9450	561	486	298	332	3,32	5,70	6,34	0,008	0,007	0,007	0,014	0,010	0,009
		250	417	1280	630	546	334	372	3,76	6,05	6,75	0,008	0,007	0,006	0,014	0,010	0,008
		300	467	1980	655	570	348	387	3,98	6,78	6,85	0,009	0,006	0,006	0,010	0,010	0,008
	5,00	400	566	1980	655	570	348	387	3,98	6,78	6,85	0,009	0,006	0,006	0,014	0,010	0,008

Chú thích của các bảng 4.11 và 4.12:

1. Lưu tốc cho phép lớn nhất ở cửa ra của cống: Khi $L_0 = 0,5 + 1,5m$ là $V_{\max} = 4,5m/s$

Khi $L_0 = 2 + 5,0m$ là $V_{\max} = 6m/s$

2. Các hệ số dùng để tính thủy lực: $\varphi = 0,85$; $n = 0,17$ (cống vòm gạch);

$\eta = 0,020$ (cống vòm đá)

Bảng 4.13
Đặc tính lưu lượng và đặc tính lưu tốc của cống vuông không áp

B = 10m				B = 15m				B = 20m				B = 25m				B = 30m				B = 40m			
h_0	nk_0	nw_0		h_0	nk_0	nw_0		h_0	nk_0	nw_0		h_0	nk_0	nw_0		h_0	nk_0	nw_0		h_0	nk_0	nw_0	
0	0	0		0,10	0,030	0,193		0,10	0,040	0,201		0,10	0,051	0,204		0,20	0,188	0,313		0,20	0,256	0,320	
0,10	0,019	0,019		0,02	0,087	0,291		0,20	0,121	0,302		0,20	0,154	0,308		0,40	0,555	0,463		0,40	0,770	0,481	
0,15	0,035	0,234		0,25	0,123	0,328		0,30	0,225	0,375		0,30	0,290	0,387		0,60	1,021	0,567		0,60	1,430	0,596	
0,20	0,055	0,272		0,30	0,161	0,368		0,40	0,346	0,432		0,40	0,450	0,450		0,80	1,553	0,648		0,80	2,205	0,690	
0,25	0,076	0,302		0,35	0,202	0,384		0,50	0,481	0,481		0,50	0,620	0,502		1,00	2,126	0,709		1,00	3,050	0,763	
0,30	0,098	0,327		0,40	0,244	0,407		0,60	0,624	0,520		0,60	0,828	0,546		1,10	2,431	0,737		1,20	3,952	0,823	
0,35	0,122	0,348		0,45	0,289	0,428		0,70	0,775	0,553		0,70	1,024	0,585		1,20	2,742	0,753		1,40	4,895	0,875	
0,40	0,146	0,365		0,50	0,335	0,448		0,80	0,932	0,582		0,80	1,236	0,618		1,30	3,068	0,787		1,60	5,900	0,922	
0,45	0,172	0,383		0,55	0,384	0,465		0,90	1,091	0,606		0,90	1,458	0,648		1,40	3,378	0,804		1,80	6,930	0,962	
0,50	0,198	0,396		0,60	0,431	0,480		1,00	1,259	0,629		1,00	1,685	0,675		1,50	3,712	0,825		2,00	7,980	0,998	
0,55	0,224	0,407		0,65	0,481	0,493		1,10	1,429	0,649		1,10	1,921	0,699		1,60	4,030	0,840		2,20	9,055	1,030	
0,60	0,251	0,419		0,70	0,532	0,506		1,20	1,598	0,666		1,20	2,152	0,718		1,70	4,405	0,864		2,40	10,150	1,058	
0,65	0,279	0,430		0,75	0,584	0,519		1,25	1,687	0,675		1,30	2,405	0,740		1,80	4,703	0,872		2,60	11,230	1,081	
0,70	0,306	0,438		0,80	0,635	0,530		1,30	1,780	0,685		1,40	2,649	0,757		1,90	5,050	0,886		2,70	11,800	1,094	
0,75	0,335	0,447		0,85	0,690	0,541		1,35	1,865	0,691		1,50	2,900	0,744		2,00	5,395	0,899		2,80	12,360	1,103	
0,80	0,363	0,455		0,90	0,743	0,550		1,40	1,954	0,698		1,60	3,161	0,790		2,10	5,750	0,913		2,90	12,940	1,155	
0,85	0,392	0,461		0,95	0,799	0,560		1,45	2,038	0,703		1,70	3,405	0,802		2,20	6,100	0,925		3,00	13,510	1,126	
0,90	0,421	0,468		1,00	0,851	0,567		1,50	2,128	0,710		1,80	3,665	0,815		2,30	6,460	0,937		3,10	14,070	1,144	
0,95	0,450	0,474		1,05	0,906	0,575		1,55	2,220	0,716		1,90	3,926	0,827		2,40	6,811	0,946		3,20	14,680	1,152	
1,00	0,481	0,481		1,10	0,961	0,582		1,60	2,312	0,722		2,00	4,192	0,838		2,50	7,168	0,950		3,30	15,210	1,170	
				1,15	1,016	0,589		1,65	2,400	0,727		2,10	4,450	0,847		2,60	7,525	0,966		3,40	15,770	1,180	
				1,20	1,072	0,596		1,70	2,489	0,732		2,20	4,725	0,859		2,70	7,876	0,973		3,50	16,390	1,190	
				1,25	1,130	0,603		1,75	2,580	0,738		2,30	4,974	0,866		2,80	8,230	0,980		3,60	16,990	1,200	
				1,30	1,185	0,608		1,80	2,678	0,744		2,40	5,250	0,875		2,90	8,600	0,988		3,70	17,600	1,210	
				1,35	1,212	0,614		1,85	2,772	0,749		2,50	5,270	0,844		3,00	9,000	1,000		3,80	18,170	1,220	
				1,40	1,301	0,620		1,90	2,860	0,754										3,90	18,700	1,230	
				1,45	1,360	0,625		1,95	2,960	0,759										4,00	19,250	1,240	
				1,50	1,415	0,630		2,00	3,050	0,763													

Chú thích: 1. $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

2. Các trị số trong bảng có thể nội suy.

Bảng 4.13
Đặc tính lưu lượng và đặc tính lưu tốc của cống vuông không áp

B = 10m				B = 15m				B = 20m				B = 25m				B = 30m				B = 40m			
h_0	nk_0	nw_0	h_0	nk_0	nw_0	h_0	nk_0	nw_0	h_0	nk_0	nw_0	h_0	nk_0	nw_0	h_0	nk_0	nw_0	h_0	nk_0	nw_0	h_0	nk_0	nw_0
0	0	0	0,10	0,030	0,193	0,10	0,040	0,201	0,10	0,051	0,204	0,20	0,188	0,313	0,20	0,256	0,320	0,20	0,313	0,20	0,256	0,320	
0,10	0,019	0,019	0,02	0,087	0,291	0,20	0,121	0,302	0,20	0,154	0,308	0,40	0,555	0,463	0,40	0,770	0,481	0,40	0,555	0,463	0,770	0,481	
0,15	0,035	0,234	0,25	0,123	0,328	0,30	0,225	0,375	0,30	0,290	0,387	0,60	1,021	0,567	0,60	1,430	0,596	0,60	1,021	0,567	1,430	0,596	
0,20	0,055	0,272	0,30	0,161	0,368	0,40	0,346	0,432	0,40	0,450	0,450	0,80	1,553	0,648	0,80	2,205	0,690	0,80	1,553	0,648	2,205	0,690	
0,25	0,076	0,302	0,35	0,202	0,384	0,50	0,481	0,481	0,50	0,620	0,502	1,00	2,126	0,709	1,00	3,050	0,763	1,00	2,126	0,709	3,050	0,763	
0,30	0,098	0,327	0,40	0,244	0,407	0,60	0,624	0,520	0,60	0,828	0,546	1,10	2,431	0,737	1,20	3,952	0,823	1,20	2,431	0,737	3,952	0,823	
0,35	0,122	0,348	0,45	0,289	0,428	0,70	0,775	0,553	0,70	1,024	0,585	1,20	2,742	0,763	1,40	4,895	0,875	1,40	2,742	0,763	4,895	0,875	
0,40	0,146	0,365	0,50	0,335	0,448	0,80	0,932	0,582	0,80	1,236	0,618	1,30	3,068	0,787	1,60	5,900	0,922	1,60	3,068	0,787	5,900	0,922	
0,45	0,172	0,383	0,55	0,384	0,465	0,90	1,091	0,606	0,90	1,458	0,648	1,40	3,378	0,804	1,80	6,930	0,962	1,80	3,378	0,804	6,930	0,962	
0,50	0,198	0,396	0,60	0,431	0,480	1,00	1,259	0,629	1,00	1,685	0,675	1,50	3,712	0,825	2,00	7,980	0,998	2,00	3,712	0,825	7,980	0,998	
0,55	0,224	0,407	0,65	0,481	0,493	1,10	1,429	0,649	1,10	1,921	0,699	1,60	4,030	0,840	2,20	9,055	1,030	2,20	4,030	0,840	9,055	1,030	
0,60	0,251	0,419	0,70	0,532	0,506	1,20	1,598	0,666	1,20	2,152	0,718	1,70	4,405	0,864	2,40	10,150	1,058	2,40	4,405	0,864	10,150	1,058	
0,65	0,279	0,430	0,75	0,584	0,519	1,25	1,687	0,675	1,30	2,405	0,740	1,80	4,703	0,872	2,60	11,230	1,081	2,60	4,703	0,872	11,230	1,081	
0,70	0,306	0,438	0,80	0,635	0,530	1,30	1,780	0,685	1,40	2,649	0,757	1,90	5,050	0,886	2,70	11,800	1,094	2,70	5,050	0,886	11,800	1,094	
0,75	0,335	0,447	0,85	0,690	0,541	1,35	1,865	0,691	1,50	2,900	0,774	2,00	5,395	0,899	2,80	12,360	1,103	2,80	5,395	0,899	12,360	1,103	
0,80	0,363	0,455	0,90	0,743	0,550	1,40	1,954	0,698	1,60	3,161	0,790	2,10	5,750	0,913	2,90	12,940	1,115	2,90	5,750	0,913	12,940	1,115	
0,85	0,392	0,461	0,95	0,799	0,560	1,45	2,038	0,703	1,70	3,405	0,802	2,20	6,100	0,925	3,00	13,510	1,126	3,00	6,100	0,925	13,510	1,126	
0,90	0,421	0,468	1,00	0,851	0,567	1,50	2,128	0,710	1,80	3,665	0,815	2,30	6,460	0,937	3,10	14,070	1,144	3,10	6,460	0,937	14,070	1,144	
0,95	0,450	0,474	1,05	0,906	0,575	1,55	2,220	0,716	1,90	3,926	0,827	2,40	6,811	0,946	3,20	14,680	1,144	3,20	6,811	0,946	14,680	1,144	
100	0,481	0,481	1,10	0,961	0,582	1,60	2,312	0,722	2,00	4,192	0,838	2,50	7,168	0,950	3,30	15,210	1,152	3,30	7,168	0,950	15,210	1,152	
			1,15	1,016	0,589	1,65	2,400	0,727	2,10	4,450	0,847	2,60	7,525	0,966	3,40	15,770	1,164	3,40	7,525	0,966	15,770	1,164	
			1,20	1,072	0,596	1,70	2,489	0,732	2,20	4,725	0,859	2,70	7,876	0,973	3,50	16,390	1,170	3,50	7,876	0,973	16,390	1,170	
			1,25	1,130	0,603	1,75	2,580	0,738	2,30	4,974	0,866	2,80	8,230	0,980	3,60	16,990	1,180	3,60	8,230	0,980	16,990	1,180	
			1,30	1,185	0,608	1,80	2,678	0,744	2,40	5,250	0,875	2,90	8,600	0,988	3,70	17,600	1,190	3,70	8,600	0,988	17,600	1,190	
			1,35	1,212	0,614	1,85	2,772	0,749	2,50	5,270	0,884	3,00	9,000	1,000	3,80	18,170	1,195	3,80	9,000	1,000	18,170	1,195	
			1,40	1,301	0,620	1,90	2,860	0,754							3,90	18,700	1,200				18,700	1,200	
			1,45	1,360	0,625	1,95	2,960	0,759							4,00	19,250					19,250		
			1,50	1,415	0,630	2,00	3,050	0,763															

Chú thích: $1. C = \frac{1}{n} R^{1/6}$

2. Các trị số trong bảng có thể nội suy.

$$W_o = \frac{C}{2} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right)^{\frac{1}{2}} \frac{1}{d^2} \quad (4.46)$$

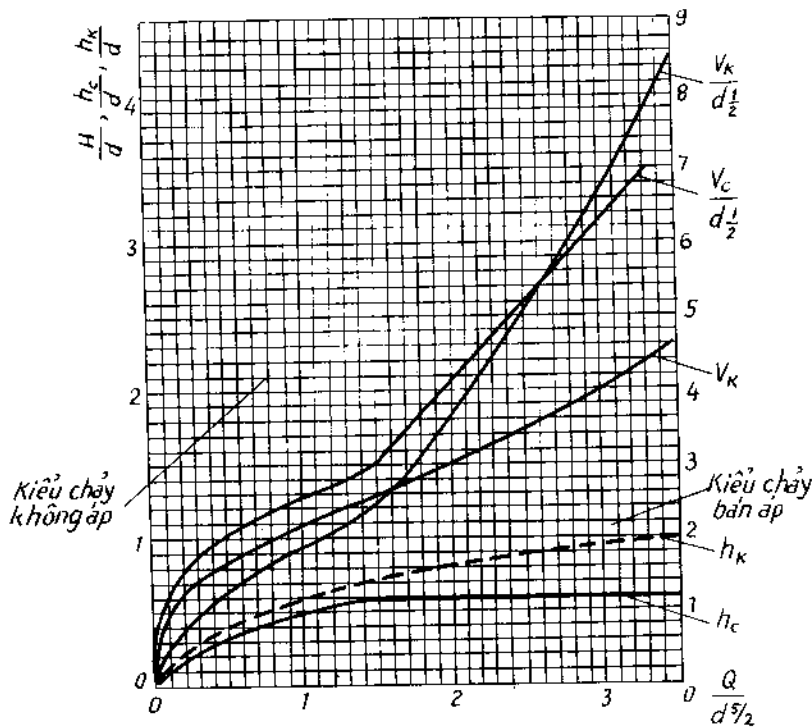
Giá trị của θ dựa theo đẳng thức $\frac{h_o}{d} = \sin^2 \frac{\theta}{4}$ để tìm ra.

Sau khi mang K_o và W_o tìm được thay vào công thức chảy đều thì có thể tìm được trị số i tương ứng. Để đơn giản việc tính toán trước hết người ta lập bảng tỉ số giá trị của $\frac{K_o}{K_d}$, $\frac{W_o}{W_d}$ là hàm số của $\frac{h_o}{d}$ (với K_d , W_d là đặc tính lưu lượng và đặc tính lưu tốc khi nước chảy đầy cống), tức là chỉ cần tính toán K_d và W_d thì có thể tìm được i :

$$i_c = \left[\frac{Q}{K_d \left(\frac{k_c}{k_d} \right)} \right]^2 \quad \text{hoặc} \quad i_c = \left[\frac{V_c}{W_d \left(\frac{W_c}{W_d} \right)} \right]^2 \quad (4.47)$$

Và

$$i_k = \left[\frac{Q}{K_d \left(\frac{k_k}{k_d} \right)} \right]^2 \quad \text{hoặc} \quad i_k = \left[\frac{V_k}{W_d \left(\frac{W_k}{W_d} \right)} \right]^2 \quad (4.48)$$



Hình 4.16

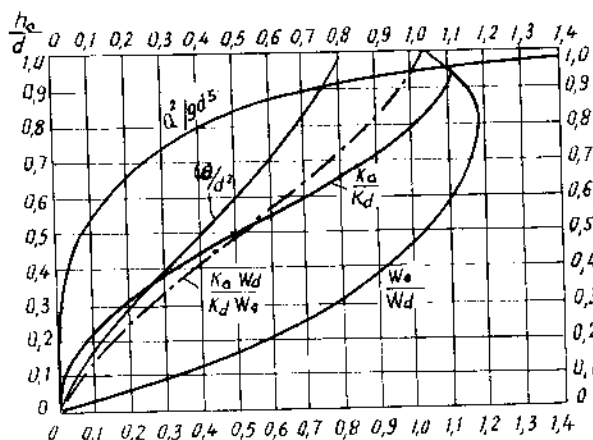
Toán đồ tính toán cống tròn không áp và bán áp

Trong đó

$$W_d = \frac{1}{0,013} R_d^{1/6} \sqrt{R_d} = 30,5 d^{2/3} \quad (4.49)$$

$$K_d = \frac{\pi d^2}{4} \times 30,5 d = 24 d^{8/3} \quad (4.50)$$

Để đơn giản tính toán, người ta đã lập sẵn toán đồ tính toán cống tròn không áp và bán áp (hình 4.16) và toán đồ tính toán dòng chảy đều (hình 4.17). Sử dụng các toán đồ 4.16 ; 4.17 và bảng 4.14 thì có thể xác định nhanh chóng các yếu tố thủy lực của cống tròn.



Hình 4.17

Toán đồ tính toán dòng chảy đều

Bảng 4.14

d	$d^{2/3}$	W_d	$d^{8/3}$	K_d	d^2	$d^{1/2}$	$d^{5/2}$	d^5	d^4
0,50	0,63	19,2	0,158	3,8	0,250	0,707	0,177	0,031	0,063
0,75	0,625	25,2	0,464	11,1	0,562	0,865	0,486	0,236	0,316
1,00	1,000	30,5	1,000	24,0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,25	1,160	35,4	1,180	43,5	1,560	1,180	1,745	3,050	2,430
1,50	1,310	40,0	2,950	70,8	2,250	1,228	2,755	7,580	5,080

Bảng 4.15

Lưu tốc tính toán ở cửa ra của cống tròn

Dốc dọc	$i \leq i_k$	$i_k < i < i_c$	$i = i_c$	$i_c < i < i_{max}$	$i = i_{max}$
Lưu tốc ở cửa ra V_{ra} khi chiều dài cống $L < L_{min}$	$V_{ra} = V_c$	$V_{ra} = V_c$	$V_{ra} = V_c$	$V_c < V_{ra} < 6m/s$	$V_{ra} = 6m/s$
Lưu tốc ở cửa ra V_{ra} khi chiều dài cống $L \geq L_{min}$	$V_{ra} = V_k$	$V_k < V_{ra} < V_c$	$V_{ra} = V_c$	$V_c < V_{ra} < 6m/s$	$V_{ra} = 6m/s$

Bảng 4.16
Bảng tính toán thủy lực và năng lực thoát nước của cống tròn

Đường kính ống (m)	Năng lực thoát nước Q (m ³ /s)	Hình thức chảy	Chiều sâu nước (m)				Lưu tốc		Độ dốc dọc				Chiều dài tối thiểu L _{min} (m)	Chiều cao đập đất tối thiểu xác định theo điều kiện thủy lực H _d (m)
			Chiều sâu trước cống H	Chiều sâu đặt mặt cắt thu hẹp h _c	Chiều sâu phân giới h _k	Chiều sâu ở cửa ra h _{ra}	Lưu tốc ở mặt thu hẹp V _c	Lưu tốc phân giới V _k	i _c (ứng với h _c)	i _k (ứng với h _k)	i _{max} (ứng với lưu tốc ở cửa ra V _{max} = 6 m/s)	Độ dốc ma sát i _{ms} khi h = d và chảy không áp		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
d = 0,5	0,1	Kiểu	0,34	0,20	0,22	0,06	1,46	1,24	0,007	0,005	0,611	0,001	5,0	0,84
	0,2	không	0,51	0,27	0,30	0,11	1,84	1,61	0,008	0,006	0,623	0,002	5,0	1,01
	0,257	áp	0,60	0,29	0,34	0,14	2,08	1,81	0,010	0,007	0,200	0,004	5,0	1,10
	0,3	Kiểu	0,73	0,30	0,37	0,15	2,42	1,94	0,014	0,008	0,179	0,005	9,0	1,23
	0,4	bán	1,09	0,30	0,43	0,19	3,29	2,28	0,024	0,011	0,135	0,009	12,0	1,59
d = 0,6	0,6	áp	2,00	0,30	0,49	0,26	5,02	3,15	0,054	0,022	0,096	0,021	0,9	2,50
	0,732		2,87	0,30	0,49	0,29	6,00	3,74	0,081	0,035	0,085	0,031	0,6	3,34
	0,2	Kiểu	0,41	0,25	0,28	0,09	1,6	1,4	0,007	0,004	0,392	0,001	8,0	0,91
	0,4	không	0,62	0,35	0,39	0,15	2,0	1,7	0,007	0,005	0,180	0,001	8,0	1,12
	0,6	áp	0,79	0,42	0,47	0,21	2,3	2,0	0,008	0,005	0,112	0,002	8,0	1,29
d = 0,75	0,74		0,90	0,47	0,52	0,25	2,5	2,2	0,009	0,006	0,001	0,004	8,0	1,10
	0,8	Kiểu	1,02	0,45	0,55	0,25	2,8	2,4	0,011	0,007	0,088	0,004	15,0	1,52
	1,0	không	1,40	0,45	0,62	0,30	3,6	2,6	0,018	0,008	0,073	0,007	21,0	1,90
	1,2	bán	1,82	0,45	0,67	0,35	4,3	2,9	0,025	0,010	0,063	0,010	22,0	2,32
	1,4	áp	2,83	0,45	0,70	0,40	5,1	3,3	0,035	0,014	0,054	0,013	18,0	2,80
d = 0,75	1,6		2,83	0,45	0,73	0,43	5,8	3,7	0,046	0,020	0,050	0,018	14,0	3,33
	1,64		2,99	0,45	0,74	0,45	6,0	3,8	0,048	0,021	0,048	0,019	14,0	3,49

Tiếp bảng 4.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1-	11	12	13	14	15
d = 10m	0,6	Kiểu cháy không áp	0,68	0,40	0,44	0,18	2,1	1,8	0,006	0,004	0,141	0,001	10,0	118
	0,8		0,81	0,46	0,51	0,23	2,3	2,0	0,006	0,004	0,098	0,001	12,0	131
	1,0		0,93	0,52	0,58	0,27	2,4	2,1	0,006	0,004	0,079	0,002	14,0	143
	1,2		1,05	0,57	0,63	0,30	2,6	2,3	0,007	0,005	0,069	0,002	15,0	155
	1,4		1,16	0,61	0,68	0,34	2,8	2,5	0,007	0,005	0,061	0,003	14,0	166
	1,52		1,20	0,63	0,70	0,36	2,9	2,6	0,008	0,006	0,056	0,003	13,0	170
	1,6	Kiểu cháy bán áp	1,30	0,60	0,72	0,38	3,2	2,7	0,009	0,006	0,054	0,004	21,0	180
	2,0		1,80	0,60	0,81	0,44	4,0	3,0	0,015	0,007	0,045	0,006	30,0	230
	2,4		2,34	0,60	0,88	0,51	4,9	3,3	0,022	0,009	0,038	0,008	31,0	284
	2,8		2,95	0,60	0,92	0,58	5,7	3,7	0,030	0,012	0,034	0,012	28,0	345
	2,92		3,12	0,60	0,95	0,60	6,8	3,8	0,033	0,013	0,033	0,012	27,0	362
d = 125m	1,2	Kiểu cháy không áp	0,92	0,53	0,59	0,28	2,4	2,1	0,005	0,004	0,078	0,001	13,0	142
	1,6		1,10	0,62	0,69	0,35	2,6	2,3	0,006	0,004	0,058	0,001	18,0	160
	2,0		1,27	0,68	0,76	0,40	2,8	2,5	0,006	0,004	0,048	0,002	19,0	177
	2,4		1,42	0,76	0,84	0,46	3,1	2,8	0,007	0,005	0,041	0,003	20,0	192
	2,66		1,50	0,79	0,88	0,49	3,2	2,9	0,007	0,005	0,038	0,003	21,0	200
	2,8	Kiểu cháy bán áp	1,62	0,75	0,90	0,50	3,6	3,0	0,009	0,005	0,037	0,004	28,0	212
	3,2		1,97	0,75	0,96	0,56	4,1	3,2	0,012	0,006	0,033	0,005	35,0	247
	3,6		2,34	0,75	1,02	0,61	4,6	3,4	0,015	0,006	0,030	0,006	39,0	274
	4,0		2,66	0,75	1,08	0,67	5,2	3,6	0,019	0,007	0,029	0,007	46,0	316
	4,4		3,15	0,75	1,12	0,75	5,7	3,8	0,023	0,007	0,025	0,009	41,0	386
	4,67		3,36	0,75	1,14	0,75	6,0	4,0	0,025	0,010	0,025	0,009	39,0	386

Tiếp bảng 4.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
d = 15	2,0		1,14	0,65	0,72	0,38	2,7	2,3	0,005	0,004	0,052	0,001	20,0	161
	2,4		1,27	0,73	0,81	0,42	2,8	2,5	0,005	0,004	0,045	0,001	22,0	161
	2,8	Kiểu	1,11	0,78	0,87	0,48	3,0	2,6	0,006	0,004	0,037	0,001	23,0	191
	3,2	chảy	1,53	0,83	0,92	0,53	3,2	2,8	0,006	0,004	0,034	0,002	23,0	203
	3,6	không áp	1,66	0,89	0,99	0,57	3,3	3,0	0,006	0,004	0,030	0,002	23,0	216
	4,0		1,78	0,94	1,04	0,60	3,4	3,1	0,006	0,005	0,029	0,003	22,0	228
	4,8		1,80	0,95	1,05	0,63	3,5	3,2	0,006	0,005	0,027	0,003	21,0	230
	4,4		1,96	0,90	1,08	0,65	3,8	3,3	0,008	0,005	0,026	0,003	35,0	245
	4,8		2,20	0,90	1,14	0,70	4,2	3,4	0,009	0,005	0,024	0,004	44,0	270
	5,2	Kiểu	2,49	0,90	1,18	0,74	4,6	3,5	0,011	0,006	0,023	0,005	48,0	299
	5,6	chảy	2,74	0,90	1,23	0,78	5,0	3,7	0,013	0,006	0,022	0,005	52,0	324
	6,0	bán áp	2,93	0,90	1,26	0,82	5,4	3,8	0,015	0,007	0,021	0,006	53,0	353
	6,4		3,33	0,90	1,30	0,89	5,8	4,0	0,018	0,007	0,020	0,007	54,0	383
	6,56		3,48	0,90	1,32	0,90	6,0	4,1	0,019	0,007	0,019	0,007	55,0	398

Chú thích: - Khi lưu tốc trước cống $V_H \geq 1,0 \text{ m/s}$ chiều sâu nước trước cống phải giảm đi $0,05V_H^2$, V_H là lưu tốc khi chiều sâu nước trong rãnh là H (quyết định bằng cách tính thử)

Trình tự tính toán cống tròn theo toán đồ như sau:

- Sau khi giả định đường kính cống, tính $\frac{Q}{d^{5/2}}$,

- Trên toán đồ 4.16, lấy hoành độ bằng $\frac{Q}{d^{5/2}}$ rồi tìm các tỷ số

$\frac{H}{d}, \frac{h_c}{d}, \frac{h_k}{d}, \frac{V_c}{d^{1/2}}, \frac{V_k}{d^{1/2}}$ trên trục tung và từ đó suy ra H, h_c, h_k, V_c, V_k ;

- Đã biết $\frac{h_c}{d}, \frac{k_k}{d}$, từ toán đồ 4.17 tìm được các tỷ số

$$\frac{k_c}{k_d} \cdot \frac{k_k}{k_d} \left(\text{hoặc } \frac{W_c}{W_d} \text{ và } \frac{W_k}{W_d} \right)$$

rồi dựa vào các công thức (4.47) và (4.48) tính ra i_c và i_k

- Tính tốc độ lớn nhất $i_{\max}$ (khi lưu tốc ở cửa ra $V_{ra} \approx V_{\max} = 6\text{m/s}$)

Từ:
$$\frac{k_o}{k_d} \frac{W_d}{W_o} = \frac{Q}{V_{\max}} \frac{W_d}{k_d} = 0,212 \frac{Q}{d^2},$$

tra toán đồ 4.17 tìm được tỷ số $\frac{h}{d}$ khi $V_{\max} = 6\text{m/s}$, rồi tra ngược tìm $\frac{W_o}{d}$, và

$$i_{\max} = \frac{\left(\frac{V_{\max}}{W_d}\right)^2}{\left(\frac{W_o}{W_d}\right)^2} = \frac{\left(\frac{0,197}{d^{2/3}}\right)^2}{\left(\frac{W_o}{W_d}\right)^2} \quad (4.51)$$

Trong thực tế thường sử dụng các cống định hình, vì vậy có thể trực tiếp dùng các bảng tính toán thủy lực cống tròn đã lập sẵn (các bảng 4.15 và 4.16) để xác định nhanh các kết quả tính toán.

Ví dụ tính toán cống không áp

Ví dụ: Cống bản cố cửa cống kiểu chữ bát, khẩu độ $B = 2,0\text{m}$ chiều cao thân cống 2m , xây bằng đá học, lớp vữa dày 25cm , tốc độ nước chảy cho phép $V_{cp} = 4\text{m/s}$. Hãy tìm lưu lượng thoát nước cho phép và độ dốc phân giới khi cống làm việc trong trạng thái chảy không áp. Nếu độ dốc dọc đáy cống $i = 0,04$ hãy tìm xem lưu tốc ở cửa ra tăng lên đến bao nhiêu?

Giải: Theo quy định thì chiều cao mực nước ở cửa vào (ứng với lưu lượng thoát nước cho phép) phải cách đỉnh cống $\frac{1}{6}$ chiều cao thân cống. Vì vậy chiều sâu mực nước lớn nhất cho phép ở trước cống:

$$H = 2,0 - \frac{2,0}{6} = 1,67\text{m}$$

Bỏ qua ảnh hưởng của lưu tốc thì $H_o = H = 1,67\text{m}$

$$Q = 1,575BH^{3/2} = 1,575 \times 2 \times 1,67^{3/2} = 6,8\text{m}^3/\text{s}$$

$$V_k = 0,9V_c = 0,9 \left(\frac{1,67}{0,131} \right)^{1/2} = 3,22\text{m/s} < V_{cp} = 4,0\text{m/s.}$$

$$h_k = \frac{h_c}{0,9} = 0,568 \times 1,67 \times \frac{1}{0,9} = 1,05\text{m}$$

$$R_K = \frac{Bh_k}{X} = \frac{2 \times 1,05}{2 \times 1,05 + 2} = 0,51 \text{ (với } X - \text{ chu vi ướt)}$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} = \frac{1}{0,016} \times 0,51^{1/6} = 55,5$$

$$C^2R = 1570.$$

Độ dốc phân giới: $i_k = \frac{V_k^2}{C^2R} = \frac{3,22^2}{1570} = 0,0066$

Nếu cống bị địa hình thực tế hạn chế phải bố trí độ dốc đáy cống $i = 0,04 > i_k$ thì đặc trưng lưu lượng $K_o = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{6,8}{\sqrt{0,04}} = 34, n = 0,016, nK_o = 0,016 \times 34 = 0,544$, tra bảng 4.13 được:

$$h_o = 0,544, nW_o = 0,498$$

$$W_o = \frac{nW_o}{n} = \frac{0,498}{0,016} = 31,2$$

$$V_{ra} = W_o\sqrt{i} = 31,2\sqrt{0,04} = 6,2\text{m/s} > V_{cp} = 4\text{m/s}$$

Do độ dốc tăng lên, lưu tốc ở cửa ra cũng tăng lên tương ứng và đã lớn hơn lưu tốc cho phép. Vì vậy phải thay đổi hình thức gia cố ở cửa ra hoặc tăng khẩu độ của cống lên.

Ví dụ 2. Đã biết cửa cống là tường cánh chữ bát ($\varphi = 0,85$) đường kính ống cống $d = 1,5\text{m}$ và độ dày của cống $S = 0,7$.

Hãy tìm năng lực thoát nước của cống, độ dốc phân giới, lưu tốc phân giới và chiều sâu nước trước cống.

Giải: Từ toán đó (4.17) tìm được hàm số phân giới ứng với $S = \frac{h_o}{d} = 0,7$ là :

$$\frac{Q^2}{gd^5} = 0,235$$

Tra bảng 4.14 được $d_{1,5}^5 = 7,58$ nên:

$$Q^2 = 0,235 \times 9,81 \times 7,58 = 17,5$$

$$Q = \sqrt{17,5} = 4,18\text{m}^3/\text{s.}$$

Từ toán đồ 4.17 với $\frac{h_o}{d} = 0,70$ tra được

$$\frac{K_o}{K_d} = 0,85 ; \frac{W_o}{W_d} = 1,137$$

Lại tra bảng 4.14 được : $K_d = 70,8$, $W_d = 40,0$
(khi $d = 1,5$)

$$\frac{K_o}{K_d} K_d = 0,85 \times 70,8 = 60,18 \rightarrow K_o = 60,18$$

Do chảy đều nên $K_k = K_o = 60,18$

$$\frac{W_o}{W_d} K_d = 1,137 \times 40,0 = 45,48 \rightarrow W_o = 45,48$$

Do chảy đều nên $W_k = W_o = 45,48$

Vậy:
$$i_k = \left(\frac{4,18}{60,18} \right)^2 = 0,0048 \approx 0,005$$

$$V_k = W_k \sqrt{i} = 45,48 \times \sqrt{0,005} = 3,05 \text{ m/s}$$

Lại do:
$$\frac{q}{d^5} = \frac{4,18}{2,755} = 1,52.$$

Từ toán đồ 4.16 tra được $\frac{H}{d} = 1,30$ (trên đường V_k)

Chiều sâu nước trước cống:

$$H = 1,30 \times 1,5 = 1,95 \text{ m} \approx 1,80 \text{ m} \text{ (tương tự kết quả tra ở bảng 4.16).}$$

Ví dụ 3. Đã biết $Q = 1,6 \text{ m}^3/\text{s}$ và quy định lưu tốc cho phép ở cửa ra là 6 m/s .
Hãy tìm đường kính d của cống tròn không áp, chiều sâu nước trước cống H và độ dốc dọc tối đa $i_{\max}$

Giải : Khi dùng ống đường kính $d = 1,25 \text{ m}$, để thoát được lưu lượng $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$, tra bảng 4.16 được:

$$H = 1,10 \text{ m}, i_{\max} = 0,058$$

tức là khi bố trí cống có thể dùng độ dốc dọc tối đa $i_{\max} = 5,8\%$. Nếu bố trí $i < i_{\max}$ thì lưu tốc cửa ra $V_{ra} < 6 \text{ m/s}$, thoả mãn điều kiện quy định.

4. Tính toán khẩu độ cống bán áp

a. Các công thức tính toán khẩu độ cống bán áp như sau:

$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)} \quad (4.52)$$

$$V_c = \frac{Q}{\omega_c} = \varphi \sqrt{2g(H - h_c)} \quad (4.53)$$

Trong đó:

- $h_o = 0,6h_{\text{nâng}}$ (đối với cửa cống kiểu không nâng cao $h_c = 0,6h_{\text{cống}}$);
 φ = hệ số lưu tốc (cửa cống thường $\varphi = 0,85$, cửa cống kiểu đường nước chảy $\varphi = 0,95$);
 H - chiều cao cột nước trước cống, (m);
 $h_{\text{nâng}}$ - chiều cao của cống kiểu nâng cao (m);
 $h_{\text{cống}}$ - chiều cao cống, (m).

Để tính toán thủy lực và khả năng thoát nước của cống bán áp cũng sử dụng bảng 4.16.

Phương pháp tính toán lưu tốc ở cửa ra của cống cũng tương tự như phương pháp tính toán cống không áp.

b. Ví dụ tính toán cống bán áp

Ví dụ 1: Đã biết $Q = 4,5\text{m}^3/\text{s}$, cửa cống kiểu thường, cống vuông khẩu độ 1,5m, cao 1,5m.

Hãy tìm chiều sâu nước trước cống và lưu tốc.

Giải:

$$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2g(H - 0,6h_{\text{cống}})}$$

$$\omega_c = 1,5 \times 1,5 \times 0,6 = 1,35\text{m}^2$$

$$\varphi = 0,85, h_{\text{cống}} = 1,5\text{m}$$

$$\frac{Q}{\varphi \omega_c} = \sqrt{2g(H - 0,6 h_{\text{cống}})}$$

$$\frac{4,5}{0,6 \times 2,25 \times 0,85} = \sqrt{2 \times 9,81(H - 0,6 \times 1,5)}$$

$$3,91^2 = 19,62(H - 0,9) \text{ do đó } H = 1,68\text{m}$$

$$V_c = \frac{Q}{\omega_c} = \frac{4,5}{1,35} = 3,32\text{m/s.}$$

Ví dụ 2: Đã biết lưu lượng $Q = 1,6\text{m}^3/\text{s}$ - Chọn cống bán áp với $i = 0,01$, chiều dài cống $L = 12\text{m}$. Hãy tìm tốc độ nước ở cửa ra của cống.

Giải: Từ bảng 4.16 biết được hai loại cống tròn $d = 0,75\text{m}$ và $d = 1\text{m}$ trong trạng thái chảy bán áp đều có thể thoát được $Q = 1,6\text{m}^3/\text{s}$. Vì vậy cần căn cứ vào chiều cao nước dâng cho phép và lưu tốc cho phép của cống để chọn đường kính ống thích hợp.

Ví dụ: khi $d = 0,75\text{m}$ $H = 2,83\text{m}$ và $V_c = 5,8\text{m/s}$

$$i_k = 0,02, L_{\text{min}} = 14,0\text{m}$$

Khi $d = 1,0\text{m}$ $H = 1,30\text{m}$ và $V_c = 3,2\text{m/s}$

$$i_k = 0,006, i_c = 0,009, L_{\text{min}} = 21,0\text{m.}$$

Nếu dùng cống $d = 0,75$ thì cần phải gia cố cẩn thận lòng suối hạ lưu (có thể dùng khi địa chất của lòng suối ở cửa ra là đá cứng).

Nên dùng cống có đường kính $d = 1,00\text{m}$, khi đó $i_{\max} = 0,054$, $V_{ra} = 6\text{m/s}$.

Do $i_c < i < i_{\max}$ nên $V_c < V_{ra} < V_{\max} = 6\text{m/s}$.

Từ bảng 4.14 tra được $K_{d=1,0} = 24$, $W_{d=1,0} = 30,5$. Có thể nội suy hoặc dùng công thức tính toán để xác định V_{ra} .

Do đặc tính lưu lượng cần thoát là:

$$K_o = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{1,6}{\sqrt{0,01}} = 16$$

$$\frac{K_o}{K_d} = \frac{16}{24} = 0,667$$

Từ toán đồ 4.17, căn cứ vào $\frac{K_o}{K_d} = 0,667$ tra được

$$\frac{h_o}{d} = 0,594 \approx 0,60, \quad \frac{W_o}{W_d} = 1,083$$

từ đó

$$W_o = 1,083 \times 30,5 = 33$$

Lưu tốc ở cửa ra là:

$$V_{ra} = W_o \sqrt{i} = 33 \sqrt{0,01} = 3,3\text{m/s}$$

5. Tính toán khẩu độ cống có áp

Với cống có áp thường dùng cửa cống nâng cao dạng đường nước chảy. Dùng cống có áp sẽ tận dụng có hiệu quả nhất mặt cắt ngang của cống, thu nhỏ khẩu độ cần thiết và giảm được lưu tốc ở cửa ra. Khẩu độ cống có áp được xác định theo công thức:

$$Q = \omega V = \omega \varphi \sqrt{2g(H - h_{\text{cống}})} \quad (4.54)$$

Trong đó: φ - hệ số lưu tốc, với cống vuông và cống bán $\varphi = 0,95$.

ω - diện tích toàn bộ mặt cắt ngang cống, (m^2);

H_1 - tổng cột nước trước cống tính từ đường có chế độ dốc ma sát giả định, (m);

Với cống có áp toàn bộ mặt cắt ngang của cống đều phát huy tác dụng, lưu tốc ở cửa ra của cống $V_{ra} = \frac{Q}{\omega}$.

Độ dốc của cống không nên lớn hơn độ dốc ma sát xác định theo công thức (4.25b) nếu không sẽ trở thành cống bán áp.

Khi độ dốc cống nhỏ hơn độ dốc ma sát, từ hình 4.13c có thể xác định được chiều sâu nước trước cống H :

$$H = H_1 + L(i_{ms} - i_o) + \frac{V_o^2}{2g}, \quad (\text{m}) \quad (4.55)$$

Trong đó: L - chiều dài cống, m.

Do giá trị của $\frac{V_o^2}{2g}$ rất nhỏ nên có thể bỏ qua không tính.

Ví dụ: Đã biết lưu lượng $Q = 16\text{m}^3/\text{s}$, cống có cửa vào theo dạng đường nước chảy, $n = 0,016$. Khẩu độ: 2,0m, chiều cao: 2,0m. Hãy tìm chiều cao nước dâng H , lưu tốc V , độ dốc ma sát và cao độ nền đường.

Giải: Áp dụng công thức : $Q = \varphi\omega\sqrt{2g(H - h_{\text{cống}})}$

tìm được

$$H = \frac{\left(\frac{Q}{\varphi\omega}\right)^2}{2g} + h_{\text{cống}} = \frac{\left(\frac{16}{0,95 \times 2 \times 2}\right)^2}{19,62} + 2,0 = 2,9\text{m}$$

Lưu tốc

$$V = \varphi\sqrt{2g(H - h_{\text{cống}})} = 0,95\sqrt{19,62(2,9 - 2)} = 4,0\text{m/s.}$$

Độ dốc ma sát:

$$i_{\text{ms}} = \frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R} \frac{16^2}{4^2 \times 2205} = 0,0079$$

Trong đó

$$C = \frac{1}{0,016} R^{1/6} = 57,8$$

$$R = \frac{\omega}{2h + B} = \frac{4}{4 + 2} = 0,66$$

$$C^2 R = (57,8)^2 \times 0,66 = 2205$$

Cao độ thấp nhất của vai đường phải cao hơn cao độ đáy sông là
 $2,9 + 0,5 = 3,40\text{m.}$

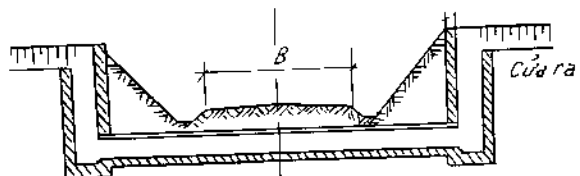
4.4. TÍNH TOÁN CỐNG XI PHÔNG

Khi nền đường cắt ngang mương máng, mà cao độ nền đường thấp không đủ để xây dựng cầu cống bình thường, thì thường phải làm cống xi phông.

Cống xi phông trên đường ô tô thường là loại cống có giếng thẳng (hình 4.18) tiết diện hình vuông hoặc hình tròn.

Cống tiết diện hình vuông thường là các đoạn ống vuông bê tông cốt thép, cống tiết diện tròn thường là các ống tròn bê tông cốt thép hoặc bê tông. Cống bê tông cốt thép thích hợp với cột nước cao, cống bê tông chỉ thích hợp với cột nước nhỏ hơn 3m.

Do cống xi phông là đường ống có áp lại đặt ngược cho nên nếu thi công không tốt dễ bị thấm nước hoặc bị ứ tắc, rất khó xử lý.



Hình 4.18
Cống xi phông

Khẩu độ cống xi phông có thể tính toán theo các công thức sau:
 Với cống tiết diện tròn.

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gz} \approx 3,48 \mu d^2 \sqrt{z} \quad (4.56)$$

$$d = \sqrt{\frac{Q}{3,48 \mu \sqrt{z}}} \quad (4.57)$$

Với cống tiết diện vuông

$$b = \sqrt{\frac{Q}{4,43 \mu \sqrt{z}}} \quad (4.58)$$

Trong đó

Q - lưu lượng thiết kế, (m^3/s);

d - đường kính cống xi phông, (m);

b - khẩu độ cống vuông, (m);

Z - hiệu số của mực nước thượng và hạ lưu, (m);

ω - diện tích toàn tiết diện, (m^2);

μ - hệ số tổn thất cột nước gồm có tổn thất do ma sát, tổn thất ở cửa vào, ở cửa ra và ở các chỗ cong:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi_{1-5}}} \quad (4.59)$$

Trong đó:

ξ_{1-5} - tổng các hệ số lực cản cục bộ. Hệ số lực cản cục bộ thường bao gồm: hệ số lực cản do đường kính ống thay đổi, hệ số lực cản ở cửa vào, ở các chỗ cong, hệ số lực cản dọc đường, ở cửa ra.

1. Hệ số lực cản do đường kính ống thay đổi ξ_1 phân thành ξ_{1-1} và ξ_{1-2} , trong đó $\xi_{1-1} = \left(1 - \frac{\omega_1}{\omega_2}\right)^2$. Giá trị của chúng cho ở bảng 4.17.

Trong đó: ω_1 - diện tích tiết diện nhỏ;

ω_2 - diện tích tiết diện lớn;

2. Hệ số lực cản ở cửa vào ξ_2 tra bảng 4.18

3. Hệ số lực cản ở chỗ cong ξ_3 . Hệ số lực cản ở chỗ cong gấp ξ_3 tra bảng 4.19, thay đổi tùy theo giá trị của góc θ (hình 4.19a) lớn hay nhỏ.

Hệ số lực cản ở chỗ cong đều ξ''_3 tính theo công thức:

$$\xi''_3 = K \frac{\theta}{90^\circ} \quad (4.60)$$

Trong đó: θ - góc ngoặt (hình 4.19b)

k - hệ số, với mặt cắt chữ nhật, tra bảng 4.20

Với ống cong đã sửa tròn tra bảng 4.21, với cống gãy góc chưa sửa tròn (khi $\theta = 90^\circ$) thì $k = 0,25$.

4. Hệ số lực cản dọc đường

$$\xi_4 = \frac{2gL}{C^2R} = \frac{2gn^2L}{R^{4/3}} \quad (4.61)$$

Trong đó:

L - chiều dài cống (m); R - bán kính thủy lực (m);

n - hệ số nhám, với ống bê tông $n = 0,013 \div 0,014$.

5. Hệ số lực cản ở cửa ra ξ_5 : Khi mặt cắt dòng chảy ở cửa ra tăng lên thì lưu tốc sẽ giảm, có thể lấy $\xi_5 = 0$

Bảng 4.17

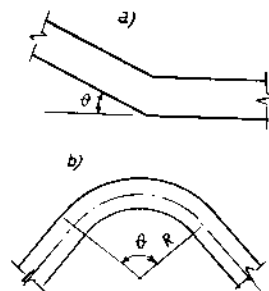
Tình hình thay đổi tiết diện	Tỉ số tiết diện ω_1/ω_2						
	0,01	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
Tiết diện từ nhỏ đến lớn ξ_{1-1}	0,98	0,81	0,64	0,36	0,16	0,04	0
Tiết diện từ lớn đến nhỏ ξ_{1-2}	0,45	0,39	0,35	0,28	0,20	0,09	0

Bảng 4.18

Hình dạng mặt ngoài của vào	ξ_2
Cạnh chưa vuốt cong ở góc	0,50
Cạnh đã vuốt cong	0,20 - 0,25
Cạnh rất nhẵn	0,05 - 0,10

Bảng 4.19

θ	15°	30°	45°	60°	90°
ξ_3	0,025	0,11	0,26	0,49	1,20



Hình 4.19

Góc ngoặt θ của ống tròn

Bảng 4.20

$\frac{b}{2R}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
K	0,12	0,14	0,18	0,25	0,40	0,64	1,02	1,55	2,27	3,23

(trong bảng : b - chiều rộng của cống)

Bảng 4.21

r/R	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
K	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29

(trong bảng: r - bán kính ống cống,

R - bán kính chỗ cong).

Ví dụ áp dụng: Hãy xác định lưu lượng có thể thoát qua cống xi phông (kiểu cống tròn bê tông cốt thép, giếng thẳng đứng), đường kính 1,0m, cạnh cửa vào không vượt tròn, độ chênh cao mực nước thượng hạ lưu là 0,4m, chiều dài cống 9,5m, hệ số nhám $n = 0,014$.

Giải:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi_{1-5}}}$$

$$\xi_1 = 0$$

$$\xi_2 = 0,5$$

$$\xi_3 = \frac{\theta}{90^\circ}, \theta = 90^\circ, \text{ với ống gãy góc chưa sửa tròn } K = 0,25$$

$$\xi_3 = 0,25$$

Có hai chỗ cong, nên $\xi_3 = 2 \times 0,25 = 0,5$

$$\xi_4 = \frac{2gn^3L}{R^{4/3}} = \frac{2 \times 9,81 \times 0,014^3 \times 9,5}{(0,25d)^{4/3}} = \frac{0,0367}{0,158} = 0,23$$

$$\xi_5 = 1,0$$

$$\text{Vậy } \mu = \frac{1}{\sqrt{\sum \xi_{1-5}}} = \frac{1}{\sqrt{0,5 + 0,5 + 0,23 + 1}} = \frac{1}{\sqrt{2,23}} = 0,67$$

$$Q = 3,48\mu d^2 \sqrt{Z} = 3,48 \times 0,67 \times 1\sqrt{0,4} = 1,47 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Vậy lưu lượng có thể thoát qua cống $Q = 1,47 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.5. ĐƯỜNG TRẦN

Khác với cầu cống, đường trần là một công trình thoát nước không xây dựng trong nền đường mà làm ở trên mặt nền đường, vừa có tác dụng thoát nước, vừa có tác dụng làm mặt đường.

1. Những quy định chung

Với đường cấp III, cấp IV khi cho phép gián đoạn giao thông trong một thời gian nhất định thì cho phép xây dựng đường trần hoặc cầu trần. Khi thiết kế cầu trần hoặc đường trần phải căn cứ vào thời gian gián đoạn giao thông cho phép lâu hay mau, ảnh hưởng đối với ruộng vườn, làng mạc và khả năng ứ tắc bùn cát đối với cầu cống mà quyết định tần suất thiết kế, nhưng khi kiểm toán chiều sâu xói mố trụ không nên lấy tần suất lũ lớn hơn 4%.

1. Nếu chiều sâu nước chảy qua đường trần không quá 0,4m trong điều kiện bình thường, hoặc không quá $0,2 + 0,3m$ khi lưu tốc $> 2m/s$ thì xe có thể chạy bình thường. Khi chiều sâu nước trần lớn hơn các trị số trên thì cần phải cấm xe để bảo đảm an toàn.

2. Khi thiết kế đường trần, để giảm chiều sâu cần tăng chiều dài đoạn nước trần lên thích đáng. Tuy nhiên để giảm bớt khó khăn khi xe chạy trên đường trần, chiều dài đoạn nước trần không nên quá 100m.

3. Với các đường vùng núi phải vượt qua nhiều khe suối rộng và nông mà dòng chảy hình thành không rõ ràng thì nên bố trí đường trần ở các chỗ bằng phẳng và cao hơn xung quanh từ $0,5 + 0,6m$.

4. Khi chiều cao nền đường trần lớn hơn $0,5 + 0,6m$, có thể bố trí phối hợp các công trình thoát nước như cống bán nổi hoặc cống tròn, cống vuông (khi chiều cao nền đường trên 1m) tại những vị trí có nước chảy thường xuyên nhưng lưu lượng nhỏ và sử dụng liên hợp.

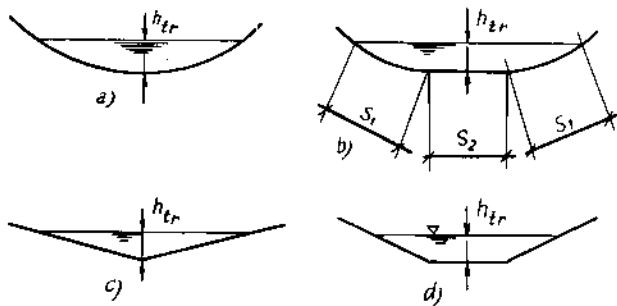
5. Chiều rộng đường trần thường là 7m. Trên đường cấp IV và lưu lượng xe chạy rất nhỏ, thời gian trần ngắn thì có thể giảm chiều rộng xuống còn 4,5m, nhưng phải cấm cọc tiêu cách nhau $3 + 5m$ (nếu có vật trôi thì cách nhau $8 + 10m$). Đỉnh cọc tiêu phải cao hơn mặt đường 0,6m.

6. Trên đường ôtô cấp IV, khi tuyến đường vượt qua các lòng sông có địa chất cứng, chắc (như sỏi, cuội) và khi mực nước thường xuyên tương đối nông thì có thể xử lý bằng phẳng đáy sông suối và chôn cọc tiêu hai bên rồi cho xe chạy. Tuy nhiên chiều sâu nước không được quá $0,4 + 0,5m$.

7. Đường trần thường được thiết kế với lưu lượng lũ có tần suất không lớn hơn 4%. Với các sông suối có nước thường xuyên có thể thiết kế với tần suất của mực nước lũ trung bình nhiều năm.

2. Hình thức của đường tràn và tính toán thủy lực

a) *Các hình thức của đường tràn.* Căn cứ vào điều kiện địa hình và yêu cầu của cấp đường mà thiết kế trắc dọc của đường tràn. Tại vùng đồng bằng và trung du thường thiết kế đường tràn lôm có bán kính đường cong đứng từ $200 \div 2000\text{mm}$. Ở vùng núi thường bố trí đường tràn theo mặt cắt tam giác hoặc mặt cắt hình thang (hình 4.20).



Hình 4.20. Các dạng trắc dọc của đường tràn

- a) Mặt cắt hình vòng cung; b) Mặt cắt hình hai nửa vòng cung;
c) Mặt cắt hình tam giác; d) Mặt cắt hình thang.

b) *Tính toán thủy lực đường tràn.* Khi chiều cao nền đường tràn dưới 0,5m, hoặc cao độ mặt đường tràn bằng cao độ đáy sông suối thì dựa theo công thức chảy đều để tính lưu tốc và lưu lượng:

$$V = C\sqrt{R_i} \quad (\text{m/s}) \quad (4.62a)$$

$$Q = \omega V \quad (\text{m}^3/\text{s}) \quad (4.62b)$$

Trong đó:

V - lưu tốc bình quân (m/s);

R - bán kính thủy lực, bằng diện tích mặt cắt lòng sông chia cho chu vi ướt (nếu tỉ số giữa chiều rộng lòng sông và chiều sâu bình quân H_{bq} lớn hơn 10 thì có thể thay R bằng H);

i - độ dốc mặt nước lư; $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ với giá trị của n lấy như sau: gia cố bằng lát đá khan $n = 0,02$; gia cố bằng cách xây đá hộc hoặc xây gạch đứng $n = 0,017$; gia cố bằng cách lát các phiến bê tông xây mạch $n = 0,013 \div 0,014$.

Bảng 4.22 tóm tắt kết quả tính toán thủy lực đường tràn có mặt cắt hình tam giác, hình thang, trong đó i_1 là độ dốc hai đầu đường tràn, i_2 là độ dốc đoạn nước tràn qua.

Bảng 4.22

Bảng tính toán thủy lực mặt đường tràn (có chiều cao nền đường < 0,5m)

Chiều sâu nước tràn (m)	Kiểu gia cố mặt đường	Bộ phận đoạn dốc lên xuống ở hai đầu															
		Trị số lưu tốc, lưu lượng của mỗi đoạn 10m dài ở giữa đường tràn						Lưu lượng (m ³ /s)									
		Lưu tốc (m/s)			Lưu lượng (m ³ /s)			Diện tích mặt cắt thoát nước (m ²)			Lưu tốc bình quân						
		Mặt cắt thoát nước m ²		i ₂ =	i ₂ =	i ₂ =	i ₂ =	i ₂ =	i ₁ =	i ₁ =	i ₁ =	i ₀ =	i ₀ =	i ₀ =			
		0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,01	0,02	0,01	0,02	i ₀ = 0,02		
0.1	Bê tông Đá hộc xây Xếp khan	10	157	2,22	157	2,22	0,33	0,25	0,20	0,99	140	0,33	0,47	0,25	0,35	9,20	0,28
		10	122	1,71	122	1,71	0,33	0,25	0,20	0,74	105	0,24	0,35	0,18	0,26	0,15	0,21
		10	0,95	1,37	195	1,37	0,33	0,25	0,20	0,57	0,82	0,19	0,27	0,14	0,21	0,12	0,16
0.2	Bê tông Đá hộc xây Xếp khan	20	248	3,48	496	3,48	133	100	0,80	156	221	208	296	156	221	1120	176
		20	195	2,71	390	2,71	133	100	0,80	120	170	160	226	120	170	0,96	136
		20	161	2,42	322	2,42	133	100	0,80	0,96	136	128	181	0,96	136	0,80	109
0.3	Bê tông Đá hộc xây Xếp khan	30	232	4,53	978	4,53	300	225	180	203	287	609	861	456	646	365	517
		30	260	3,62	780	3,62	300	225	180	158	224	474	672	365	504	284	403
		30	213	2,98	639	2,98	300	225	180	129	182	387	546	290	410	232	328
0.4	Bê tông Đá hộc xây Xếp khan	40	394	5,49	1576	5,49	532	400	300	248	350	1317	1867	988	1400	795	1112
		40	319	4,44	1276	4,44	533	400	300	193	273	1029	1456	772	1092	570	819
		40	267	3,71	1068	3,71	533	400	300	160	226	853	1205	640	904	480	678
0.5	Bê tông Đá hộc xây Xếp khan	50	452	6,37	2260	6,37	833	625	500	286	405	2382	3374	1788	2531	1430	2025
		50	368	5,19	1840	5,19	833	625	500	228	323	1899	2691	1425	2019	1140	1615
		50	308	4,35	1504	4,35	833	625	500	188	266	1566	2216	1175	1662	940	1330

Bảng 4.23
Bảng tính thủy lực đường tràn (chiều cao nền đường tràn $\geq 0,5m$)

Chiều sâu nước tràn h_{tr} (m)	Bán kính đường cong đứng																Chiều dài đoạn thẳng chân S_1 (m)			Lưu tốc ở giữa tâm nền đường V _{tr} (m/s)		
	200		250		300		400		500		700		1000		1500		2000		1	10	100	
	Chiều dài S_1	Lưu lượng Q_1	S_1	Q_1	S_1	Q_1	S_1	Q_1	S_1	Q_1	S_1	Q_1	S_1	Q_1	S_1	Q_1	S_1	Q_1				Lưu lượng Q_2 (m ³ /s)
0.1	12	0.8	13.5	0.9	15.0	1.0	17.0	1.2	20.0	1.4	23.0	1.7	28.0	2.0	34.0	2.4	40.0	3.0	0.10	1.0	10.0	1.0
0.2	18	3.5	20.0	3.7	22.0	4.0	25.0	4.5	28.0	5.0	33.0	6.3	40.0	8.0	48.0	9.0	50.0	10.0	0.28	2.8	28.0	1.4
0.3	22	8.0	24.0	9.0	27.0	10.0	31.0	11.5	34.0	12.0	41.0	15.0	30.0	18.0	60.0	21.0	64.0	22.0	0.51	5.1	51.0	1.7
0.4	26	14.0	29.0	15.5	31.0	17.0	36.0	20.0	40.0	22.0	47.0	26.0	56.0	31.0	68.0	38.0	80.0	44.0	0.68	6.0	80.0	2.0
0.5	28	22.0	31.0	24.0	34.0	27.0	39.0	31.0	44.0	34.0	52.0	40.0	62.0	48.0	78.0	60.0	88.0	68.0	1.10	10	110.0	2.2
0.7	34	45.0	38.0	50.0	42.0	55.0	18.0	63.0	54.0	72.0	63.0	83.0	76.0	100.0	92.0	120.0	106.0	140.0	182	18.2	182.0	2.6
1.0	40	87.0	45.0	98.0	47.0	110.0	56.0	125.0	64.0	140.0	74.0	170.0	88.0	190.0	110.0	240.0	128.0	270.0	310	31.0	310.0	3.1

Chú thích: 1. Chiều cao nước tràn trong bảng h_{tr} là chiều sâu của nước ở đoạn thẳng ở giữa. Nếu không có đoạn thẳng thì h_{tr} là chiều sâu nước lớn nhất ở tâm của đường cong đứng.

2. Lưu lượng nước tràn toàn bộ $Q_{tr} =$ lưu lượng của đoạn đường cong đứng $Q_{tr1} +$ lưu lượng của đoạn thẳng Q_{tr2}

Bảng 4.24
Tính toán thủy lực đường tràn liên hợp (khí chiều cao nền đường tràn $\geq 0,5$ m)

Chiều sâu nước tràn h_r	Lưu tốc ở tim đường V_{tr}	Bộ phận đường tràn		Cầu nhỏ (hoặc cống nổi) bê tông cốt thép (một cống)													
				Lưu lượng 1 m dài đường thẳng q_r		Bô phần đường cống đứng		Khẩu độ tính $B = 2,0$				$B = 3,0$				$B = 4,0$	
						Chiều dài S_1	Lưu lượng Q	h cống = 1,0		h cống = 1,5		h cống = 1,0		h cống = 1,5		h cống = 1,5	
		V	Q cống	V	Q cống			V	Q cống	V	Q cống	V	Q cống	V	Q cống		
		0,1	0,1	1,10	12	0,8	3,4	4,1	3,8	6,9	3,5	6,3	3,9	10,5	4,0	14,3	
0,2	1,4	0,28	18	3,5	3,7	4,5	4,1	7,4	3,8	6,8	4,2	11,2	4,2	15,2			
0,3	1,7	0,51	22	8,0	4,0	4,8	4,3	7,8	4,1	7,3	4,4	11,9	4,5	16,1			
0,4	2,0	0,80	26	14,0	4,3	5,1	4,6	8,2	4,3	7,8	4,6	12,5	4,7	16,9			
0,5	2,2	1,10	28	22,0	4,5	5,4	4,8	8,6	4,6	8,2	4,9	13,1	4,9	17,7			
0,6	2,4	1,44	31	32,0	4,7	5,7	5,0	9,0	4,8	8,6	5,1	13,7	5,1	18,5			
0,7	2,6	1,82	34	45,0	5,0	5,9	5,2	9,4	5,0	9,0	5,3	14,3	5,3	19,2			
0,8	2,8	2,24	36	58,8	5,2	6,2	5,4	9,8	5,2	9,4	5,5	14,8	5,5	19,9			
0,9	2,9	2,61	38	73,5	5,4	6,4	5,6	10,1	5,4	9,7	5,7	15,3	5,7	20,6			
1,0	3,1	3,10	40	87,0	5,6	6,7	5,8	10,5	5,6	10,1	5,9	15,8	5,9	21,2			

Chiều sâu nước tràn h_{tr}	Lưu tốc ở tim đường V_{tr}	Bộ phận cấu gổ (một nhịp)						Bộ phận cống nổi nắp đá				Bộ phận cống tròn			
		Khẩu độ $B_o = 3,5$		$B_d = 4,5$		$B_o = 5,5$		Chiều cao tính của cống $h = 10$				Đường kính $d = 0,75$		$d = 1,0$	
		$h \text{ cống} = 1,5$		$h \text{ cống} = 1,5$		$h \text{ cống} = 1,5$		$B = 10$ $B = 12,5$ $B = 15$				Chiều cao nền $H = 133$		Chiều cao nền $H = 163$	
		V	Q cống	V	Q cống	V	Q cống	V	Q cống	V	Q cống	V	Q cống	V	Q cống
0,1	10	4,0	11	4,1	15,8	4,1	19,7	3,4	21	2,6	3,2	3,8	11	4,1	2,0
0,2	14	4,3	12,8	4,3	16,8	4,4	20,9	3,7	23	2,9	3,5	4,0	12	4,3	2,1
0,3	17	4,5	13,5	4,6	17,7	4,6	22,0	4,0	25	3,1	3,7	4,2	12	4,6	2,2
0,4	21	4,8	14,2	4,8	18,6	4,8	23,1	4,2	26	3,3	3,9	4,5	13	4,8	2,3
0,5	22	5,0	14,9	5,0	19,5	5,0	24,1	4,5	28	3,5	4,2	4,7	13	5,0	2,4
0,6	24	5,2	15,5	5,2	20,3	5,2	25,1	4,7	29	3,6	4,4	4,9	14	5,1	2,5
0,7	26	5,4	16,1	5,4	21,0	5,4	26,1	4,9	31	3,9	4,6	5,2	15	5,4	2,6
0,8	28	5,6	16,7	5,6	21,8	5,6	27,0	5,1	32	4,0	4,8	5,4	16	5,6	2,7
0,9	29	5,8	17,2	5,8	22,6	5,8	27,8	5,3	33	4,1	5,0	5,6	16	5,8	2,8
1,0	31	6,0	17,8	6,0	23,3	6,0	28,7	5,5	34	4,3	5,1	5,7	16	6,0	2,9

Khi chiều cao nền đường tràn $\geq 0,5\text{m}$ hoặc khi có làm thêm cống tròn, cống vuông hoặc cầu tràn, có thể xác định tốc độ nước chảy qua đường tràn V_{tr} theo công thức:

$$V_{tr} = \sqrt{2g \times 0,5h_{tr}} = 3,1\sqrt{h_{tr}} \quad (4.63)$$

Trong đó: h_{tr} - chiều sâu nước tràn (m). Trên các đoạn có đường cong đứng hoặc có độ dốc dọc thì lấy trị số trung bình.

Lưu lượng nước thoát qua đường tràn Q_{tr} xác định theo công thức:

$$Q_{tr} = Q_{tr1} + Q_{tr2} = \omega_1 V_{bq} + \omega_2 V_{tr} \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (4.64)$$

Trong đó:

Q_{tr1} - lưu lượng thoát qua đoạn có đường cong đứng của đường tràn;

Q_{tr2} - lưu lượng thoát qua đoạn thẳng của đường tràn;

ω_1 và ω_2 - diện tích mặt cắt nước tràn qua đoạn đường cong đứng và đoạn bằng của đường tràn (m^2).

V_{bq} - lưu tốc bình quân của nước tràn qua đoạn đường cong đứng (m/s).

Bảng (4.23) và (4.24) tóm tắt các kết quả tính toán thủy lực đường tràn dựa theo các công thức (4.63) và (4.64).

Có thể dựa theo các bảng này để tính toán lưu lượng nước thoát qua đường tràn trong các điều kiện khác nhau.

Thông qua tính toán thủy lực tìm ra được lưu tốc, lưu lượng và nghiệm toán xem đường tràn thiết kế đã phù hợp chưa. Nếu nước tràn quá sâu, thời gian tác xe quá dài thì phải tăng chiều dài đoạn đường tràn lên.

Ví dụ: Hãy thiết kế trắc dọc của đường tràn vượt qua một sông nhỏ vùng trung du. Căn cứ vào hình thức đoạn sông, điều kiện địa hình, thủy văn và tuyến đường mà xác định xem chiều sâu mực nước tràn là bao nhiêu so với đáy sông, cho biết lưu lượng yêu cầu bảo đảm không bị tác xe $Q \geq 12\text{m}^3/\text{s}$.

Giải: Dùng đường tràn lát đá hộc xây vữa, chiều sâu nước tràn để không tác xe là $0,3\text{m}$. Từ bảng 4.22 tra được:

Lưu lượng nước tràn qua đoạn đường tràn nằm ngang là $7,8\text{m}^3$, tràn qua đoạn dốc là $4,74\text{m}^3$, tổng lưu lượng nước chảy qua đường tràn là $12,54\text{m}^3/\text{s} > 12\text{m}^3/\text{s}$ (khi dùng đường tràn có mặt cắt dọc hình thang, độ dốc dọc đường là 3%, độ dốc mặt nước là 1%).

c) *Tính toán thủy lực đường tràn liên hợp.* Việc tính toán thủy lực đường tràn liên hợp bao gồm hai phần: tính toán thủy lực đường tràn và tính toán thủy lực công trình thoát nước với lưu lượng thoát nước tổng cộng là:

$$Q = Q_{tr} + Q_T \text{ (m}^3/\text{s)} \quad (4.65)$$

Trong đó: Q_{tr} - lưu lượng nước tràn qua đường, (m^3/s);

Q_T - lưu lượng nước thoát qua công trình thoát nước, (m^3/s).

Q_{tr} tính theo công thức (4.64), Q_T tính theo công thức (4.65) nhưng khi xác định chiều cao nước dâng trước cầu cống H trong công thức trên cần phải xét đến sự hạn chế của chiều sâu cho phép lớn nhất của đường tràn và tính theo công thức sau:

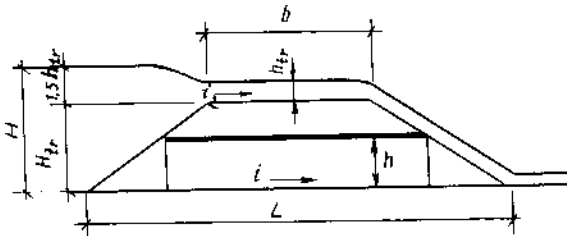
$$H = H_{tr} + \frac{1}{2} (bi_2 - li) + 1,5h_{tr} \text{ (m)} \quad (4.66)$$

Trong đó:

- H_{tr} - chiều cao của nền đường tràn, (m);
- b - chiều rộng mặt đường tràn, (m);
- i_2 - độ dốc của đường tràn theo hướng nước chảy;
- l - chiều dài phần đáy của công trình thoát nước, (m);
- i - độ dốc của công trình thoát nước;
- h_{tr} - chiều sâu nước tràn, (m).

Bảng (4.24) được lập sẵn theo các công thức (4.65) và (4.66) dùng để tham khảo khi tính toán.

Ví dụ: Đường ô tô vượt qua một sông nhỏ vùng đồng bằng. Chiều rộng lòng sông $3 \div 5$ m và có nước thường xuyên, bãi sông rộng 40m. Căn cứ vào tài liệu điều tra thực tế lượng giao thông trên đường và tài liệu điều tra trong dân địa phương thì vài giờ sau khi lũ là nước rút và mực nước thường xuyên là mực nước thiết kế ứng với lưu lượng có chu kỳ là 10 năm, $Q_{10} = 30 \text{ m}^3/\text{s}$ - Hãy xác định kích thước nếu bố trí đường tràn liên hợp.



Hình 4.21

Sơ đồ nước tràn qua đường tràn liên hợp

Giải: Dùng bảng tính toán thủy lực đường tràn liên hợp đã lập sẵn (bảng 4.24) để tính.

Do chiều dài đường tràn tương đối ngắn, lưu tốc của sông vùng đồng bằng tương đối nhỏ, nên lấy chiều sâu nước tràn không thông xe được là 0,4m. Từ đó có thể dùng các đường tràn liên hợp sau đây:

1. Đường tràn liên hợp với cống bản nổi bê tông cốt thép, khẩu độ cống $B = 3,0$ m, chiều cao cống $h_T = 1,0$ m, chiều dài bộ phận đường tràn nằm ngang $S_2 = 10$ m, bán kính đường cong đứng hai đầu $R = 200$ m, chiều dài đoạn cong $S_1 = 26$ m.

Lưu lượng có thể thoát:

$$\begin{aligned} Q &= Q_{tr} + Q_T = (Q_{tr1} + Q_{tr2}) + Q_T = \\ &= (Q_{tr1} + S_2 q_{tr}) + Q_T = (14 + 10 \times 0,8) + 7,8 = 29,8 \text{ m}^3/\text{s} \end{aligned}$$

Chiều cao nền đường:

$$H_{tr} = h_T + d = 1 + 0,28 = 1,28 \text{ m}$$

Cao độ đỉnh đường tràn bằng mực nước thiết kế trừ đi chiều sâu mực nước không cho phép thông xe. Phải tôn cao đoạn sông làm đường tràn đến cao độ đó.

2. Đường tràn liên hợp với cống bản nổi, nắp bê tông cốt thép, ba cửa. Khẩu độ cống $B = 1,0$ m, $h_{cống} = 1,0$ m các số liệu khác giống trên. Lưu lượng nước thoát qua đường tràn:

$$Q = (Q_{lr1} + Q_{lr2}) + 3Q_{cống} = (14 + 10 \times 0,8) + 3 \times 2,6 = 29,8 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Chiều cao nền đường tràn:

$$H_{lr} = h_{cống} + d = 1 + 0,33 = 1,33 \text{ m}$$

3. Đường tràn liên hợp với cống tròn ba lỗ:

Đường kính ống cống tròn $d = 1,0 \text{ m}$, chiều dài bộ phận bằng của đường tràn $S_2 = 12 \text{ m}$, bán kính đường cong đứng $R = 200 \text{ m}$, chiều dài đoạn cong $S_1 = 26 \text{ m}$. Lưu lượng nước có thể thoát qua:

$$Q = Q_{lr1} + Q_{lr2} + 3Q_{cống} = 14 + 12 \times 0,8 + 3 \times 2,3 = 30,5 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Chiều cao nền đường tràn $H_{lr} = 1,62 \text{ m}$.

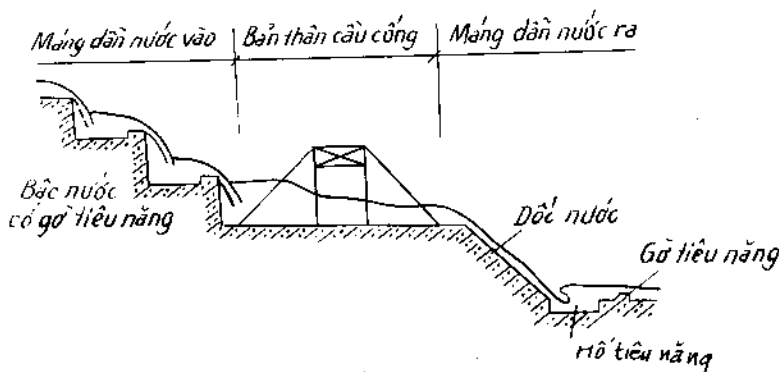
Còn có thể chọn các kiểu đường tràn liên hợp khác, cần phải thông qua việc so sánh kinh tế kỹ thuật để chọn kiểu đường tràn liên hợp hợp lý nhất.

4.6. TÍNH TOÁN THỦY LỰC CÁC CÔNG TRÌNH THOÁT NƯỚC Ở MIỀN NÚI

Khi tuyến đường vượt qua các khe suối ở sườn núi dốc, do độ dốc trên trục ngang nền đường rất dốc, nên sức nước từ các khe suối dốc chảy xói rất mạnh vào nền đường. Vì vậy cần phải tiến hành tính toán thủy lực, thiết kế và xây dựng các công trình thoát nước kiểu đặc biệt ở sườn dốc để giữ không cho nước xói hỏng nền đường, cống hoặc cầu nhỏ.

Các công trình thoát nước ở sườn núi dốc gồm có ba bộ phận: bản thân cầu (hoặc cống), công trình dẫn nước lòng suối thượng lưu và công trình chống xói lòng khe suối hạ lưu (hình 4.22) – Bản thân cầu cống có thể làm theo kiểu đáy bằng (độ dốc đáy cống nhỏ), cống dốc (kiểu nước chảy xiết) hoặc đáy kiểu bậc cấp. Các công trình dẫn nước ở thượng lưu và chống xói ở hạ lưu gồm mấy loại chủ yếu sau:

1. Dốc nước thông thường (tiết diện không đổi hoặc thay đổi);
2. Dốc nước có tầng độ nhám bề mặt (tiết diện không đổi hoặc thay đổi);
3. Bậc nước có công trình tiêu năng (một bậc hoặc nhiều bậc);
4. Bậc nước không có công trình tiêu năng (một bậc hoặc nhiều bậc).



Hình 4.22

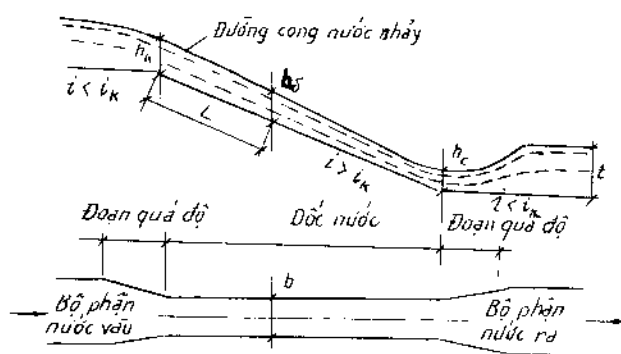
Sơ đồ các bộ phận của công trình thoát nước ở sườn dốc.

Có thể dùng cả bốn loại trên đây cho thượng lưu hoặc hạ lưu cầu cống và có thể sử dụng đơn độc hoặc liên hợp. Tuy nhiên với bậc nước không có công trình tiêu năng, do chiều dài phần xây lát để tiêu năng khá dài, không thích hợp với sườn núi dốc, nên chỉ có thể dùng trên các sườn núi có độ dốc nhỏ.

1. Dốc nước thông thường

Dốc nước được bố trí trên một chiều dài nhất định của lòng suối, chiều dài này phụ thuộc vào độ dốc của dốc nước. Dốc nước có thể hạ thấp rất nhiều dòng chảy đến cửa cống trên một cự ly tương đối ngắn, làm cho lưu tốc ở cửa ra của cống phù hợp với lưu tốc cho phép của công trình gia cố hạ lưu.

Độ dốc của dốc nước thường dùng trên đường ô tô thường không lớn hơn 1: 1,5. Tuy nhiên khi lưu lượng nhỏ, điều kiện địa chất tốt cũng có thể dùng độ dốc lớn hơn.



Hình 4.23

Sơ đồ dốc nước.

Căn cứ vào hình thức nối tiếp dòng chảy, dốc nước được chia thành ba phần để tính toán thủy lực (hình 4.23).

- Bộ phận nước vào: tìm lưu tốc lớn nhất và xác định kích thước kết cấu.
- Bộ phận dốc nước: xác định tính chất dòng chảy của dốc nước, chiều sâu và lưu tốc.
- Bộ phận nước ra: tính toán hình thức nối tiếp của dòng chảy từ dốc nước ra nối với mực nước hạ lưu và chọn thiết bị tiêu năng.

a. Tính toán thủy lực bộ phận nước vào.

- Tính toán thủy lực lòng máng chảy đều, theo công thức:

$$V = C\sqrt{Ri} \quad (4.67a)$$

$$Q_p = \omega V \quad (4.67b)$$

Trong đó:

Q_p - lưu lượng thiết kế chảy qua máng, (m^3/s);

ω - diện tích mặt cắt ngang dòng chảy, (m^2);

V - lưu tốc dòng chảy, (m/s);

R - bán kính thủy lực, (m);

$R = \frac{\omega}{X}$ với X - chu vi ướt, (m);

i - độ dốc lòng máng;

C - hệ số lưu tốc (xem bảng 4.25)

$$C = \frac{1}{n} R^y$$

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75(\sqrt{n} - 0,1)\sqrt{R}$$

n - hệ số nhám (xem bảng 4.26).

- *Tính toán thủy lực lòng máng tiết diện thay đổi và chảy không đều.*

Việc tính toán thủy lực đoạn quá độ tiết diện thay đổi và lòng máng tiết diện không đổi nhưng chảy không đều, đều dựa vào công thức cân bằng tỉ năng mặt cắt gần đúng để tính thử dần:

$$\Xi_a + i_l = \Xi_b + i_{mt} \quad (4.68)$$

Trong đó:

$$\Xi_a - \text{tỉ năng mặt cắt khi chiều sâu nước là } h_a, \text{ bằng } h_a + \frac{\alpha V_a^2}{2g};$$

$$\Xi_b - \text{tỉ năng mặt cắt khi chiều sâu nước là } h_b, \text{ bằng } h_b + \frac{\alpha V_b^2}{2g};$$

h_a, V_a - chiều sâu và lưu tốc của mặt cắt ở điểm đầu của đoạn tính toán;

h_b, V_b - chiều sâu và lưu tốc của mặt cắt ở điểm cuối của đoạn tính toán;

i - độ dốc rãnh của đoạn đó, $i = \operatorname{tg} \alpha_0$ (α_0 - góc nghiêng, tạo thành giữa rãnh của dốc nước và đường nằm ngang), $g = 9,81 \text{ m/s}^2$;

α - hệ số phân bố lưu tốc không đều. Nếu trước mặt cắt là lòng máng tiết diện không đổi $\alpha = 1,0$. Nếu là lòng máng tiết diện thay đổi hoặc trường hợp lưu tốc phân bố không đều thì $\alpha = 1,10$.

$$i_{mt} = \frac{Q^2}{\omega_{tb}^2 C_{tb}^2 R_{tb}} \quad (\text{độ dốc ma sát bình quân của đoạn đó}).$$

$$\omega_{tb} = \frac{\omega_a + \omega_b}{2}; \quad C_{tb} = \frac{C_a + C_b}{2}; \quad R_{tb} = \frac{R_a + R_b}{2}$$

L - chiều dài đoạn tính toán;

ω, C, R - ý nghĩa như trên.

Công thức (4.68) trên đây không thích hợp với đoạn nước nhảy hình thành từ trạng thái chảy xiết sang trạng thái chảy êm.

Chiều rộng B' của máng dẫn nước vào tiết diện chữ nhật có thể tính theo công thức

$$B' = \frac{Q}{\varepsilon m \sqrt{2gH_0^{3/2}}} \quad (4.69)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng thiết kế, m^3/s ;

ε - hệ số thu hẹp mặt cắt, thường lấy $\varepsilon = 0,85 + 0,95$;

m - hệ số lưu lượng, trong tính toán thực tế lấy từ $0,321 + 0,385$, cũng có thể tính theo công thức $m = \varphi K \sqrt{1 - K}$, với φ là hệ số lưu tốc, có liên quan với độ cong chỗ nước vào, $\varphi = 0,85 + 0,95$;

$$K = \frac{2\varphi^2}{1 + 2\varphi^2}$$

Bảng 4.25
Trị số C

R (m) \ n	0,012	0,013	0,014	0,015	0,017	0,018	0,020	0,025	0,030	0,035
0,05	54,3	48,6	43,9	40,0	33,2	30,4	26,1	18,6	13,9	10,9
0,06	55,5	50,2	45,2	41,3	34,4	31,5	27,2	19,5	14,7	11,5
0,07	56,8	51,4	46,5	42,6	35,5	32,6	28,2	20,4	15,5	12,2
0,08	58,1	52,5	47,4	43,4	36,4	33,7	29,0	21,1	16,1	12,8
0,10	60,3	54,5	49,4	45,1	38,0	35,1	30,9	22,5	17,5	14,0
0,12	61,9	56,0	50,9	46,5	39,3	36,3	32,1	23,6	18,4	14,8
0,14	63,3	57,5	52,1	47,7	40,5	37,5	33,1	24,5	19,2	15,5
0,16	64,5	58,5	53,3	48,8	41,5	38,5	34,1	25,3	20,0	16,2
0,18	65,6	59,5	54,3	49,8	42,5	39,5	34,9	26,0	20,6	16,8
0,20	66,6	60,5	55,2	50,7	43,4	40,3	35,7	26,8	21,2	17,3
0,22	67,4	61,3	56,1	51,5	44,1	40,9	36,4	27,4	21,8	17,9
0,24	68,3	62,1	56,9	52,3	44,9	41,8	37,1	28,0	22,4	18,3
0,26	69,0	62,9	57,6	53,0	45,5	42,5	37,7	28,6	22,9	18,8
0,28	69,8	63,5	58,3	53,7	46,2	43,1	38,3	29,0	23,3	19,3
0,30	70,4	64,2	58,9	54,3	46,8	43,7	38,0	29,6	23,8	19,7
0,32	71,1	64,9	58,5	54,9	47,4	44,2	39,4	30,1	24,2	20,1
0,34	71,7	65,5	60,1	55,5	47,9	44,8	39,9	30,6	24,6	20,5
0,36	72,3	66,0	60,6	56,1	48,5	45,3	40,4	31,0	25,0	20,8
0,38	72,8	66,5	61,2	50,5	48,9	45,8	40,8	31,4	25,4	21,2
0,40	73,3	67,1	61,7	57,1	49,4	46,3	41,3	31,8	25,8	21,5
0,45	74,5	68,2	62,9	58,2	50,5	47,3	42,3	32,8	26,7	22,3
0,50	75,7	69,8	63,3	59,3	51,6	48,4	43,3	33,6	27,5	23,1
0,55	76,7	70,3	64,9	60,2	52,5	49,3	44,1	34,4	28,2	23,7
0,60	77,6	71,2	65,9	61,1	53,4	50,2	44,9	35,2	28,9	24,4
0,65	70,4	72,1	66,6	61,9	54,2	51,0	45,7	35,9	29,5	25,0
0,70	79,3	72,9	67,5	62,7	54,9	51,7	46,4	36,6	30,2	25,6
0,75	80,0	73,7	68,2	63,5	55,7	52,5	47,1	37,2	30,8	26,1
0,80	80,8	74,5	68,9	64,2	56,4	53,1	47,7	37,8	31,3	26,7
0,85	81,5	75,1	69,6	64,9	57,1	53,8	48,3	38,4	31,9	27,2
0,90	82,2	75,7	70,2	65,5	57,6	54,4	48,9	39,0	32,4	27,7
0,95	82,5	76,3	70,9	66,1	58,2	54,9	49,5	39,5	32,9	28,1
1,00	83,3	76,9	71,4	66,7	58,8	55,6	50,0	40,0	33,3	28,6
1,10	84,3	77,9	72,4	67,5	59,6	56,3	50,8	40,7	34,0	29,2
1,20	85,3	78,9	73,3	68,4	60,5	57,1	51,5	41,4	34,6	29,8
1,30	86,3	79,8	74,1	69,1	61,2	57,8	52,2	42,0	35,2	30,3
1,40	87,1	80,6	74,9	69,9	61,9	58,5	52,8	42,6	35,8	30,9
1,50	87,0	81,4	75,6	70,5	62,5	59,1	53,4	43,2	36,3	31,4

Bảng 4.26

Giá trị của hệ số nhám n và tốc độ cho phép V_{cp} của các loại công trình gia cố

Thứ tự	Loại gia cố	n	V_{cp} (m/s)
1	Lát đá ba xây vữa một lớp trên móng đá dăm $D = 0,15 \div 0,20m$	0,020	2,5
2	Lát đá phiến một lớp trên móng đá dăm $D = 0,15m$	0,025	2,5
	$D = 0,20m$	0,025	3,0
	$D = 0,25m$	0,025	3,5
3	Lát đá mặt nhám xây vữa trên móng đá dăm $D = 0,20m$	0,025	3,5
	$D = 0,25m$	0,025	4,0
4	Lát đá hai lớp (lớp trên xây vữa) trên lớp móng đá dăm chiều dày lớp trên 0,20m chiều dày lớp dưới 0,15m	0,025	3,5
5	Lát đá hai lớp xây vữa xi măng dày 0,35m trên lớp móng đá dăm	0,025	6,0
6	Lát đá hai lớp xây vữa trên móng đá dăm lớp trên dày $D = 0,20m$	0,035	4,5
	lớp dưới $D = 0,15m$		
7	Lát tấm bê tông lắp ghép mác 250 có trát mặt trên lớp móng đá dăm	0,015	8,0
8	Lòng máng xây lát bằng đá mặt nhám (bằng đá gốc có cường độ $> 300kg/cm^2$)	0,020	6,0
9	Lòng máng xây bằng bê tông có các gờ ngang để tăng độ nhám	0,017	6,0
10	Gia cố bề mặt bằng bê tông	0,025	6,0
11	Xây đá kích cỡ $0,20 \div 0,30m$ chống xói	0,017	3,5
12	Móng bê tông mác 150 có tạo nhám	0,020	10
13	Máng đục trong đá gốc	0,025	-

(Chú thích của bảng 4.26)

- Nếu chiều sâu dòng chảy h nhỏ hơn kích thước đá lát thì có thể tăng lưu tốc cho phép từ mục 1 ÷ 4 theo công thức sau:

$$(V') = [V]\sqrt{m} \text{ trong đó } m = \frac{D_{lb}}{h} \text{ (} D_{lb} \text{ - đường kính trung bình của đá)}$$

- Khi dòng chảy qua công trình không mang theo cát thì lưu tốc cho phép trong mục 9 có thể tăng lên đến 8m/s.

$$H_0 - \text{tổng cột nước, } H_0 = H + \frac{\alpha V_0^2}{2g}$$

Với: α - hệ số phân bố lưu tốc không đều, bằng $1,0 \div 1,1$;

V_0 - lưu tốc, (m/s);

H - chiều sâu nước trong máng.

Chiều dài của máng dẫn nước vào δ tính theo công thức:

$$\delta = (2 - 4)H \quad (4.70)$$

Trong đó H - chiều sâu nước trước máng, m

b. Tính toán thủy lực bộ phận dốc nước

Chiều rộng dốc nước b có thể xác định theo công thức kinh nghiệm sau

$$b = 0,765 Q^{2/5} \dots \quad (4.71)$$

Cũng có thể tính theo công thức:

$$b = \frac{\alpha Q}{m h_\delta^{5/3} I^{1/2}} = \frac{Q I^{3/2} m^{3/2}}{\alpha^{3/2} V^{5/2}} \quad (4.72)$$

Trong đó:

α - hệ số xét đến ảnh hưởng của bọt khí, tra bảng 4.27.

h_δ - chiều sâu tự nhiên, (m); V - lưu tốc, (m/s);

I - độ dốc của dốc nước.

$m = \frac{1}{n}$ là hệ số nhám, tra ở bảng 4.26.

Bảng 4.27

Độ dốc của dốc nước i	α
0,1 ÷ 0,2	1,33
0,2 ÷ 0,4	1,33 ÷ 2,00
0,4 ÷ 0,6	2,00 ÷ 3,33

Chú thích (của bảng 4.27)

Khi $R = 0,1 \div 0,3m$ dùng giới hạn trên, khi $R < 0,1m$ dùng giới hạn dưới. Kinh nghiệm cho thấy khi $V \geq 4$ m/s, $i > 0,06$, $R \leq 0,3m$ phải xét đến ảnh hưởng của bọt khí trong dòng chảy, khi đó nên tính hệ số nhám theo công thức :

$$n_a = a n = a \frac{1}{m}$$

Trong đó : m, n là hệ số nhám bình thường;

Sau khi quyết định hình thức gia cố của dốc nước, có thể lấy lưu tốc cho phép, hệ số nhám ứng với hình thức gia cố đó rồi thay vào công thức (4.60) để tìm chiều rộng b và từ b tìm ra h_δ .

Chiều sâu phân giới (tức là chiều sâu ở điểm bắt đầu dốc nước) h_k .

Khi thiết kế dốc nước cần phải bảo đảm dòng chảy luôn ở trạng thái chảy xiết trên toàn bộ chiều dài dốc, tức là phải bảo đảm chiều sâu mực nước trong dốc nước luôn nhỏ hơn chiều sâu phân giới h_k .

Do đó khi tính toán thủy lực dốc nước cần phải xác định chiều sâu phân giới ở trong lòng máng để so sánh.

+ Với lòng máng chữ nhật:

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} \quad (4.73)$$

+ Với lòng máng hình thang, tìm h_k từ phương trình sau:

$$1 - \frac{\alpha Q^2}{g(b + mh_k)^2 h_k^3} (b + 2m h_k) = 0 \quad (4.74)$$

Trong đó:

Q - lưu lượng thiết kế, (m^3/s);

b - chiều rộng đáy máng hoặc đáy rãnh, (m);

q - lưu lượng đơn vị ($q = \frac{Q}{b}$);

m - độ dốc taluy của máng hình thang,

g - như trên.

- *Chiều sâu dòng chảy tự nhiên* (chiều sâu chảy đều), h_δ . Chiều sâu chảy đều ổn định, tức là chiều sâu ở điểm cuối của đường cong nước nhảy có thể tính theo công thức dòng chảy đều ($Q = \omega V$).

Trước tiên giả định h_δ , tính toán lưu lượng Q , nếu sai khác với lưu lượng thiết kế không quá 5% thì được, nếu không cần giả định lại cho đến khi phù hợp.

- *Chiều dài đường cong nước nhảy* l .

Chiều dài đường cong nước nhảy tức là chiều dài giữa độ sâu h_k và h_δ hoặc từ điểm đầu dốc nước đến mặt cắt bắt đầu chảy đều (hoặc điểm cuối của đường cong nước nhảy), tính theo công thức:

$$l = \frac{\Xi_0 - \Xi_k}{I - I_{mt}} \quad (4.75)$$

Trong đó :

Ξ_0 - tỉ năng chỗ bắt đầu chảy đều (hoặc điểm cuối của đường cong nước nhảy), tính theo công thức sau:

$$\Xi_0 = h_\delta + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega^2}$$

Với ω - diện tích nước chảy tương ứng với chiều sâu h_δ

Ξ_k - tỉ năng ở chỗ có chiều sâu phân giới h_k tính theo công thức

$$\Xi_k = h_k + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_k^2}$$

Với ω_k - diện tích nước chảy tương ứng với chiều sâu h_k .

I - độ dốc của dốc nước;

I_{mt} - độ dốc ma sát trung bình, tính theo công thức:

$$I_{mt} = \frac{Q^2}{\omega_{tb}^2 \cdot C_{tb}^2 \cdot R_{tb}} \quad (4.76)$$

Trong đó : $\omega_{tb} = \frac{\omega_k + \omega}{2}$, $C_{tb} = \frac{C_k + C}{2}$, $R_{tb} = \frac{R_k + R}{2}$

Khi $l < L$ (L - chiều dài dốc nước) gọi là dốc nước dài.

Khi $l > L$ gọi là dốc nước ngắn.

Chiều sâu mực nước ở cuối dốc nước dài $h_c = h_d$, chiều sâu ở cuối dốc nước ngắn có thể tìm được qua nội suy.

- *Quyết định xem ở cuối dốc nước có cần công trình tiêu năng hay không.* Tùy theo điều kiện dòng chảy ở hạ lưu để quyết định xem có cần bố trí công trình tiêu năng ở cuối dốc hay không.

Nếu chiều sâu mực nước sau dốc nước t nhỏ hơn chiều sâu mực nước ở cuối dốc nước h_c ($t < h_c$) thì phát sinh nước nhảy và phải xây dựng thiết bị tiêu năng. Ngược lại nếu $t > h_c$ thì không cần làm công trình tiêu năng. Tìm giá trị của t theo cách thử dần: đầu tiên giả định t rồi dựa vào mặt cắt và hệ số nhám của suối ở hạ lưu để tìm lưu lượng tương ứng. Nếu lưu lượng tính và lưu lượng thiết kế sai khác không quá 5% thì giả định là phù hợp và không phải tính lại.

- *Hình thức gia cố.*

Căn cứ vào lưu tốc của dốc nước lớn hay nhỏ, tình hình địa chất và tình hình vật liệu xây dựng địa phương để chọn hình thức gia cố. Lưu tốc cho phép không gây xói lở lòng suối thiên nhiên và công trình gia cố cho ở các bảng (4.5a) và (4.26).

c. Tính toán thủy lực bộ phận nước ra

Nếu đáy suối nối tiếp với phần cuối của dốc nước có độ dốc nhỏ hơn độ dốc phân giới thì dòng chảy từ trạng thái chảy xiết (trong dốc nước) sẽ chuyển sang trạng thái chảy êm và như vậy sẽ phát sinh nước nhảy. Để cho nước nhảy là nhảy ngập, nhằm giảm bớt công trình gia cố, cũng nên bố trí công trình tiêu năng tại cuối dốc nước hoặc ở điểm đầu của bộ phận nước ra (có thể dùng các công trình gia cố kiểu đặc biệt).

Công trình tiêu năng thường dùng trong các công trình thoát nước đường ô tô thường có hai loại: hố tiêu năng (có hoặc không có tường), và gờ tiêu năng.

- *Tính toán thủy lực hố tiêu năng.*

Các hố tiêu năng thường có tiết diện chữ nhật nên ở đây chỉ giới thiệu phương pháp tính toán thủy lực loại này.

Hố tiêu năng có tường (hình 4.24)

Chiều sâu hố tiêu năng d . Đầu tiên từ công thức (4.77) tìm được chiều sâu gần đúng lần thứ nhất d_1 :

$$d_1 = (1,15 + 1,20)h''_c - t \quad (4.77)$$

Trong đó : h''_c , t - như trên.

Từ công thức (4.78) tìm được tỉ năng Ξ_o ở điểm cuối dốc nước đối với điểm thấp nhất của đáy hố tiêu năng :

$$\Xi_o = h_c + \frac{2V_c^2}{2g} + d_1 \quad (4.78)$$

Sau đó lại tìm h'_c . Có thể dùng toán đồ 4.25, căn cứ vào $\xi_o = \frac{\Xi_o}{h_k}$ và hệ số lưu tốc φ (giá trị của nó xem biểu phụ trong toán đồ (4.25) tra được ξ''_c và $h''_c = \xi''_c h_k$

Chiều sâu gần đúng lần thứ hai d_2 :

$$d_2 = \sigma h''_c - t$$

Trong đó:

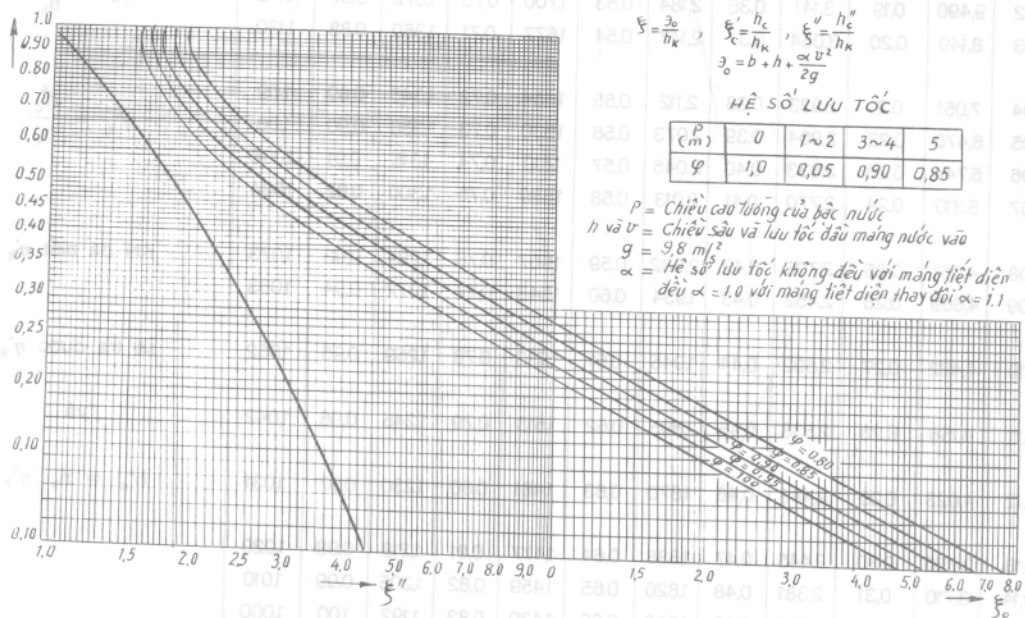
σ - hệ số ngập của nước nhảy, lấy bằng $1,05 \div 1,10$

h''_c - chiều sâu của mặt cát thu hẹp tương ứng với chiều sâu nước nhảy liên hợp

- Các ký hiệu khác như trên.

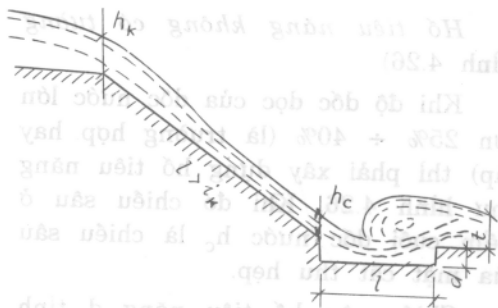
Từ công thức (4.79) tìm được d_2 , nếu sai khác với d_1 không quá 5% thì được. Nếu không sẽ phải tính lại.

Chiều dài hố tiêu năng l tính theo công thức.



Hình 4.25

Toán đồ xác định ξ_c và ξ''_c



Hình 4.24

Hố tiêu năng có tường

$$l = 3\sqrt{\varnothing_0 d} \quad (4.80)$$

Hố tiêu năng không có tường
(hình 4.26)

Khi độ dốc dọc của dốc nước lớn hơn 25% ÷ 40% (là trường hợp hay gặp) thì phải xây dựng hố tiêu năng như hình 4.26. Khi đó chiều sâu ở điểm cuối dốc nước h_c là chiều sâu của mặt cắt thu hẹp.

Chiều sâu hố tiêu năng d tính công thức sau:

$$d = \sigma h'_c - t \quad (4.81)$$

Trong đó:

σ - hệ số ngập của nước nhảy, bằng 1,05 ÷ 1,10;

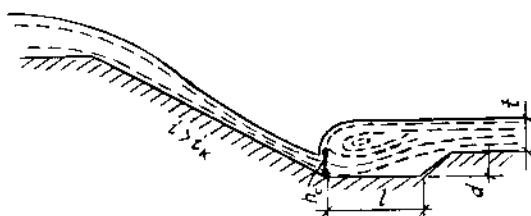
h''_c - chiều sâu nước nhảy liên hợp với chiều sâu cuối dốc nước h_c , có thể tra bảng (4.28).

Quyết định chiều dài của hố tiêu năng theo công thức

$$l = 3h''_c \quad (4.82)$$

Bảng 4.28

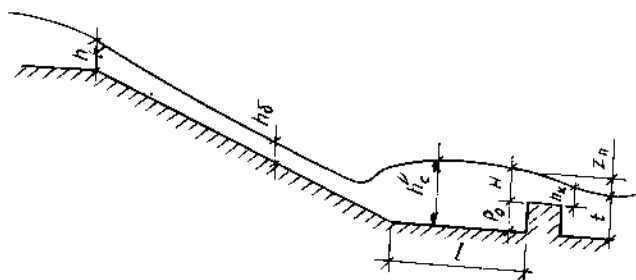
η'_k	η''_k	η'_k	η''_k	η'_k	η''_k	η'_k	η''_k	η'_k	η''_k	η'_k	η''_k	Chú thích
0,01	14,141	0,18	3,254	0,35	2,218	0,52	1,723	0,69	1,390	0,86	1,154	$\eta'_k = \frac{h_c}{h_k}$
0,02	9,490	0,19	3,141	0,36	2,184	0,53	1,700	0,70	1,372	0,87	1,142	
0,03	8,149	0,20	3,064	0,37	2,147	0,54	1,677	0,71	1,360	0,88	1,130	
0,04	7,051	0,21	2,933	0,38	2,112	0,55	1,654	0,72	1,345	0,89	1,119	$\eta''_k = \frac{h''_c}{h_k}$
0,05	6,470	0,22	2,904	0,39	2,073	0,56	1,630	0,73	1,330	0,90	1,110	
0,06	5,744	0,23	2,833	0,40	2,045	0,57	1,610	0,74	1,316	0,91	1,096	
0,07	5,310	0,24	2,770	0,41	2,013	0,58	1,589	0,75	1,300	0,92	1,084	
0,08	4,961	0,25	2,706	0,42	2,982	0,59	1,567	0,76	1,284	0,93	1,073	Khi đã biết η'_k
0,09	4,669	0,26	2,452	0,43	1,954	0,60	1,548	0,77	1,272	0,94	1,063	
0,10	4,422	0,27	2,592	0,44	1,945	0,61	1,533	0,78	1,259	0,95	1,052	sẽ tra được η''_k
0,11	4,156	0,28	2,538	0,45	1,895	0,62	1,513	0,79	1,245	0,96	1,042	và
0,12	4,023	0,29	2,448	0,46	1,870	0,63	1,481	0,80	1,230	0,97	1,031	$h''_c = h_k \cdot \eta''_k$
0,13	3,860	0,30	2,445	0,47	1,838	0,64	1,477	0,81	1,218	0,98	1,020	
0,14	3,710	0,31	2,381	0,48	1,820	0,65	1,459	0,82	1,205	0,99	1,010	
0,15	3,577	0,32	2,336	0,49	1,790	0,66	1,439	0,83	1,192	1,00	1,000	
0,16	3,464	0,33	2,300	0,50	1,765	0,67	1,424	0,84	1,189			
0,17	3,350	0,34	2,271	0,51	1,747	0,68	1,409	0,85	1,167			



Hình 4.26

Hố tiêu năng không có tường

- Tính toán thủy lực gờ tiêu năng (hình 4.27)



Hình 4.27
Gờ tiêu năng

+ Tính toán chiều cao của gờ tiêu năng P_o (hình 4.27) theo công thức

$$P_o = \sigma h''_c - H_o + \frac{V_c^2}{2g} = \sigma h''_c - \frac{q^{2/3}}{\sigma_n^{2/3} (m\sqrt{2g})^{2/3}} + \frac{q^2}{2g(\sigma h''_c)^2} \quad (4.83)$$

Trong đó:

σ_n - hệ số ngập;

m - hệ số lưu lượng, thường lấy bằng $0,36 \div 0,48$, với tiết diện chữ nhật có thể dùng trị số trung bình $m = 0,42$.

Các ký hiệu khác như trên.

Nếu gờ tiêu năng là chảy tràn tự do, tức $P_o > t$ (t là chiều sâu nước ở hạ lưu) thì lấy $\sigma_n = 1$ và tìm P_o theo công thức (4.83). Nếu $P_o > t$ thì $\sigma_n < 1$ và có thể tham khảo đường cong vẽ ở hình 4.28 để tìm σ_n rồi tìm P_o .

Trình tự xác định σ_n dựa theo hình 4.28 như sau:

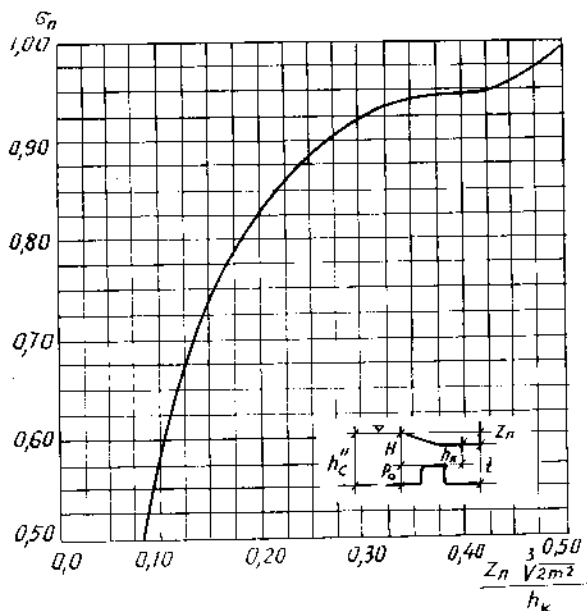
• Tính $Z_n = h''_c - t$ (cách tìm h''_c như trên)

• Tính trị số $\frac{Z_n \sqrt[3]{2m^2}}{h_k}$ (cách

tìm h_k như trên, m là hệ số lưu lượng gờ tiêu năng, như trên).

• Theo đường cong 4.28 để tìm ra σ_n .

Kinh nghiệm cho thấy để xác định xem tại gờ tiêu năng có



Hình 4.28
Giá trị của hệ số ngập σ_n

nhảy ngập hay không thì căn cứ vào điều kiện là $h_n > 0$ (xem hình (4.27) và phải xét thêm điều kiện thứ hai là $\frac{Z_n}{P_c} < 0,7$.

Có thể xác định hệ số ngập σ_n theo công thức :

$$\sigma_n = 1,05 \left(1 + 0,2 \frac{h_n}{P_o} \right) \sqrt[3]{\frac{Z_n}{H}} \quad (4.84)$$

+ Khoảng cách l kể từ điểm cuối của dốc nước đến gờ tiêu năng có thể tính theo công thức:

$$l = 3h''_c \quad (4.85)$$

Nếu qua tính toán tìm được $P_o < t$ thì không phải tính lại, nếu $P_o > t$ thì phải xét xem có phải làm thêm gờ tiêu năng thứ hai hay không hoặc phải áp dụng biện pháp tăng độ nhám bề mặt của dốc nước lên.

Việc tính toán chiều cao của gờ tiêu năng thứ hai (nếu phải bố trí thêm) cũng được tiến hành tương tự như trên.

Khoảng cách giữa hai gờ tiêu năng thứ nhất và thứ hai tính theo công thức sau:

$$l_1 = \left[0,3H_o + 1,65\sqrt{H_o(P_o + 0,32H_o)} \right] + 3h''_c \quad (4.86)$$

Trong đó: H_o - tổng cột nước trước gờ, (m);

P_o - chiều cao gờ;

h''_c - chiều sâu liên hợp của mặt cắt thu hẹp trong gờ.

2. Dốc nước có bề mặt nhám nhân tạo

Với các dốc nước có độ dốc rất lớn, người ta thường dùng biện pháp tăng độ nhám nhân tạo để giảm lưu tốc của dòng chảy.

Hình thức mặt bằng của dốc nước có tăng độ nhám nhân tạo gần giống như dốc nước thường, việc tính toán thủy lực cũng tương tự, chỉ có hệ số nhám thì dùng hệ số nhám đặc biệt sau khi tạo nhám nhân tạo (có giá trị khác nhau tùy theo hình thức tạo nhám khác nhau) - Các hình thức tạo nhám nhân tạo thường dùng là : làm các gờ ngang thẳng (tiết diện chữ nhật), xây các phiến vuông kiểu bàn cờ, xây các gờ ngang kiểu chữ nhân ngược với hướng nước chảy.

Mục đích của việc tạo nhám nhân tạo chủ yếu là chọn một hình thức tăng hệ số nhám nào đó nhằm bảo đảm cho lưu tốc không vượt quá lưu tốc cho phép.

Tính toán lưu tốc cho phép. Lưu tốc cho phép V_{cp} của dốc nước có đáy máng tạo nhám nhân tạo theo một hình thức nào đó được tính theo công thức:

$$V_{cp} = C_o \sqrt{Ri} \quad (4.87)$$

Trong đó:

R - bán kính thủy lực, m;

i - độ dốc đáy máng;

C_o - hệ số nhám đặc biệt có liên quan với hình thức tạo nhám, có thể tính theo mấy cách sau:

1. Các gờ chữ nhật

- Gờ ngang kiểu thẳng (hình 4.29)

$$C_o = \frac{1000k}{47,5 - 1,2 \frac{h}{P} + 0,1} \quad (4.88)$$

- Gờ ngang kiểu so le (hình 4.30)

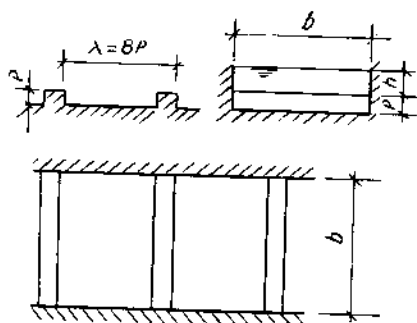
$$C_o = \frac{1000k}{54,2 - 2,1 \frac{h}{P} + 0,33\beta} \quad (4.89)$$

Trong đó: $\beta = \frac{b}{h}$ với h - chiều sâu của nước trên gờ

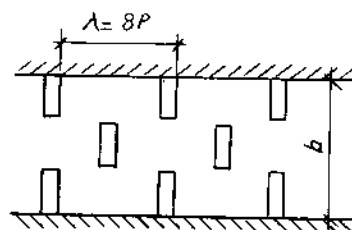
P - chiều cao gờ;

b - chiều rộng đáy máng;

k - hệ số điều chỉnh độ dốc, tra bảng 4.29.



Hình 4.29
Gờ ngang kiểu thẳng



Hình 4.30
Gờ ngang kiểu so le.

Bảng 4.29

Giá trị hệ số k của bề mặt tạo nhám bằng gờ ngang thẳng

Độ dốc đáy máng i	0,10	0,15	0,20 ÷ 0,25
k	0,90	100	1,1

Phạm vi thích hợp của các công thức (4.88) và (4.89) là khi $\frac{h}{P} = 3 \div 8$, $\beta = 1 \div 1,2$ và khoảng cách giữa các gờ $\lambda = 8P$

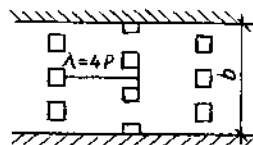
2. Gờ vuông kiểu bàn cờ (hình 4.31)

$$C_o = \frac{1000}{52 - 5,1 \frac{h}{P} - 0,8\beta} \quad (4.90)$$

Trong đó

$$\beta = \frac{b - NP}{h + P}$$

Với N - số bình quân của gờ vuông trong mỗi hàng ngang của máng.



Hình 4.31

Gờ vuông kiểu bàn cờ.

Công thức (4.90) thích hợp khi $\frac{h}{P} = 2 \div 5$

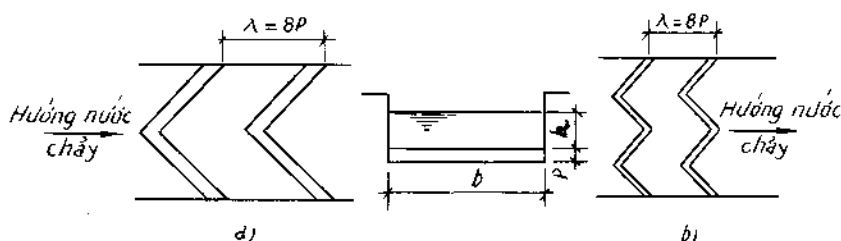
và $\beta = 1 \div 2$ với khoảng cách giữa các gờ vuông $\lambda = 4P$. Khi dùng đá hộc to không quy cách để xây thành mặt nhám cũng có thể tính toán gần đúng theo công thức trên.

3. Gờ ngang kiểu chữ nhân ngược với dòng chảy.

- Kiểu hình chữ nhân đơn (hình 4.32a)

$$C_o = \frac{1000k}{85,8 - 3,9 \frac{h}{P} - 0,8\beta} \quad (4.91)$$

- Kiểu gờ dích dắc (hình 4.32b)



Hình 4.32

Gờ ngang kiểu chữ nhân.

$$C_o = \frac{1000k}{116,1 - 61 \frac{h}{P} - 1,2\beta} \quad (4.92)$$

Trong đó : K - hệ số hiệu chỉnh độ nhám, xem bảng 4.30

$$\beta = \frac{b}{h} - \text{Các ký hiệu khác như trên.}$$

Công thức (4.91) thích hợp khi $\frac{h}{P} = 3,5 \div 8$, $\beta = 1 \div 6$ và khoảng cách

$\lambda = 8P$. Công thức (4.92) thích hợp khi $\frac{h}{P} = 5 \div 12$, $\beta = 1 \div 12$ và khoảng cách $\lambda = 8P$.

Phương pháp đơn giản nhất để tăng độ nhám là xây ở đáy máng các hòn đá cứng, chắc, không quy cách tạo thành các gờ so le như trên. Khi tạo nhám theo cách này thì không có công thức chính xác để tính C_0 và có thể tính gần đúng theo các công thức (4.91) và (4.92).

Kinh nghiệm cho thấy là kiểu tăng độ nhám bằng cách làm gờ dích dắc là có hiệu quả nhất, rồi đến gờ chữ nhân, gờ chữ nhật, gờ vuông kiểu bàn cờ.

Căn cứ vào Q , i , b , v để tìm chiều sâu h , bán kính thủy lực R , β và hệ số nhám cần thiết, rồi dựa vào độ nhám tìm được này để chọn hình thức tăng độ nhám nhân tạo.

Bảng 4.30
Hệ số k của bề mặt tạo nhám bằng gờ gang kiểu chữ nhân

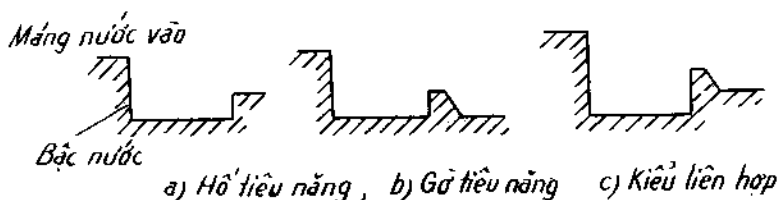
Độ dốc đáy i	0,04 ÷ 0,06	0,10	0,15 ÷ 0,25
Gờ ngang kiểu chữ nhân	1,33	1,11	1,00
Gờ ngang kiểu dích dắc	1,33	1,25	1,00

3. Bậc nước có công trình tiêu năng

Khi sườn núi rất dốc thì dùng bậc nước một bậc hoặc nhiều bậc có công trình tiêu năng. Hình thức bậc nước có hiệu quả kinh tế kỹ thuật cao nhất là loại bậc nước làm cho dòng chảy hình thành sự nhảy ngập liên kết với nhau. Trong đường ô tô thường rất ít dùng bậc nước không có công trình tiêu năng vì loại này không kinh tế do năng lượng nước bị tiêu hao chủ yếu trong quá trình nước chảy và chỉ thích hợp khi độ dốc khe suối nhỏ.

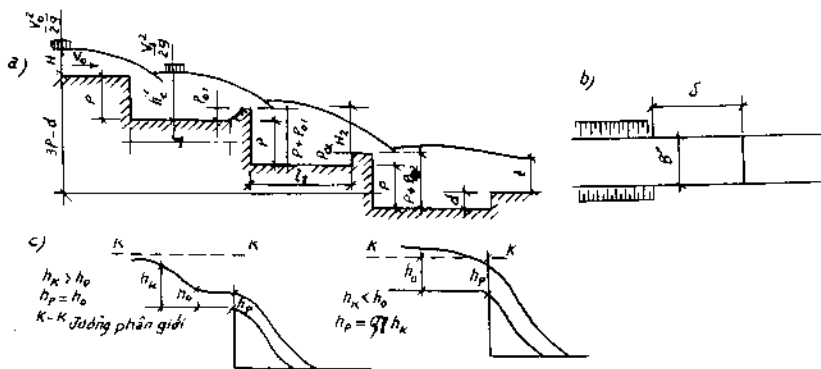
Loại bậc nước một bậc có công trình tiêu năng gồm có ba bộ phận: máng dẫn nước vào, bậc nước và công trình tiêu năng (hình 4.33).

Các kiểu công trình tiêu năng thường dùng gồm có: gờ tiêu năng, hố tiêu năng và công trình liên hợp hai loại trên.



Hình 4.33

Sơ đồ bậc nước một bậc có công trình tiêu năng
a) hố tiêu năng; b) gờ tiêu năng; c) kiểu liên hợp



Hình 4.34

Bậc nước nhiều bậc có công trình tiêu năng.

a) Sơ đồ bậc nước, b) mặt bằng máng dẫn nước vào, c) bộ phận nước vào

Bậc nước nhiều bậc có công trình tiêu năng (hình 4.34) thường dùng khi địa hình khe suối khá dài và dốc. Phải căn cứ địa hình cụ thể để bố trí dốc nước thích hợp nhằm giảm khối lượng đào đắp. Tuy nhiên cần chú ý là khi độ dốc lớn thì chiều dài hồ tiêu năng phải dài, vì vậy khi chọn hình thức tiêu năng ở sườn dốc đứng cần phải tiến hành so sánh kinh tế kỹ thuật.

a) Tính toán thủy lực bậc nước

- *Máng dẫn nước vào*: Máng dẫn nước vào của bậc nước thường được tính toán như một đập tràn đỉnh rộng. Nội dung tính toán chủ yếu là tìm chiều rộng của máng (B') và lưu tốc lớn nhất ở cửa máng V_{max}

- Chiều rộng máng dẫn nước vào tiết diện chữ nhật B' được tính toán như dốc nước.

+) Lưu tốc lớn nhất V_p

Lưu tốc lớn nhất V_p ở cửa của máng dẫn nước vào tiết diện chữ nhật tính theo công thức:

$$V_p = \frac{Q}{B'h_p} \quad (4.93)$$

Trong đó:

h_p - chiều sâu mực nước ở cửa bậc (xem hình 4.34c) xác định theo điều kiện sau:

Nếu $h_k > h_o$ thì $h_p = h_o$;

Nếu $h_k \leq h_o$ thì $h_p = 0,7h_k$.

Trong đó:

h_o - chiều sâu của mực nước trong máng dẫn nước vào.

+) Chiều sâu phân giới h_k .

Chiều sâu phân giới h_k của tiết diện chữ nhật tính theo công thức:

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gB^2}} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q^2}{g}} \quad (4.94)$$

Các ký hiệu như trên.

+) Chiều dài của máng dẫn nước vào δ (hình 4.34b)

$$\delta = (2 \div 4)H \quad (4.95)$$

+ Với H - chiều sâu nước trên máng.

+) Hình thức gia cố và chiều dài gia cố.

Căn cứ vào V_p tìm được, dựa vào bảng (4.26) để chọn hình thức gia cố, còn chiều dài gia cố thường không lớn hơn $2H$. Khi chiều dài gia cố lớn hơn $2H$ phải căn cứ vào $\frac{V_o + V_p}{2}$ để giải quyết định hình thức gia cố (V_o là lưu tốc ứng với chiều sâu mực nước h_o của bậc nước gần đó).

- Bộ phận nước ra.

Nội dung tính toán thủy lực của bộ phận nước ra chủ yếu là để xác định chiều cao của gờ tiêu năng hoặc chiều sâu của hố tiêu năng và khoảng cách từ tường bậc nước đến gờ tiêu năng hoặc chiều dài của hố tiêu năng.

+) Tính toán thủy lực gờ tiêu năng

Chiều cao gờ tiêu năng P_o tính tương tự như gờ tiêu năng của dốc nước và xác định theo công thức:

$$P_o = \sigma_n h'_c - H \quad (4.96)$$

$$H = H_o - \frac{\alpha V_o^2}{2g} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{2gB^2\sigma_n^2 m^2}} - \frac{\alpha Q^2}{2gB^2(\sigma h'_c)^2}$$

Với tiết diện chữ nhật:

$$H = \frac{h_k}{\sqrt[3]{2\alpha\sigma_n^2 m^2}} - \frac{h_k^3}{2\sigma^2 h_c'^2} \quad (4.97)$$

$$\text{Từ đó:} \quad P_o = \sigma h''_c - \frac{h_k}{\sqrt[3]{2\alpha\sigma_n^2 m^2}} + \frac{h_k^3}{2\sigma^2 h''_c{}^2} \quad (4.98)$$

Trong đó:

σ_n - hệ số ngập, phương pháp tính toán giống như với gờ tiêu năng của dốc nước

- Các ký hiệu khác như trên.

Sau đó tìm chiều sâu h_c của mặt cát thu hẹp sau dốc nước và chiều sâu liên hợp h''_c .

Có thể dựa vào toán đó 4.25 để tìm:

$$\Xi_o = 1,5h_k + P \text{ (tiết diện chữ nhật)}$$

Trong đó: P - chiều cao tường bậc nước, (m);

Căn cứ vào $\xi_0 = \frac{\Xi_0}{h_k}$ và hệ số lưu tốc φ tra được ξ_c và ξ''_c . Và : $h_c = \xi_c h_k$,

$$h''_c = \xi''_c h_k.$$

Mang H và h''_c tìm được thay vào công thức (4.84) thì được chiều cao của gờ tiêu năng P_0 .

Việc tính toán của vào, của ra của bậc nước nhiều bậc vẽ ở hình 4.34 giống như tính toán bậc nước một bậc. Với các bậc trung gian nếu $P_{02} + H_2 < P_{01} + H_1$ thì gờ tiêu năng thứ nhất làm việc như một đập tràn tự do và tính toán P_{01} là tính toán cuối cùng.

Nếu $P_{02} + H_2 > P_{01} + H_1$ thì gờ tiêu năng thứ nhất làm việc như một đập tràn chảy ngập và phải tính toán lại gờ tiêu năng thứ nhất theo trình tự sau:

- Giả định lại P'_{01} có giá trị nhỏ hơn so với P_{01}

- Tìm $Z_n(h''_c + P) - (P_{02} + H_2)$ ở vị trí P_{01}

- Tính toán $\frac{Z_n \sqrt[3]{2m^2}}{h_k}$ (lấy hệ số lưu lượng $m = 0,42$) tra hình (4.28) tìm được σ_n .

- Tìm tổng cột nước trên gờ tiêu năng thứ nhất:

$$H_{01} = H_0 = H_1 + \frac{\alpha Q^2}{2g\beta^2(\sigma h''_c)^2} = h''_c - P'_{01} + \frac{Q^2}{2gB^2(\sigma h''_c)^2}$$

- Tính toán lưu lượng trên gờ tiêu năng thứ nhất:

$$Q_1 = \sigma_n \sqrt{2gm} B H_{01}^{3/2}$$

Nếu Q_1 tìm ra sai khác với Q dưới 5% là được, nếu không thì phải giả định lại P_{01} và tính toán lại theo trình tự như trên.

. *Tính chiều dài bậc nước l*

$$l = l_1 + l_2 \quad (4.98)$$

Trong đó : l_1 - chiều dài đoạn nước đổ.

$$l_1 = V_p \sqrt{\frac{2P + h_p}{g}} \quad \text{hoặc} \quad l_1 = 0,32 V_p \sqrt{2P + h_p}$$

với: P - chiều cao tường của bậc nước, (m);

h_p - chiều sâu nước chảy vào trên bậc nước (m);

V_p - lưu tốc chảy vào trên bậc nước, (m/s);

l - chiều dài nước nhảy, $l_2 = 3h''_c$.

. *Kiểm toán gờ tiêu năng cuối cùng như với dốc nước.*

. *Chọn và tính toán đoạn quá độ của rãnh dẫn nước vào.*

Nếu $h'_1 > t$ tức là không có hiện tượng nước dâng trong đoạn từ mặt cắt đầu rãnh thoát nước ra đến mặt cắt có chiều sâu t , thì không cần bố trí đoạn quá độ.

Nếu $h'_1 < t$ thì có hiện tượng nước dâng và cần phải bố trí đoạn quá độ.

Với t - chiều sâu mực nước tự nhiên ở cửa ra.

h'_1 - chiều sâu ngay đầu cửa ra, tìm được theo các công thức sau:

$$h'_1 = \frac{\omega_c t_1}{b} \quad (\text{mặt cắt chữ nhật}) \quad (4.99)$$

hoặc
$$h'_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4m\omega_{ct1}}}{2m} \quad (\text{mặt cắt hình thang}) \quad (4.100)$$

Sau khi dùng các công thức (4.99) hoặc (4.100) xác định xem có cần đoạn rãnh quá độ không thì dùng công thức (4.101) để tìm ra chiều dài đoạn rãnh quá độ l :

$$l = \frac{\Xi - \Xi_1}{i_c - i_{mt}} \quad (4.101)$$

Trong đó : Ξ - tỉ năng ứng với chiều sâu mực nước h ;

$$\Xi = h + \frac{\alpha V_1^2}{2g}$$

Ξ_1 - Tỉ năng ứng với chiều sâu h'_1 ;

$$\Xi_1 = h_1 + \frac{\alpha V_{et}^2}{2g}$$

i_o - độ dốc đáy rãnh;

i_{mt} - độ dốc ma sát trung bình bằng

$$\frac{i_t + i'_1}{2} ;$$

i_t - độ dốc ma sát khi chiều sâu mực nước là t

$$i_t = \frac{V_t^2}{C_o^2 R_t}$$

i'_1 - độ dốc ma sát khi chiều sâu mực nước là h'_1

$$i'_1 = \frac{V_o^2}{C_o'^2 R_{ct1}}$$

C_o, C_o' - hệ số ma sát đặc biệt khi có xét đến việc tạo độ nhám nhân tạo.

+) *Tính toán thủy lực hồ tiêu năng*

• *Chiều sâu hồ tiêu năng d_o*

$$d_o = \sigma h''_c - t \quad (4.102)$$

Các ký hiệu giống như với hồ tiêu năng của dốc nước nhưng ở đây dùng $\sigma = 1,05$.

Cách tính toán giống như tính hồ tiêu năng của dốc nước. Khi tính cụ thể thì tiến hành theo các bước sau:

- Trước hết giả định chiều sâu hồ tiêu năng $d_o = 0$ rồi tìm ra h_c và h'_c ;

- Tìm chiều sâu gần đúng theo công thức:

$$d_{01} = 1,20h'_c - t$$

- Tiếp tục căn cứ vào d_{01} tính lại h_c và h''_c và dựa vào công thức (4.102) tìm ra d_0 .

• Chiều dài hố tiêu năng l .

$$l = 2(P + d_0) \quad (4.103)$$

Các ký hiệu như trên.

4. Ví dụ tính toán

Ví dụ I. Tính toán thủy lực dốc nước

a) *Số liệu thiết kế*

Lưu lượng thiết kế $Q = 1,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Máng dẫn nước vào mặt cắt hình thang: chiều rộng $b_1 = 1,0 \text{ m}$ taluy $m = 1,5$, độ dốc đáy $i_1 = 0,02$.

Máng dốc nước mặt cắt chữ nhật chiều dài $L = 5,0 \text{ m}$, $i_2 = 0,20$.

Gia cố đáy máng bằng cách xây đá tấm, $n = 0,02$.

Chiều sâu nước ở hạ lưu $t = 0,29 \text{ m}$.

b) *Tính toán thủy lực*

1. *Máng dẫn nước vào:*

+ Tính thử chiều sâu máng dẫn nước thượng lưu h_1

Giả định $h_1 = 0,35 \text{ m}$

Diện tích mặt cắt ngang thoát nước:

$$\omega_1 = h_1(b_1 + mh_1) = 0,35(1 + 1,5 \times 0,75) = 0,534 \text{ m}^2$$

$$\text{Chu vi ướt } X_1 = b_1 + 2h_1\sqrt{1+m^2} = 1 + 2 \times 0,35\sqrt{1+1,5^2} = 2,26 \text{ m}$$

$$\text{Bán kính thủy lực } R_1 = \frac{\omega_1}{X_1} = \frac{0,534}{2,26} = 0,236 \text{ m}$$

Dựa vào $n = 0,02$, $R_1 = 0,236 \text{ m}$, tra bảng 4.25 được $C_1 = 36,98$.

$$\text{Lưu tốc bình quân } V_1 = C_1\sqrt{R_1 i_1} = 36,98\sqrt{0,236 \times 0,02}$$

$$= 36,98 \times 0,0657 = 2,54 \text{ m/s.}$$

$$\text{Lưu lượng } Q = \omega V = 0,534 \times 2,54 = 1,356 \text{ m}^3/\text{s.}$$

Sai khác với lưu lượng thiết kế là 3% (< 5%)

Vậy h giả định là chính xác.

+ Tính chiều rộng máng dẫn nước vào B'

Để nối tiếp giữa máng dẫn và lòng suối tự nhiên được thuận lợi dùng máng dẫn nước có mặt cắt ngang hình chữ nhật với chiều rộng đáy $B' = 1,0 \text{ m}$.

+ Chiều dài máng dẫn nước vào δ

$$\delta = 4 \times 0,35 = 1,4\text{m}$$

(do máng dẫn nước vào ngắn nên chiều sâu nước không đổi).

+ Lưu tốc trong máng dẫn nước vào V_0

$$V_0 = \frac{Q}{bh_1} = \frac{1,4}{1 \times 0,35} = 4,00 \text{ m/s}$$

+ Chiều dày gia cố:

Dùng đá hộc xây vữa một lớp trên móng đá dăm, kích thước đá hộc $D = 25\text{cm}$.
Chỗ nối tiếp giữa lòng suối thượng lưu và máng dẫn nước thì lát đá khan.

2. Dốc nước

a) Chiều rộng dốc nước: dốc nước có tiết diện chữ nhật, chiều rộng dốc nước tính theo công thức sau:

$$b = 0,765 \sqrt[5]{Q^2} = 0,765 \sqrt[5]{1,4^2} = 0,765 \times 1,145 = 0,875\text{m}$$

Nếu dùng dốc nước có mặt nhám xây bằng đá cứng với lưu tốc cho phép là $6,5\text{m/s}$, hệ số bọt khí $\alpha = 1,33$ thì

$$b = \frac{QI^{3/4}m^{1/2}}{\alpha^{3/2}V^{5/2}} = \frac{1,4 \times 0,2^{3/4} \times \left(\frac{1}{0,02}\right)^{3/2}}{1,33^{3/2} \times 6,5^{5/2}} = 0,92\text{m}$$

Chọn $b = 1,0\text{m}$ để tiện nối tiếp với rãnh dẫn nước vào.

b) Chiều sâu phân giới của dốc nước h_k (chiều sâu ở đầu dốc)

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \times 1,4^2}{9,81 \times 1,0^2}} = 0,60\text{m}$$

c) Chiều sâu tự nhiên trong dốc nước h_δ

Thường dùng $h_\delta = 0,30\text{m}$

$$\omega_\delta = bh_\delta = 1 \times 0,3 = 0,3\text{m}^2$$

$$X_\delta = b + 2h_\delta = 1,0 + 2 \times 0,3 = 1,6\text{m}$$

$$R_\delta = \frac{\omega_\delta}{X_\delta} = \frac{0,3}{1,6} = 0,188\text{m}$$

Căn cứ vào $R_\delta = 0,188\text{m}$, $\eta = 0,02 \times 1,33 = 0,0266$ tra bảng 4.25 được $C_\delta = 24,6$.

Vậy

$$V_\delta = C_\delta \sqrt{R_\delta i_2} = 24,6 \sqrt{0,188 \times 0,2} = 4,77\text{m/s}$$

$$Q = \omega_\delta V_\delta = 0,3 \times 4,77 = 1,43\text{m}^3/\text{s}$$

Sai số $< 5\%$ (phù hợp với yêu cầu)

d) Chiều dài đường cong nước nhảy l

Dựa theo công thức
$$l = \frac{\Xi_\delta - \Xi_k}{i_2 - i_{ms}}$$

Trong đó $\Xi_\delta = h + \frac{\alpha Q^2}{2g\omega_\delta^2} = 0,3 + \frac{1,1 \times 1,4^2}{2 \times 9,81 \times 0,3^2} = 1,52$

$$\Xi_k = h_k + \frac{Q^2}{2g\omega_k^2} = 0,6 + \frac{1,1 \times 1,4^2}{19,62 \times 0,6^2} = 0,906$$

h	ω	X	R	C	V	Ξ
$h_k = 0,6$	0,6	2,2	0,273	27,2	-	0,91
$h_\delta = 0,3$	0,3	1,6	0,180	24,6	3,77	1,52
Trị số bình quân	0,45	-	0,231	25,9	-	

Độ dốc ma sát trung bình

$$i_{ms} = \frac{Q^2}{C_{tb}^2 \omega_{tb}^2 R_{tb}} = \frac{1,4^2}{25,9 \times 0,45^2 \times 0,231} = 0,063$$

$$l = \frac{1,52 - 0,91}{0,2 - 0,063} = \frac{0,61}{0,137} = 4,5m < L = 5,0 m$$

(thuộc loại dốc nước dài)

e) Chọn công trình tiêu năng ở cuối dốc nước:

Chiều sâu mực nước ở cuối dốc nước $h_c = h_\delta = 0,30m$

Tìm h''_c .

Theo bảng (4.28), căn cứ vào $\eta'_k \frac{h_c}{h_k} = \frac{0,3}{0,6} = 0,5$

Tra được $\eta''_k = 1,765$.

Vậy $h''_c = h_k \eta''_k = 0,6 \times 1,765 = 1,06 > t = 0,29m$

3. Bộ phận dẫn nước ra:

Do $h''_c > t$ nên cần phải bố trí công trình tiêu năng. Để làm thí dụ, ta tính toán với ba công trình tiêu năng để so sánh lựa chọn.

Phương án I ÷ Dùng hố tiêu năng có tường.

a) Chiều sâu hố tiêu năng

Giả định chiều sâu gần đúng lần thứ d_1

$$d_1 = 1,20h''_c - t = 1,2 \times 1,06 - 0,29 = 1,272 - 0,29 = 0,98m$$

Lưu tốc bình quân ở cuối dốc nước:

$$V_c = \frac{Q}{b.h_c} = \frac{1,4}{1 \times 0,3} = 4,67m/s$$

Tìm chiều sâu nước ở mặt cắt thu hẹp: Từ phương trình tỉ năng ở điểm thấp của đáy hố Ξ_0 .

$$\Xi_o = h_c + \frac{\alpha V_c^2}{2g} + d_1 = 0,3 + \frac{1,1 \times 4,67^2}{2 \times 9,81} + 0,98 = 2,5$$

và
$$\xi_o = \frac{\Xi_o}{h_k} = \frac{2,5}{0,6} = 4,167, \text{ dùng } \varphi = 0,95$$

Từ toán đồ 4.25 tra được $\xi_c'' = 2,09$

Vậy :
$$h''_c = \xi_c'' \cdot h_k = 2,09 \times 0,6 = 1,254\text{m}$$

Chiều sâu gần đúng tính lần thứ hai:

$$d_2 = \sigma h''_c - t = 1,05 \times 1,254 - 0,29 = 1,03\text{m}$$

Sai số so với giả định là 3%. Vậy chọn $d = 1,00\text{m}$.

b) Chiều dài hố tiêu năng:

$$l = 3\sqrt{\Xi_o d} = 3\sqrt{2,52 \times 1} = 3 \times 159 = 4,77\text{m}$$

dùng chiều dài hố tiêu năng $l = 4,80\text{m}$

c) Kiểu gia cố

Dựa vào lưu tốc $V_c = 4,67\text{m/s}$, tra bảng 4.26 chọn hình thức gia cố là đá hộc xây vữa hai lớp dày 35cm trên lớp móng đá dăm.

Phương án II ÷ Dùng hố tiêu năng không có tường.

a) Chiều sâu hố tiêu năng

Do không có tường nên
$$\Xi_o = 1,52, \frac{\Xi_o}{h_k} = \frac{1,52}{0,6} = 2,533$$

Tra toán đồ 4.25 với $\varphi = 1,0$ được $\xi_c'' = 1,775$

$$h''_c = \sigma h_c'' - t = 1,05 \times 1,065 - 0,29 = 0,83\text{m}$$

b) Chiều dài hố tiêu năng:

$$l = 3h''_c = 3 \times 1,065 = 3,20\text{m}$$

c) Hình thức gia cố giống phương án I.

Phương án III ÷ Dùng gờ tiêu năng:

Tổng cột nước trên gờ tiêu năng:

$$H_o = \frac{q^{2/3}}{\sigma_n^{2/3} (m\sqrt{2g})^{2/3}} = \frac{1,4^{2/3}}{1^{2/3} \times (0,42\sqrt{19,62})^{2/3}} = 0,828\text{m}$$

Cột nước trên gờ tiêu năng:

$$H_1 = H_o - \frac{q^2}{2g(\sigma h''_c)^2} = 0,828 - \frac{1,4^2}{19,62 \times (1,05 \times 1,06)^2} = 0,828 - 0,081 = 0,747\text{m}$$

a) Chiều cao gờ tiêu năng:

$$P_o = \sigma h''_c - H_1 = 1,05 \times 1,065 - 0,747 = 1,118 - 0,747 = 0,37 \approx 0,4\text{m}$$

Do $P_o > t$ nên $\sigma_n = 1$ là chính xác.

b) Khoảng cách từ điểm cuối của dốc nước đến gờ tiêu năng:

$$l = 3h''_c = 3 \times 1,065 = 3,2\text{m}$$

c) Kiểm toán xem có cần phải bố trí gờ tiêu năng thứ hai không.

$$\text{Dựa vào } \Xi_o = 1,5h_k + P_o = 1,5 \times 0,6 + 0,4 = 1,3$$

$$\xi_o = \frac{\Xi_o}{h_k} = \frac{1,30}{0,6} = 2,167$$

Tra toán đồ 4.25 với $\varphi = 0,95$ được $\xi_c = 0,595$.

$$\xi_c'' = 1,56.$$

$$\text{Vậy : } h_c = \xi_c \cdot h_k = 0,595 \times 0,6 = 0,36\text{m}$$

$$h''_c = \xi_c'' \cdot h_k = 1,56 \times 0,6 = 0,94\text{m}$$

Do $h''_c > t$ nên phải làm gờ tiêu năng thứ hai hoặc tăng thêm độ nhám ở đáy để tiêu năng.

Lưu tốc ở chỗ mặt cắt thu hẹp sau nước nhảy:

$$V_c = \frac{Q}{\omega_c} = \frac{1,4}{1 \times 0,36} = 3,88\text{m/s}$$

Dựa vào V_c có thể dùng cách tạo nhám nhân tạo thay cho việc làm gờ tiêu năng thứ hai.

Ví dụ 2: Tính toán thủy lực bậc nước nhiều cấp.

a. *Số liệu tính toán*

Lưu lượng thiết kế $Q = 1,5\text{m}^3/\text{s}$, chênh lệch cao độ thượng hạ lưu là 5,0m chiều cao bậc nước $P = 1,0\text{m}$, máng dẫn nước vào tiết diện chữ nhật đáy rộng 1,0m, taluy $m = 1,5$, đáy máng lát bằng đá cứng $n = 0,020$, máng của bậc nước có tiết diện chữ nhật đáy rộng 1,0m, gia cố bằng bê tông $n = 0,017$, độ dốc máng dẫn nước vào $i_o = 0,017$, độ dốc đáy máng dẫn nước ra $i_1 = 0,017$.

b. *Tính toán thủy lực.*

1. *Máng dẫn nước vào*

a) Chiều rộng đáy máng lấy 1,0m để dễ nối tiếp với lòng suối.

Giả thiết mực nước trong máng sâu $h_o = 0,52\text{m}$, tính được

$$\omega_o = b h_o = 1 \times 0,52 = 0,52\text{m}^2$$

$$\chi_o = b + 2h_o = 1 + 0,52 \times 2 = 2,04\text{m}$$

$$R_o = \frac{\omega_o}{\chi_o} = \frac{0,52}{2,04} = 0,255\text{m}$$

Đáy máng gia cố một lớp phủ bằng bê tông, hệ số nhám $n = 0,017$.

Dựa vào $R_o = 0,255\text{m}$, $n = 0,017$ tra bảng 4.25 được $C_o = 45,35$.

$$V_o = C_o \sqrt{R_o i} = 45,35 \sqrt{0,255 \times 0,017} = 2,99\text{m/s}$$

$$Q = \omega_o V_o = 0,52 \times 2,99 = 1,55\text{m}^3/\text{s}.$$

Sai số so với lưu lượng thiết kế là 3,5%, phù hợp quy định.

b) Chiều sâu mực nước ở cửa ra của máng dẫn nước vào h_p .

$$h_k = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{gb^2}} = \sqrt[3]{\frac{1,1 \times 1,5^2}{9,81 \times 1,0^2}} = 0,63m$$

Do $h_k > h_o$ cho nên lấy $h_p = H - h_o = 0,52m$

$$V_p = \frac{Q}{\omega_p} = \frac{1,5}{1 \times 0,52} = 2,88m/s$$

c) Chiều dài của máng dẫn nước vào δ .

$$\delta \approx 4H = 4 \times 0,52 = 2,08m$$

2. Bộ phận nước ra

Bậc nước thứ nhất

a) Chiều sâu của nước ở mặt cắt thu hẹp sau nước nhảy h_{c1} và chiều sâu mực nước liên hợp h''_{c1} .

$$\Xi_1 = 1,5h_k + P = 1,5 \times 0,63 + 1,0 = 1,945$$

$$\xi_1 = \frac{\Xi_1}{h_k} = \frac{1,945}{0,63} = 3,09$$

Tra toán đồ 4.25 với $\varphi = 0,95$ được $\xi'_{c1} = 0,46$, $\xi''_{c1} = 1,87$

$$h'_{c1} = 0,46 \times 0,66 = 0,29m ; h''_{c1} = 1,87 \times 0,63 = 1,18m$$

b) Cột nước trên gờ tiêu năng H_1 :

$$H_1 = H_o - \frac{\alpha V_o^2}{2g} - \frac{h_k}{\sqrt[3]{2\alpha\sigma_n^2 m^2}} - \frac{h_k^3}{2\sigma^2 h_c^2}$$

$$\frac{0,63}{\sqrt[3]{2 \times 1,1 \times 1,0^2 \times 0,42^2}} = \frac{0,63^3}{2 \times 1,05^2 \times 1,18^2} =$$

$$0,86 - 0,082 = 0,78m.$$

c) Chiều cao gờ tiêu năng P_1 :

$$P_1 = \sigma h'_c - H_1 = 1,05 \times 1,18 - 0,78 = 0,46 \approx 0,5m$$

Khoảng cách từ gờ tiêu năng đến tường bậc nước l

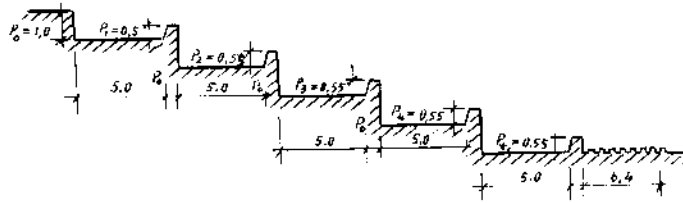
$$l = l_1 + l_2 = V_p \sqrt{\frac{2P + h_p}{g}} + 3h''_c$$

$$= 2,88 \sqrt{\frac{2 \times 1,0 + 0,52}{9,81}} + 3 \times 1,18 = 5,01m$$

(lấy 5,0m)

Do $P_2 + H_2 = 0,85 + 0,79 = 1,34 \leq P_1 + P = 1,5m$ cho nên gờ tiêu năng thứ nhất làm việc như một đập tràn tự do, lấy $\sigma = 1,0$ là chính xác.

Các bậc nước tiếp theo cũng được tiến hành tương tự.



Hình 4.35

Sơ đồ bậc nước nhiều cấp có công trình tiêu năng.

Dựa vào kết quả tính toán trên đây có thể bố trí bậc nước nhiều cấp với kích thước như vẽ ở hình 4.35.

Tính gờ tiêu năng cuối cùng phía hạ lưu.

Đầu tiên phải kiểm toán hình thức chảy của gờ tiêu năng này.

a) Chiều cao của gờ tiêu năng cuối cùng $P_{t1} = P_4 = 0,55$ lớn hơn chiều sâu máng thoát nước ra tiết diện chữ nhật $h_1 = h_0 = 0,52$, vậy hình thức chảy qua gờ là chảy tự do, cần phải kiểm toán xem có cần làm gờ tiêu năng thứ hai ở phía hạ lưu hay không.

(2) Kiểm toán xem có phải làm thêm gờ tiêu năng thứ hai hay không.

$$\Xi_{t1} = 1,5h_k + P_{t1} = 1,5 \times 0,63 + 0,55 = 1,495$$

$$\xi_{t1} = \frac{\Xi_{t1}}{h_k} = \frac{1,495}{0,63} = 2,373$$

Tra toán đồ 4.25 với $\varphi = 0,95$, được:

$$\xi'_{ct1} = 1,65, h'_{ct1} = 1,65 \times 0,63 = 1,04$$

$$\xi_{ct1} = 0,55, h_{ct1} = 0,55 \times 0,63 = 0,35$$

b) Cột nước trên gờ tiêu năng:

$$H_{t2} = H_0 - \frac{h_k^3}{2\sigma^2 h_{ct1}^2} = 0,86 - \frac{0,63^3}{2 \times 1,05^2 \times 1,04^2} =$$

$$0,86 - 0,105 = 0,755$$

c) Chiều cao gờ tiêu năng:

$$P_{t2} = \sigma h'_{ct1} - H_{t2} = 1,05 \times 1,04 - 0,755 = 0,34m$$

$$P_{t2} < h_t$$

Nhưng

$$Z_n = h'_{ct1} - h_t = 1,04 - 0,52 = 0,52m$$

$$\frac{Z_n}{P_{t2}} = \frac{0,52}{0,34} = 1,53 > 0,7,$$

do đó hình thức chảy vẫn là chảy tự do.

Vì vậy phải tiếp tục tăng thêm gờ tiêu năng ở hạ lưu, và cần phải xây dựng một số gờ tiêu năng có cao độ đáy thấp dần, không kinh tế. Do đó có thể dựa vào lưu tốc tính toán được để bố trí các công trình tiêu năng khác ở hạ lưu.

Trong ví dụ này, chiều sâu mực nước ở mặt cát thu hẹp sau bậc nước của gờ tiêu năng thứ nhất P_{t1} là $h_{ct1} = 0,35$, lưu tốc ở đó là:

$$V_{ct1} = \frac{Q}{\omega_{ct1}} = \frac{1,5}{1 \times 0,35} = 4,3 \text{ m/s}$$

Tra bảng 4.26 có thể sử dụng hình thức gia cố là lát đá xây vữa mà không cần làm gờ tiêu năng thứ hai. Do mương thoát nước hạ lưu có tiết diện hình thang nên khi quyết định chiều dài gia cố cần phải kiểm tra mối quan hệ liên hợp giữa chiều sâu mực nước ở điểm đầu của mương thoát nước thiên nhiên với chiều sâu tự nhiên của mương đó.

Giả định chiều sâu mực nước tự nhiên của mương thoát nước $t = 0,38 \text{ m}$, tiến hành tính toán :

$$\omega_t = (b + mt)t = (1 + 1,5 \times 0,38) \times 0,38 = 0,597 \text{ m}^2$$

$$X_t = b + 2\sqrt{1 + m^2} t = 1,6 + 2\sqrt{1 + 1,5^2} \times 0,38 = 2,37 \text{ m}$$

$$R_t = \frac{\omega_t}{X_t} = \frac{0,597}{2,37} = 0,252 \text{ m}$$

Dựa vào $R_t = 0,252 \text{ m}$ và $n = 0,020$, tra bảng 4.25 được $C_t = 37,46$

$$V_t = C_t \sqrt{R_t i_t} = 37,46 \sqrt{0,352 \times 0,017} = 2,43 \text{ m/s}$$

$$Q = \omega_t V_t = 0,596 \times 2,43 = 1,451 \text{ m}^3/\text{s}$$

Sai số 2% so với lưu lượng thiết kế, vậy dùng $t = 0,38 \text{ m}$.

3. Chọn hình thức và tính toán đoạn quá độ

Chiều sâu mực nước tại điểm đầu của mặt cát hình thang h'_t tính theo công thức:

$$\begin{aligned} h'_t &= \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4m\omega_{ct1}}}{2m} = \\ &= \frac{-1,0 + \sqrt{1^2 + 4 \times 1,5 \times (1 \times 0,35)}}{2 \times 1,5} = 0,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Do $h'_t < t$ nên có hiện tượng nước dâng và cần phải làm đoạn quá độ, dùng biện pháp tăng độ nhám nhân tạo trên đoạn quá độ này để rút ngắn chiều dài xây lát.

Tỉ năng ứng với chiều sâu mực nước t .

$$\Theta = t + \frac{\alpha V_t^2}{2g} = 0,38 + \frac{1,1 \times 2,43^2}{2 \times 9,81} = 0,71$$

Tỉ năng ứng với chiều sâu mực nước h'_t :

$$\Theta_1 = h'_t + \frac{\alpha V_c^2}{2g} = 0,28 + \frac{1,1 \times 4,3^2}{2 \times 9,81} = 1,29$$

Để tạo nhám nhân tạo, trong đoạn quá độ phải xây các phiến vuông hình bàn cờ, mỗi hàng ngang có 5 phiến cao $P = 0,1 \text{ m}$, khoảng cách giữa các phiến $\lambda = 4D = 0,4 \text{ m}$.

Hệ số nhám đặc biệt C_o ứng với chiều sâu nước là t :

$$C_o = \frac{1000}{52 - 5,1 \frac{(t - 0,1)}{P} - 0,8 \frac{b - NP}{(t - 0,1) + P}} =$$

$$= \frac{1000}{52 - 5,1 \frac{0,28}{0,1} - 0,8 \frac{1,0 - 5 \times 0,1}{0,28 + 0,1}} = 27,3$$

Hệ số nhám đặc biệt C'_o khi chiều sâu nước là h'_1 :

$$C'_o = \frac{1000}{52 - 5,1 \frac{(0,25 - 0,1)}{0,1} - 0,8 \frac{1,0 - 5 \times 0,1}{(0,25 - 0,1) + 0,1}} = 23,4$$

Độ dốc ma sát i'_1 ứng với chiều sâu nước là h'_1

$$i'_1 = \frac{V_{ct1}^2}{C_o^2 R_{ct1}} = \frac{4,3^2}{23,4^2 \times 0,184} = 0,184$$

$$R_{ct1} = \frac{\omega_{ct1}}{X_{ct1}} = \frac{\omega_{ct1}}{b + 2\sqrt{1 + m^2} h'_1} =$$

$$\frac{1 \times 0,35}{1,0 + 2\sqrt{1 + 1,5^2} \times 0,25} = 0,184$$

Độ dốc ma sát trung bình:

$$i_{mt} = \frac{i_1 + i'_1}{2} = \frac{0,031 + 0,184}{2} = 0,108$$

Từ công thức tính toán:

$$l = \frac{\Xi - \Xi_1}{i_o - i_{mt}} = \frac{0,71 - 1,29}{0,017 - 0,108} = \frac{-0,58}{-0,091} = 6,4m$$

Trong đoạn quá độ dài 6,4m cần phải xây đá cứng hoặc xây các khối bê tông nhô cao lên theo hình bàn cờ, các hàng ngang cách nhau 0,2m, các hàng dọc (theo hướng nước chảy) cách nhau 0,4m, bố trí so le nhau.

4.7. CHỐNG XÓI LỞ Ở HẠ LƯU CỐNG, CẦU NHỎ

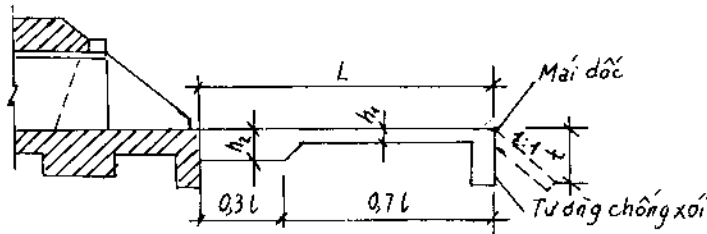
1. Khái niệm

Lưu tốc ở cửa ra của cống và cầu nhỏ thường khá lớn. Nếu lưu tốc lớn hơn lưu tốc phân giới thì dòng chảy ở trạng thái chảy xiết. Nếu độ dốc lòng suối hạ lưu nhỏ hơn độ dốc phân giới thì dòng chảy ở trạng thái chảy êm và sẽ xuất hiện nước nhảy trong đoạn từ cửa ra đến vị trí chảy êm đó. Các xoáy nước phát sinh trong đoạn nước nhảy (và sau đó một đoạn nữa) sẽ gây xói mòn rất lớn. Như vậy lòng suối hạ lưu cầu nhỏ, cống sẽ bị xói mòn do nước chảy xiết hoặc do nước nhảy, cần phải tiến hành gia cố. Việc gia cố lòng suối hạ lưu cống, cầu nhỏ thường đạt hiệu

quá cao và nhờ vậy có khả năng tăng lưu tốc cho phép và thu hẹp khẩu độ cầu cống một cách thích đáng.

2. Các loại công trình gia cố và xác định kích thước chúng.

Có thể chia các công trình gia cố hạ lưu cống, cầu nhỏ thành hai loại : kéo dài phần xây lát và xây sâu tường chống xói (hình 4.36).



Hình 4.36

Kéo dài phần xây lát, xây sâu tường chống xói.

Lát đá hoặc tấm bê tông để chống nước xói ở cửa ra của cống, cầu nhỏ và xây tường chống xói ở cuối đoạn gia cố để bảo vệ phần xây lát đó. Nhất thiết phải xây tường chống xói ở cuối đoạn xây lát vì kinh nghiệm cho thấy, dù kéo dài đoạn gia cố thêm cũng khó giữ cho phần cuối của nó không bị xói.

Khi thiết kế công trình gia cố cần phải xác định đủ chiều dài, chiều dày của phần xây lát và chiều sâu của tường chống xói.

Nếu không làm công trình gia cố mà chiều sâu xói lở do dòng chảy gây ra nhỏ hơn chiều sâu chôn của cống (hoặc chiều sâu chôn móng cầu) thì có thể không cần làm công trình gia cố nhưng phải gia cố góc tư nón và taluy nền đường.

a) Chiều dài gia cố thường xác định theo kinh nghiệm hoặc theo công thức kinh nghiệm. Khi khẩu độ cầu nhỏ, cống tương đối nhỏ và lòng suối không dốc có thể lấy:

$$l_{gc} = (1 + 3)B \tag{4.104}$$

Trong đó l_{gc} - chiều dài gia cố, B - khẩu độ cầu cống.

Ngoài ra có thể căn cứ vào địa chất lòng sông suối, lưu lượng đơn vị q và trạng thái dòng chảy ở hạ lưu để xác định chiều dài gia cố l_{gc} theo các công thức kinh nghiệm cho ở bảng 4.31.

Bảng 4.31

Loại đất	Chiều dài ra cố l_{gc}	
	Cửa ra không ngập (chảy tự do)	Cửa ra bị ngập (chảy không tự do)
A sét và á cát	$2,5q^{0,7}$	$17q^{0,7}$
A sét nặng và á sét chặt	$2,2q^{0,7}$	$14q^{0,7}$
Đá cuội, đá sỏi	$17q^{0,75}$	$11q^{0,75}$
Đá cuội to	$11q^{0,75}$	$0,7q^{0,75}$

b) *Chiều dày gia cố (hình 4.39) được xác định như sau :*

- *Xác định h_1 :* Sau khi chọn hình thức gia cố theo lưu tốc ở hạ lưu cầu nhỏ, cống thì quyết định chiều dày gia cố h_1 theo bảng lưu tốc cho phép (bảng 4.26). Nếu gia cố một lớp bằng đá hộc, đá dẽo thì thường lấy $h_1 = 20 \div 30\text{cm}$.

- *Xác định h_2 :* Công trình gia cố ở cửa ra phải có một chiều dày và một trọng lượng nhất định đủ để thắng được lực đẩy của nước từ dưới lên. Lực đẩy này bằng hiệu của chiều sâu mực nước ở cửa ra và chiều sâu mực nước trên đoạn gia cố. Nếu chiều dày cần thiết này lớn hơn h_1 thì có thể tăng chiều dày một bộ phận công trình gia cố gần cửa ra lên h_2 .

Do chiều sâu mực nước ở cửa ra của cầu cống thường không lớn hơn h_k nên

$$h_2 = \frac{\gamma_n}{\gamma_d - \gamma_n} (h_k - h) \quad (4.105)$$

Trong đó:

γ_n - dung trọng của nước, 1 T/m^3 ;

γ_d - dung trọng của đá, $2,65 \text{ T/m}^3$;

h - chiều sâu trung bình của nước trên đoạn gia cố.

Có thể tham khảo hình 4.36 để quyết định chiều dài của đoạn tăng chiều dày từ h_1 lên h_2 , thường lấy bằng 30% chiều dài toàn đoạn gia cố (nhưng không nhỏ hơn 1,5m).

c) *Tường chống xói và chiều sâu chôn tường.*

Ở cuối đoạn gia cố phải làm tường chống xói thẳng đứng hoặc xiên (hình 4.37).

Để bảo đảm sự ổn định của tường chống xói (sau khi bị xói) phải xác định kích thước tường theo chiều cao của nó (tương tự như với tường chắn đất) và phải xây tường cẩn thận bằng vữa xi măng.

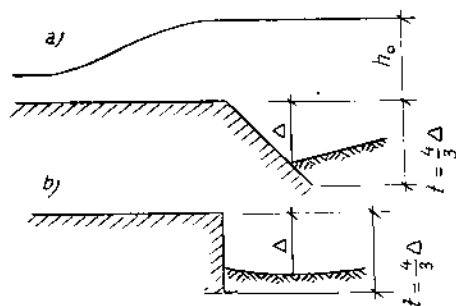
Ở những đoạn bị xói mạnh có thể bố trí tường chống xói đặc biệt như hình 4.38. Đóng đá có tác dụng bảo vệ tường chống xói: khi bị xói mạnh các hòn đá sẽ tụt xuống dần theo đường đứt nét trên hình vẽ.

Phải dựa vào lưu tốc hạ lưu sau khi xói để chọn kích thước nhỏ nhất của hòn đá trong đóng đá gia cố:

$$D = \frac{V^2}{25} \quad (4.106)$$

Trong đó: D - đường kính hòn đá, (m);

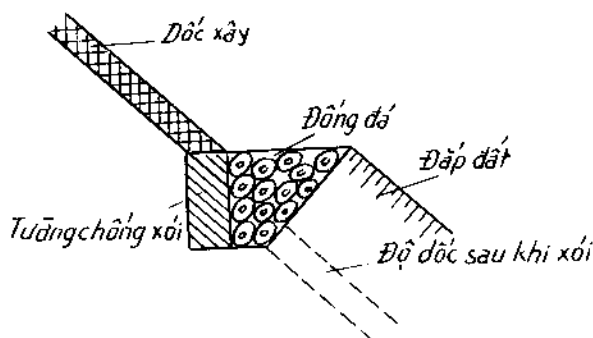
V - lưu tốc sau khi xói (m/s)



Hình 4.37

Tường chống xói và chiều sâu chôn tường
a) tường xiên, b) tường đứng.

Nếu chân taluy của nền đường ven sông có nguy cơ bị xói lở thì thường gia cố bằng biện pháp ném đá. Trọng lượng các hòn đá ném xuống có thể tham khảo bảng 4.32, tùy theo trị số lưu tốc.



Hình 4.38

Gia cố đống đá ở chân tường chống xói

Chiều sâu chôn tường được xác định theo các công thức (4.107) và (4.108).

Mái nghiêng: Cũng có thể thay tường chống xói bằng cách gia cố theo kiểu mái nghiêng. Mái nghiêng làm bằng đá xếp khan với độ dốc 1 : 1. Gia cố theo mái nghiêng thì lưu tốc lớn nhất sẽ xuất hiện ở đáy dòng chảy do đó sẽ làm tăng chiều sâu xói. Khi độ dốc của mái nghiêng là 1 : 2 thì chiều sâu xói tăng lên từ 10 ÷ 40%.

Bảng 4.32

Lưu tốc, m/s	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	5,0
Trọng lượng hòn đá, KG	13	3,0	3,5	8	12	16	30

Tường chống xói hoặc mái nghiêng phải được chôn đủ sâu để chống xói. Chiều sâu chôn tường phải lớn hơn chiều sâu xói ở cuối công trình gia cố và được tính theo công thức:

$$t = \frac{4}{3} \Delta \quad (4.107)$$

Khi Δ rất lớn thì tính theo công thức

$$t = \Delta + 0,5m \quad (4.108)$$

Trong đó: t - chiều sâu chôn tường; Δ - chiều sâu xói do chảy xiết hoặc do nước nhảy tính theo công thức (4.111) và (4.112) và dùng trị số lớn. Nếu hướng nước chảy chéo góc với bờ sông thì phải tính thêm Δ_3 theo công thức (4.120).

Chiều sâu xói được xác định theo các công thức khác nhau tùy theo nguyên nhân gây xói:

- Khi xói do dòng chảy gây ra (hình 4.39): xảy ra khi lưu tốc thực tế trước khi xói V lớn hơn lưu tốc cho phép không xói của đất ở lòng sông V_{cp} , tức là $V > V_{cp}$

Sau khi xói lưu tốc từ V giảm xuống V_{cp} và chiều sâu mực nước từ h_δ tăng lên đến $h_{xói}$
- Do lưu lượng trước và sau khi xói không đổi, nên :

$$Vh_\delta = V_{cp}h_{xói} \quad (4.109)$$

Khi chiều sâu xói tăng thì khả năng chống xói của đất ở lòng sông cũng tăng lên, theo quan hệ gần đúng sau :

$$V_{cp} = V_1 h^{0.2} \quad (4.110)$$

Trong đó:

V_1 - lưu tốc cho phép của đất lòng sông khi chiều sâu nước là 1m, tra bảng 4.5c và 4.5d;

h - chiều sâu mực nước.

Từ hai công thức (4.109) và (4.110) ta tính được chiều sâu của nước sau khi xói:

$$h_{xói} = h_\delta \left(\frac{V}{V_1 h_\delta^{0.2}} \right)^{5/6} \quad (4.111)$$

Chiều sâu xói:

$$\Delta_l = h_{xói} - h_\delta = h_\delta \left[\left(\frac{V}{V_1 h_\delta^{0.2}} \right)^{5/6} - 1 \right] \quad (4.112)$$

- Khi xói mòn do nước nhảy gây ra.

Nếu đáy sông là đất đá cứng (hoặc đã gia cố) không thể bị xói, thì khi phát sinh nước nhảy ta có:

$$h'' = V' \sqrt{\frac{2h'}{g}} \quad (4.113)$$

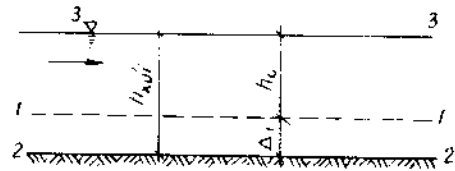
Trong đó: h' - chiều sâu nước trước khi nhảy;

V' - tốc độ nước trước khi nhảy,

h'' - chiều sâu nước sau khi nhảy.

Nếu đáy sông có thể bị xói thì tình hình phát sinh nước nhảy như vẽ ở hình 4.40. Nếu đoạn sông gia cố không đủ dài thì từ chỗ cho phép xói trở đi, dòng chảy sau nước nhảy sẽ bắt đầu gây xói và mở rộng, hình thành hai xoáy nước : một hướng lên trên, một hướng xuống dưới với lưu lượng tương ứng là Q_1 và Q_2 mà $Q_1 + Q_2 = Q$. Chiều sâu nước tương ứng với các xoáy nước trên là bằng nhau và bằng $\frac{h'}{2}$ và lưu tốc không đổi. Theo công thức (4.113) có thể tìm được chiều sâu sau nước nhảy do hai xoáy nước đó tạo thành:

$$t = 2V' \sqrt{\frac{2\left(\frac{h'}{2}\right)}{g}} = \sqrt{2}V' \sqrt{\frac{2h'}{g}} = 1,4h'' \quad (4.114)$$



Hình 4.39

Xói do dòng chảy gây ra

1. đáy sông trước khi xói; 2. đáy sông sau khi xói; 3. mực nước.

Sau nước nhảy dòng chảy hỗn loạn hơn, khả năng xói tăng lên khoảng 30%, tức:

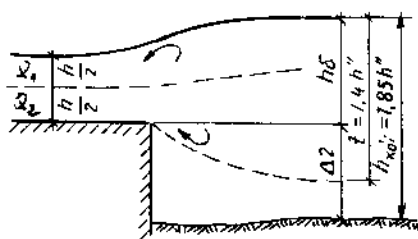
$$h_{xói} = 1,3t = 1,85h'' \quad (4.115)$$

Chiều sâu xói do nước nhảy gây ra:

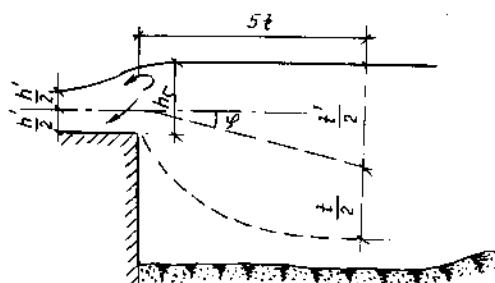
$$\Delta_2 = h_{xói} - h_\delta = 1,85h'' - h_\delta \quad (4.116)$$

Nếu xét đầy đủ các yếu tố ảnh hưởng thì:

$$\Delta_2 = 1,85k C \sigma h'' - h_\sigma \quad (4.117)$$



Hình 4.40



Hình 4.41

Xác định φ (khi góc φ nhỏ)

Trong đó:

k - hệ số nghiêng. Dựa theo công thức (4.118) hoặc (4.119) để xác định φ rồi theo bảng 4.33 để xác định k theo φ ;

σ - hệ số điều chỉnh, thường lấy $\sigma = 1,35$;

C - hệ số xác định theo bảng 4.34.

Dưới đây phân tích ý nghĩa vật lý của ba nhân tố ảnh hưởng trên:

Khi dòng chảy từ công trình gia cố ra làm thành một góc φ hướng về phía đất bị xói, thì xác định φ như sau:

Khi góc φ rất nhỏ (hình 4.41).

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\frac{t}{2} - h_\delta + \frac{h'}{2}}{5t} = 0,1 - \frac{2h_\delta - h'}{10t} \quad (4.118)$$

Khi góc φ tương đối lớn (hình 4.42):

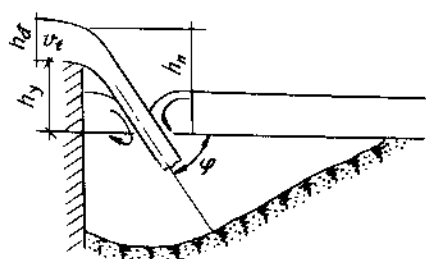
$$\operatorname{tg} \varphi = \sqrt{\frac{2gh_n}{V_d^2}} \quad (4.119)$$

Trong đó:

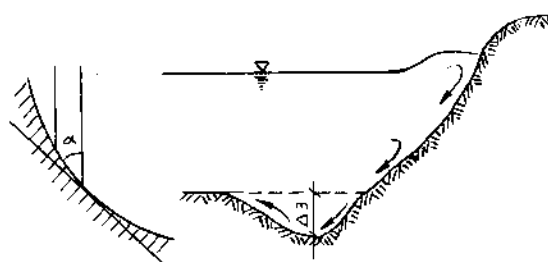
$h_n = h_y + \frac{h_d}{2}$ - Chiều cao nước đổ

V_d, h_d - lưu tốc và chiều sâu nước ở vị trí đầu hố xói;

h_y - chiều cao hố xói.



Hình 4.42
Xác định φ (khi góc φ lớn)



Hình 4.43
Tính chiều sâu xói cục bộ khi dòng chảy thúc vào bờ khe.

Bảng 4.33

φ	0	12	25	40	50	75	90
$\text{tg} \varphi^\circ$	0	0,213	0,466	0,840	1,19	3,73	∞
k	1	12	14	17	19	2,3	2,4

Bảng 4.34

Hệ số chiều dài gia cố C			1	0,89	0,76	0,65	0,54
Loại công trình gia cố	Lát tấm bê tông	$\frac{l}{h_d}$	0	5	15	17	80
	Lát đá		0	2	6	7	8

l - khoảng cách từ vị trí nước nhảy đến hết đoạn gia cố ;

h - chiều sâu nước ở hạ lưu.

Khi tính xói cần phải biết được khả năng phát sinh hình thức xói nào. Nếu hai hình thức xói trên đây đều có thể phát sinh thì lấy trị số lớn khi tính theo công thức (4.116) và (4.117) để xác định chiều sâu chôn tường đầu.

- Khi xói mòn do nước chảy chéo góc gây ra.

Khi dòng chảy chéo góc với bờ khe suất một góc α thì tại bờ khe bị nước chảy thúc vào sẽ sinh ra xói lở cục bộ (hình 4.43) - Chiều sâu xói Δ_3 tính theo công thức:

$$\Delta_3 = \frac{2,8V^2 \sin^2 \alpha}{\sqrt{1 + m^2}} - 30d \quad (4.120)$$

Trong đó:

V - Lưu tốc dòng chảy khi thúc vào bờ khe, (m/s);

m - hệ số mái dốc bờ khe xuôi;

α - góc giao giữa hướng dòng chảy và bờ khe;

d - đường kính hạt đất.

CHƯƠNG V

THIẾT KẾ KẾT CẤU CỐNG

5.1. NGUYÊN LÝ THIẾT KẾ KẾT CẤU CỐNG

Cống của đường ô tô là một công trình nhân tạo có đắp đất bên trên. Cống không chỉ chịu tác dụng của tải trọng xe chạy mà còn chịu tác dụng của đất đắp trên nó. Khi chiều cao đất đắp lớn hơn 0,5m, lớp đất sẽ làm giảm yếu ảnh hưởng của tải trọng xe chạy đối với cống, vì vậy không xét đến lực xung kích.

Việc tính toán cống nổi (không có đất đắp bên trên) được tiến hành giống như cầu, vì vậy trong chương này chỉ trình bày cách tính toán cống chôn ngầm.

1. Quy trình thiết kế cống, cầu nhỏ

Phù hợp với quy trình thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn của Bộ Giao thông vận tải ban hành năm 1979, tất cả các công trình cầu cống đều được tính toán theo trạng thái giới hạn tính toán của chúng.

Khi thiết kế cầu cống bê tông cốt thép theo trạng thái giới hạn, cần tính toán theo ba trạng thái giới hạn tính toán sau:

1. Theo trạng thái giới hạn thứ nhất, bảo đảm công trình không bị phá hoại vì mất cường độ và độ ổn định trong điều kiện khai thác tiêu chuẩn;
2. Theo trạng thái giới hạn thứ hai, bảo đảm công trình không xuất hiện biến dạng chung quá mức trong điều kiện khai thác tiêu chuẩn;
3. Theo trạng thái giới hạn thứ ba, bảo đảm công trình không xuất hiện biến dạng cục bộ không cho phép trong điều kiện khai thác tiêu chuẩn.

Việc tính toán theo trạng thái giới hạn thứ nhất là bắt buộc đối với tất cả cầu và cống được tiến hành theo các tham số tính toán sau: hệ số vượt tải n , hệ số đồng nhất của vật liệu k , hệ số điều kiện làm việc m , hệ số động $1 + M$ (chỉ đưa vào với tải trọng ô tô mà không xét đến khi tính toán ổn định chống lật và chống trượt của kết cấu).

Khi tính toán theo trạng thái giới hạn thứ hai hoặc thứ ba thì không xét đến hệ số vượt tải và hệ số động của tải trọng ô tô.

Tính toán theo năng lực chịu tải (trạng thái giới hạn thứ nhất)

$$N \leq \Phi (SKR^H_m), \quad (A)$$

Bảng 5.1

Các công thức tính toán các bộ phận kết cấu công bằng bê tông cốt thép

Đặc tính công tác của kết cấu	Công thức tính toán
Tiết diện chữ nhật chịu uốn	$M \leq R_u b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_a F_a' (h_0 - a')$ Trong đó: $x = \frac{R_a (F_a - F_a')}{R_{ub}}$ và $2a' \leq x \leq 0,55h_0$ Các công thức để chọn tiết diện theo bảng: $h_0 = r_0 \sqrt{\frac{M}{b R_u}}$ $F_a = \frac{M}{\gamma_0 h_0 R_a} \text{ hoặc } F_a = \alpha b h_0 \frac{R_u}{R_a}$ $x = \alpha h_0 = \frac{F_a}{b} \times \frac{R_a}{R_u}$ và $M = A_0 b h_0^2 R_u$ $\alpha, r_0, \gamma_0, A_0$ các hệ số tra bảng 5-5.
Nén lệch tâm	$N < R_a F_b + R_a F_a' - R_a F_a$
Trường hợp thứ nhất: Khi độ lệch tâm lớn, tức là khi $S_b \leq 0,8 S_0$; với tiết diện chữ nhật khi $e_0 = \frac{M}{N} > 0,3 h_0$	Vị trí trục trung hòa xác định từ phương trình: $R_u S_b N + R_a F_a' e' - R_a F_a e = 0$ Đầu cộng lấy khi lực dọc đặt ngoài phạm vi khoảng cách giữa các trọng tâm của cốt thép F_a và F_a' - Diện tích cốt thép yêu cầu trong tiết diện chữ nhật: a) Nén $F_a' = \frac{N_e - 0,4 b h_0^2 R_u}{R_a (h_0 - a)}$ b) Kéo $F_a = \frac{0,55 b h_0^2 R_u - N}{R_a} + F_a'$ Khi cốt thép đối xứng: $F_a' = F_a = \frac{N_e - A_0 b h_0^2 R_u}{R_a (h_0 - a)}$ ở đây $A_0 = \alpha (1 - 0,5 \alpha)$
Trường hợp thứ hai: Khi độ lệch tâm nhỏ, tức là khi $S_b > 0,8 S_0$ 1 Tiết diện chữ nhật khi $e_0 = \frac{M}{N} \leq 0,3 h_0$	$N_e \leq [0,5 R_{np} b h_0^2 + R_a F_a' (h_0 - a')]$ Nếu đồng thời lực dọc đặt giữa tâm cốt thép F_a và F_a' thì $N_e' \leq [0,5 R_{np} b h_0^2 + R_a F_a' (h_0 - a')]$ Diện tích cốt thép yêu cầu trong tiết diện chữ nhật: a) Nén $F_a' = \frac{N_e - 0,4 b h_0^2 R_u}{R_a (h_0 - a)}$ b) Kéo $F_a = \frac{N_e - 0,4 b h_0^2 R_u}{R_a (h_0 - a')}$
2 Tiết diện không phải chữ nhật	$N_e \leq (R_{np} S_0 + R_a S_a)$ Nếu đồng thời lực dọc đặt giữa trọng tâm các cốt thép F_a và F_a' thì $N_e' \leq (R_{np} S_0' + R_a S_a')$

Trong đó:

S_o - mômen tĩnh của diện tích tất cả tiết diện công tác của bê tông lấy đối với trọng tâm tiết diện cốt thép F_a ;

S'_o - như trên, lấy đối với trung tâm tiết diện cốt thép F'_a ;

S_a - mômen tĩnh của diện tích tiết diện tất cả cốt thép lấy đối với trọng tâm tiết diện cốt thép F_a ;

S'_a - như trên, lấy đối với trọng tâm tiết diện cốt thép F'_a ;

S_b - mômen tĩnh của diện tích tiết diện khu chịu nén của bê tông lấy đối với trung tâm F_a ;

S'_{bN} - như trên, lấy đối với điểm đặt của lực do N.

Trong đó:

N - ứng lực tính toán hoặc mômen uốn đã nhân với hệ số vượt tải tương ứng n;

Φ - hàm số phù hợp với dạng ứng suất (nén, kéo, uốn v.v.);

S - đặc trưng hình học của tiết diện;

R^H - cường độ tiêu chuẩn của vật liệu;

m - hệ số điều kiện làm việc.

Để đơn giản việc tính toán cầu cống bê tông cốt thép, hệ số đồng nhất k xét đến sai số ngẫu nhiên về phía bất lợi của tính chất vật liệu so với trị số tiêu chuẩn và hệ số điều kiện làm việc m đều được đưa vào trong cường độ tính toán, quy đổi của vật liệu.

Việc tính toán các bộ phận kết cấu cống theo năng lực chịu tải được tiến hành theo các công thức sau (bảng 5 - 1).

Tính toán theo biến dạng chung (trạng thái giới hạn thứ hai)

$$\Delta \leq f_{gh} \quad (B)$$

Trong đó:

Δ - chuyển vị hay biến dạng do tải trọng tiêu chuẩn gây ra là hàm số của hình dạng kết cấu và tính chất cơ học của vật liệu;

f_{gh} - trị số chuyển vị hoặc biến dạng cho phép giới hạn.

Trị số độ võng đàn hồi thẳng đứng giới hạn của kết cấu nhịp cầu cống trên đường ô tô cấp I, II, III, IV không được lớn hơn $\frac{1}{400}$ nhịp tính toán.

Tính toán theo biến dạng cục bộ tức là theo sự tạo thành và mở rộng đường nứt (trạng thái giới hạn thứ ba).

$$a_T \leq a_{gh} \quad (C)$$

Trong đó:

a_T - trị số mở rộng đường nứt lớn nhất có thể;

a_{gh} - trị số mở rộng giới hạn của các đường nứt riêng rẽ.

Trị số mở rộng đường nứt lớn nhất a_T tính theo công thức sau:

a) Với cốt thép trơn:

$$a_T = 0,5 \frac{\sigma_a}{E_a} \psi_1 R_2 \leq 0,02\text{cm}$$

b) Với cốt thép có gờ:

$$a_T = 3,0 \frac{\sigma_a}{F_a} \psi_2 \sqrt{R_2} \leq 0,02\text{cm}$$

Trong đó:

σ_a - ứng suất trong cốt thép;

E_a - môđun đàn hồi của cốt thép;

ψ_1 và ψ_2 - các hệ số xét đến ảnh hưởng của bê tông vùng chịu kéo đến biến dạng của cốt thép (bảng 5.2).

Bảng 5.2

Bộ phận kết cấu	Mức bê tông			
	250 và nhỏ hơn		300 và lớn hơn	
	ψ_1	ψ_2	ψ_1	ψ_2
Cống và các cấu kiện không tính đến độ mới	0,9	0,6	0,7	0,5

R_r - bán kính bố trí cốt thép, cm, tính theo công thức:

$$R_r = \frac{F_r}{\beta(n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_i d_i)}$$

Trong đó:

F_r - diện tích vùng tác dụng tương hỗ, cm^2 , giới hạn bởi đường viền của mặt cắt và trị số bán kính tác dụng lẫn nhau: n_1, n_2, n_i - số lượng các thanh có đường kính $d_1, d_2 \dots d_i$;

β - hệ số xét đến sự bố trí cốt thép, lấy như sau: đặt rời $\beta = 1,0$; bố 2 thanh $\beta = 0,85$, bố có 3 thanh và nhiều hàng với số hàng trên 4, $\beta = 0,70$; với số hàng dưới 4, $\beta = 0,75$.

Chọn tiết diện cống theo phương pháp trạng thái giới hạn thì tận dụng được vật liệu hơn so với phương pháp ứng suất cho phép. Tuy nhiên trong điều kiện thi công thủ công, việc tận dụng khả năng làm việc của vật liệu thường dẫn đến giảm tuổi thọ công trình. Vì vậy trong thực tế thiết kế kết cấu cống vẫn có thể sử dụng phương pháp ứng suất cho phép, nhất là đối với các cấu kiện làm bằng bê tông, khối xây, đá xây mà không sợ lãng phí vật liệu.

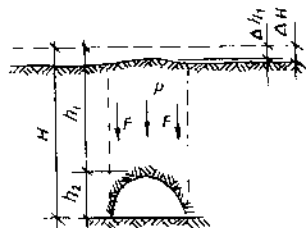
Trong chương này chúng tôi giới thiệu cả hai phương pháp chọn tiết diện cống theo trạng thái giới hạn và theo ứng suất cho phép để bạn đọc tham khảo sử dụng.

2. Đặc điểm chịu lực của cống

Tải trọng tác dụng lên cống có liên quan nhiều với cách thi công cống, khi tính toán kết cấu cống ngầm phải căn cứ vào các phương pháp thi công khác nhau (cách đắp đất, cách đào móng) mà chọn phương pháp tính toán thích hợp.

Khi dùng cách đào hố để đặt cống thì không xét đến áp lực đất trên đỉnh cống mà chỉ xét áp lực đất do trọng lượng đất trong hình vòm nửa elip gây ra.

Khi đặt cống rồi đắp đất thành lớp lên trên thì áp lực thẳng đứng và áp lực nằm ngang tác dụng trên cống sẽ tăng dần. Sau khi đắp nền đường, đất trên đỉnh cống và xung quanh cống lún khác nhau, cột đất trên đỉnh cống lún ít hơn ở xung quanh (xem hình 5.1) do đó sinh ra lực ma sát F giữa cột đất trên cống và đất đắp xung quanh. Lực ma sát này làm tăng áp lực trên cống. Đó là lý do giải thích tại sao sau khi xây dựng nền đường thường thấy hiện tượng đất trên cống vồng lên. Từ đó có thể rút ra kết luận là áp lực của nền đường mới đắp tác dụng lên trên cống cứng không thể nhỏ hơn trọng lượng cột đất trên cống, còn trên cống mềm thì ngược lại.



Hình 5.1.

Căn cứ vào tình hình chịu lực của cống ngầm có thể chia thành cống mềm và cống cứng và kiểm định bằng các công thức sau:

Cống mềm:
$$\frac{E}{E_3} \left(\frac{t}{r} \right)^3 < 1$$

Cống cứng:
$$\frac{E}{E_3} \left(\frac{t}{r} \right)^3 \geq 1$$

Trong đó:

E – mô đun đàn hồi của vật liệu cống;

E_3 – mô đun biến dạng của đất đắp;

t – chiều dày của cống;

r – bán kính trung bình của cống.

Đối với ống cống mềm, đất ở đáy móng càng chặt thì áp lực đất thẳng đứng mà cống thu nhận càng nhỏ, đất móng càng xốp, mềm thì áp lực đất thẳng đứng càng lớn.

3. Sự phân bố của áp lực đất và của tải trọng

a) Áp lực thẳng đứng

+) Áp lực thẳng đứng của đất đắp trên đỉnh cống

Công thức thứ nhất: Giả thiết đất ẩm ướt, áp lực đất tăng liên tục từ mặt đất xuống dưới nhưng không phải tăng tuyến tính mà tăng như sơ đồ vẽ ở hình 5.2. Ví dụ khi chiều rộng B , chiều cao là H thì áp lực đất trên đơn vị chiều dài bằng diện tích $abcd$, khi chiều sâu tăng đến 5m thì áp lực đất không tăng nữa:

$$q = \gamma_o B \left[\frac{5}{3} - \frac{(5-H)^3}{75} \right] \quad (5.1)$$

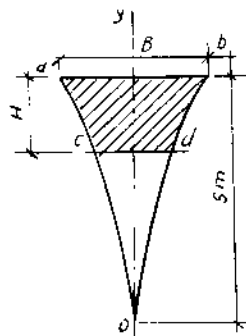
Trong đó:

q - tải trọng phân bố đều thẳng đứng (T/m^2);

γ_o - dung trọng của đất (T/m^3);

B - chiều rộng đơn vị (m);

H - chiều cao đất đắp trên cống, khi H lớn hơn 5m lấy $H = 5m$.



Hình 5.2

Sơ đồ phân bố áp lực đất đắp trên đỉnh cống.

Công thức thứ hai: Giả sử khi đỉnh cống chịu tải trọng thì một bộ phận trọng lượng do cống thu nhận, một bộ phận do lực ma sát với mép hố đầm nhận. Trừ cát và sỏi sạn không có lực dính, lực ma sát bộ phận khá lớn có thể giảm một phần áp lực mà cống thu nhận.

Tải trọng lớn nhất mà cống thu nhận là:

$$q = C \gamma_o B^2 \quad (5.2)$$

Trong đó: C - hệ số tải trọng, tra bảng 5.3;

B - chiều rộng của hố ở đỉnh cống;

γ_o - dung trọng của đất, (T/m^3).

Bảng 5.3

Giá trị của hệ số C trong công thức 5.2

$\frac{H}{B}$	Đất mặt âm và cát khô ẩm	Đất mặt bão hòa	Đất sét vàng ẩm	Đất sét vàng bão hòa	$\frac{H}{B}$	Đất mặt và cát khô ẩm	Đất mặt bão hòa	Đất sét vàng ẩm	Đất sét vàng bão hòa
0,5	0,46	0,47	0,47	0,48	7	2,73	2,95	3,19	3,55
1,0	0,85	0,86	0,88	0,90	7,5	2,78	3,91	3,27	3,65
1,5	1,18	1,21	1,25	1,27	8,0	2,82	3,06	3,33	3,74
2,0	1,47	1,51	1,56	1,62	8,5	2,85	3,10	3,39	3,84
2,5	1,70	1,77	1,83	1,91	9,0	2,88	3,14	3,44	3,89
3,0	1,90	1,99	2,08	2,19	9,5	2,90	3,18	3,48	3,96
3,5	2,08	2,18	2,28	2,43	10,0	2,92	3,20	3,52	4,01
4,0	2,22	2,35	2,47	2,65	11,0	2,95	3,25	3,58	4,11
4,5	2,34	2,40	2,63	2,85	12,0	2,97	3,28	3,63	4,19
5,0	2,45	2,61	2,78	3,02	13,0	2,99	3,31	3,67	4,25
5,5	2,54	2,72	2,90	3,18	14,0	3,00	3,33	3,70	4,30
6,0	2,61	2,81	3,01	3,32	15,0	3,01	3,34	3,72	4,34
6,5	2,68	2,89	3,11	3,44					

Công thức thứ ba: Giả sử đất hoàn toàn ẩm ướt, không có tác dụng ma sát thì

$$q = \gamma_o H \quad (5.3)$$

Trong đó:

H - chiều cao từ tiết diện tính toán đến đỉnh mặt đường (m) ;

γ_o - dung trọng của đất, (T/m³).

Công thức thứ tư: (trích "Quy trình thiết kế cầu cống theo trạng thái giới hạn" của Bộ Giao thông vận tải, Hà Nội 1979).

Áp lực đất tiêu chuẩn tác dụng trên đót cống do trọng lượng bản thân của đất đắp, tính theo công thức sau:

$$q = C \gamma_o H \quad (5.4)$$

Trong đó: C - hệ số không thứ nguyên, tính như sau:

$$C = 1 + A \mu \tan \varphi$$

Với:
$$A = \frac{Sh}{H} \left(2 - \frac{2Dh}{H^2} \right)$$

Khi
$$\frac{Sh}{H} \geq \frac{H}{D} \text{ thì lấy } A = \frac{H}{D}$$

Ở đây:

H - chiều cao đất đắp trên cống, tính từ đỉnh cống đến đỉnh mặt đường, m;

μ - hệ số áp lực ngang của đất đắp

$$\mu = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

φ và γ_o - góc ma sát trong và dung trọng tiêu chuẩn của đất đắp;

h - khoảng cách từ đáy móng đến đỉnh cống, m;

D - đường kính bên ngoài của cống, m;

S - hệ số lấy phụ thuộc vào đặc trưng của nền đất (bảng 5.4).

Bảng 5.4
Giá trị của hệ số S

Đặc trưng độ cứng của đót cống	Đặc trưng của nền móng	Hệ số S
Đót cống cứng	Nền móng có độ cứng lớn như đá, móng cọc	15
	Nền móng chặt như cát, á cát, á sét chặt	10
	Nền móng không chặt như cát xốp, á sét và sét dẻo	5
Đót cống mềm	nt	0

Trong trường hợp đất hoàn toàn không có lực ma sát thì sử dụng công thức thứ ba là chính xác. Áp lực đất thẳng đứng tác dụng lên cống cứng và cống mềm cân bằng giống nhau. Nhưng khi trong đất tồn tại lực ma sát thì áp lực thẳng đứng mà cống mềm và cống cứng thu nhận lại khác nhau rất nhiều. Vì vậy cần phải xét đến để chọn công thức tính toán thích hợp.

Với cống cứng và đất không có lực ma sát thì dùng công thức thứ ba, đất có lực ma sát thì có thể dùng công thức thứ nhất hoặc thứ hai; nhưng công thức thứ hai chỉ thích hợp với kiểu chôn cống trong hố, không thích hợp với nền đường đắp mới.

Trong thực tế tính toán đối với cống tròn cứng thì dùng công thức thứ tư, cống tròn mềm dùng công thức thứ ba - Với cống bán do khẩu độ thường lớn, tỉ lệ giữa chiều cao đắp đất trên cống và khẩu độ cống tương đối nhỏ cho nên thường dùng công thức thứ ba để tính áp lực đất.

+) *Áp lực thẳng đứng của tải trọng xe chạy tác dụng lên cống*

Vấn đề phân bố áp lực của tải trọng xe chạy lên cống có liên quan với cao độ đỉnh cống, tình hình phân bố áp lực trong nền đường. Hiện có nhiều cách tính trong đó phương pháp an toàn là từ mép diện tích vệt bánh phân bố rộng ra một góc 30° xuống phía dưới. Khi chiều sâu đất đắp $\geq 4\text{m}$ có thể áp dụng lý thuyết bán không gian vô hạn đàn hồi và tính như sau:

- Khi trên mặt đất chịu tác dụng của một lực tập trung:

$$\sigma = \frac{3PH^2}{2\pi R^5}$$

Trong đó: σ - ứng suất thẳng đứng trên điểm tính toán;

P - tải trọng tập trung;

H - chiều sâu từ mặt đất đến điểm tính toán;

R - khoảng cách từ điểm đặt lực đến điểm tính toán.

Ứng suất thẳng đứng lớn nhất trên mặt trực tiếp chịu lực bằng:

$$\sigma_{\max} = 0,478 \frac{P}{H^2}$$

- Khi chịu tác dụng của tải trọng xe xích hoặc các tải trọng hình băng khác thì:

$$\sigma = \alpha P$$

Trong đó: P - tải trọng phân bố đều trên mặt đất, (kG/cm^2);

α - hệ số tra bảng 5.6.

b) *Áp lực nằm ngang*

- Áp lực nằm ngang của đất:

$$e_q = \mu \gamma_o H \quad (5.5)$$

Trong đó:

e_q - áp lực đất nằm ngang (T/m^2); $\mu = \text{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ là hệ số áp lực hông của đất.

H - chiều cao từ tiết diện tính toán đến đỉnh mặt đường (m)

φ - góc ma sát trong của đất.

γ_0 - dung trọng của đất (T/m^2).

- Áp lực nằm ngang của tải trọng xe chạy gây ra:

$$e_p = \mu P. \quad (5.6)$$

Trong đó:

e_p - áp lực ngang của tải trọng xe chạy, (T/m^2);

μ - hệ số áp lực ngang của đất;

P - áp lực thẳng đứng của tải trọng xe (T/m^2).

Hệ số áp lực hông của đất

Góc nội ma sát φ	20°	25°	30°	35°	40°	45°
$m = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$	0,490	0,406	0,333	0,271	0,217	0,171

5.2. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CỐNG TRÒN CỨNG

1. Các giả thiết cơ bản

- Cống tròn bê tông cốt thép thuộc loại cống tròn cứng, khi tính toán không xét đến biến dạng của bản thân cống.

- Chiều sâu chôn cống có ảnh hưởng nhất định đối với việc tính toán ngoại lực. Khi tính toán giả thiết rằng đáy sông xuôi ngang với mặt đáy trong của cống.

- Trong các đợt cống cứng, ảnh hưởng của lực dọc trục đối với ứng suất tính toán rất nhỏ ($< 9,5\%$), cho nên trong tính toán có thể bỏ qua ứng suất dọc trục.

2. Các bước tính toán

a) Chọn sơ bộ chiều dày ống cống

Dựa theo kinh nghiệm và các thiết kế hiện có giả định chiều dày ống cống t làm căn cứ để tính sơ bộ. Khi tính toán với các cống có chiều cao đắp đất dưới 6m, chiều dày ống cống có thể lấy bằng $\frac{1}{12,5}$ đường kính trong của cống, khi chiều cao đắp đất trên 6m lấy bằng $\frac{1}{10}$, chiều dày tối thiểu của ống cống không nhỏ hơn 8cm, chiều dày lớp bảo hộ không nhỏ hơn 2cm.

b) Tính ngoại lực

+ Áp lực đất thẳng đứng của đất đắp và trọng lượng bản thân cống gây ra:

- Áp lực đất thẳng đứng:

$$q = \gamma_0 H$$

- Áp lực thẳng đứng do trọng lượng bản thân cống:

$$g_z = \gamma_1 t \quad (5.7)$$

Trong đó:

γ_1 - dung trọng của vật liệu ống cống, (T/m³);

t - chiều dày ống cống, (m).

+) Áp lực thẳng đứng do tải trọng xe chạy gây ra:

Theo quy định chiều cao đắp đất trên cống không nhỏ hơn 0,5m, vì vậy không xét đến lực xung kích:

$$p = \frac{\sum G}{ab}$$

Trong đó:

p - áp lực thẳng đứng do tải trọng xe chạy gây ra, (T/m²);

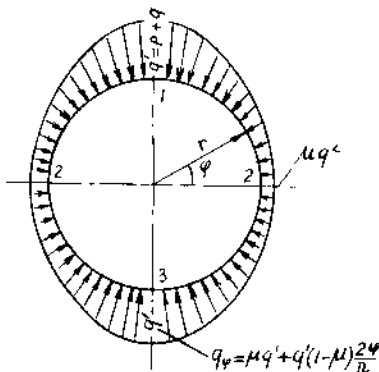
G - trọng lượng 1 bánh sau của ô tô, hoặc trọng lượng của một bánh xích (T);

a - chiều rộng của mặt tác dụng áp lực;

b - chiều dài của mặt tác dụng áp lực, (m).

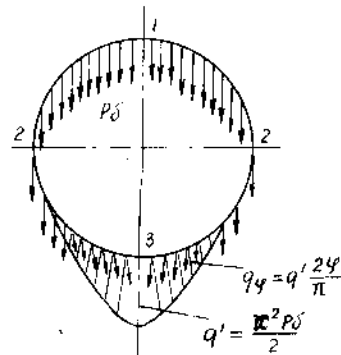
c) Tính nội lực

Việc tính toán nội lực phụ thuộc vào sự lớn nhỏ của ngoại lực và sơ đồ phân bố ngoại lực. Sơ đồ phân bố áp lực đất và áp lực của tải trọng xe chạy lên cống tròn cũng như vẽ ở hình 5.3. Do ảnh hưởng của ứng suất dọc trục rất nhỏ cho nên chỉ tính toán mômen.



Hình 5.3

Sự phân bố áp lực đất và áp lực do hoạt tải trên cống tròn.



Hình 5.4

Sơ đồ phân bố phản lực do trọng lượng bản thân gây ra.

+) Mômen trong ống cống tròn do tác dụng của áp lực đất đắp và của tải trọng xe chạy tính theo công thức sau:

$$M_1 = M_2 = M_3 = 0,137 (q + p) R^2(1 - \mu) \quad (5.8)$$

Trong đó:

q - áp lực thẳng đứng của đất đắp, (T);

p - áp lực thẳng đứng của tải trọng xe chạy (T/m²);

R - bán kính của ống cống, kể từ trục trung hòa, (m);

μ - hệ số sức kháng đàn hồi của đất, với ống cứng bằng hệ số áp lực hông của đất.

+) Tính mômen do trọng lượng bản thân ống cống gây ra theo các công thức sau:

$$M''_1 = 0,304 g_z R^2 \quad (5.9)$$

$$M''_2 = 0,337 g_z R^2 \quad (5.10)$$

$$M''_3 = 0,369 g_z R^2 \quad (5.11)$$

Trong đó: g_z - trọng lượng bản thân cống, tính theo công thức (5.7);

R - bán kính ống cống kể từ trục trung hòa.

d) Tổ hợp mômen

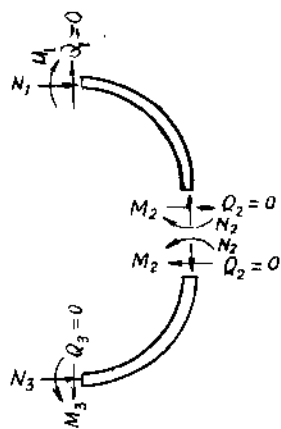
Tiến hành tổ hợp mômen do áp lực đất thẳng đứng, áp lực do hoạt tải thẳng đứng, do trọng lượng bản thân cống gây ra theo sơ đồ vẽ ở hình 5.5 thì tìm được mômen uốn lớn nhất:

$$M = M_1 + M''_3 \text{ hoặc } M' = M'_1 + M''_3 \quad (5.12)$$

Trong đó:

M' - tổ hợp mômen do áp lực đất, hoạt tải xe bánh và trọng lượng bản thân cống;

M'_1 - mômen do áp lực đất đắp và tải trọng của hoạt tải xe bánh. Các ký hiệu khác như trên.



Hình 5.5.

Sơ đồ tổ hợp mômen.

d) Chọn tiết diện ống cống và kiểm toán nứt (xem thí dụ)

3. Thí dụ tính toán

a) Số liệu thiết kế

Tải trọng thiết kế: ô tô H30, kiểm toán với xe bánh XB-80. Bê tông mác 150, $R_u = 65 \text{ kG/cm}^2$, cốt thép dùng loại CT₃, $\Phi 8 \text{ mm}$, $R_a = 1900 \text{ kG/cm}^2$.

Đường kính trong của cống $D = 1,0 \text{ m}$, chiều cao đắp đất $H = 0,75 \text{ m}$, dung trọng của đất $\gamma_0 = 18 \text{ T/m}^3$ - Dưới cống có lớp móng cát $h_0 = 1,0 \text{ m}$, góc nội ma sát $\varphi = 30^\circ$.

b) Sơ bộ chọn chiều dày ống cống t.

Do chiều cao đắp đất $H < 6\text{m}$ nên

$$t = \frac{D}{12,5} = \frac{100}{12,5} = 8\text{cm}$$

c) Tính ngoại lực

Tính tải:

- Áp lực thẳng đứng của đất đắp

$$q = \gamma_o H = 1,8 \times 0,75 = 1,35 \text{ T/m}^2$$

- Trọng lượng bản thân cống

$$g_L = \gamma_1 t = 2,5 \times 0,08 = 0,2 \text{ T/m}^2$$

Áp lực thẳng đứng do hoạt tải

$$\text{- Ô tô H30 (trục sau } \approx 12\text{T)} : p = \frac{\sum G}{a \times b}$$

Trong đó

$$a = 1,3 + 0,6 \times 2\text{Htg } 30^\circ = 1,9 + 2 \times 0,75 \times 0,577 = 2,77\text{m}$$

$$b = 0,2 + 2\text{Htg } 30^\circ = 0,2 + 2 \times 0,75 \times 0,577 = 1,07\text{m}$$

Do đó

$$p = \frac{2 \times 6,0}{2,77 \times 1,07} = 4,05 \text{ T/m}^2$$

- Xe XB 80

$$p = \frac{20}{a \times b}$$

Trong đó:

$$a = 3,2 + 2\text{Htg } 30^\circ = 3,2 + 2 \times 0,75 \times 0,577 = 4,07\text{m}$$

$$b = 0,2 + 2\text{Htg } 30^\circ = 0,2 + 2 \times 0,75 \times 0,577 = 1,07\text{m}$$

Vậy

$$p = \frac{20}{4,07 \times 1,07} = 4,6 \text{ T/m}^2$$

d) Tính toán nội lực

+) Do ảnh hưởng của $q + p$

Dựa theo công thức (5-8), được:

$$M_1 = M_2 = M_3 = 0,137 (q + p) R^2 (1 - \mu)$$

$$\text{Trong đó: } R = \frac{1,0 + 0,08}{2} = 0,54\text{m là bán kính tính toán bình quân,}$$

$$\mu = \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{35^\circ}{2} \right) = \text{tg}^2 27^\circ 5' = 0,521^2 = 0,271$$

Vậy với ô tô H30:

$$q + p = 1,35 + 4,05 = 5,40 \text{ T/m}^2$$

$$M_1 = M_2 = M_3 = 0,137 \times 5,4 \times 0,54^2(1 - 0,271) = 0,157 \text{ Tm}$$

Với xe XB-80

$$q + p = 1,35 + 4,60 = 5,95 \text{ T/m}^2$$

$$M'_1 = M'_2 + M'_3 = 0,137 \times 5,95 \times 0,54^2 \times (1 - 0,271) = 0,173 \text{ Tm}$$

+) Do ảnh hưởng của trọng lượng bản thân cống:

Dựa theo các công thức (5.9), (5.10), (5.11) tìm được:

$$M''_1 = 0,304g_z R^2 = 0,304 \times 0,2 \times 0,54^2 = 0,0177 \text{ Tm}$$

$$M''_2 = 0,337g_z R^2 = 0,377 \times 0,2 \times 0,54^2 = 0,0196 \text{ Tm}$$

$$M''_3 = 0,369g_z R^2 = 0,369 \times 0,2 \times 0,54^2 = 0,0215 \text{ Tm}$$

Trong đó $g_z = 0,2 \text{ T/m}^2$, $R = 0,54 \text{ m}$.

e) Tổng hợp mômen

Mômen uốn lớn nhất sau khi tổ hợp theo công thức (5.12) là:

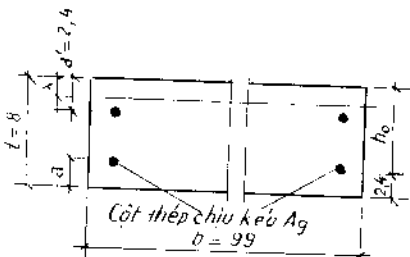
$$\text{Với ô tô H30: } M = M_1 + M''_3 = 0,157 + 0,0215 = 0,179 \text{ Tm}$$

$$\text{Với xe XB 80: } M' = M'_1 + M''_3 = 0,173 + 0,0215 = 0,195 \text{ Tm.}$$

Theo quy định khi kiểm toán với xe bánh XB 80, cho phép tăng ứng suất của bê tông cốt thép lên 25%.

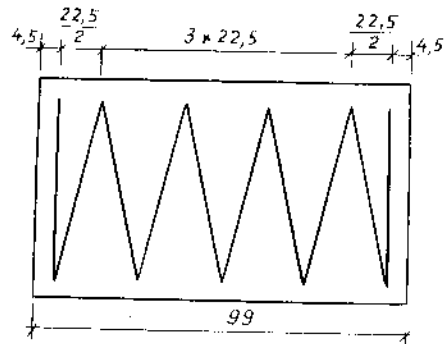
$$\text{Vậy } \frac{M'}{1,25} = \frac{0,195}{1,25} = 0,156 \text{ Tm} < M = 0,179 \text{ Tm.}$$

Vậy mômen uốn lớn nhất $M = 0,179 \text{ Tm} = 17900 \text{ kG/cm}$.



Hình 5.6

Sơ đồ bố trí cốt thép.



Hình 5.7

Sơ đồ bố trí cốt thép trong cống tròn.

h) Chọn tiết diện cống

Chiều dài một đốt cống là 0,99m, khe hở giữa hai đốt cống là 1cm; khi tính nội lực lấy $b = 99\text{cm}$ như hình 5.6. Dùng cốt thép $\Phi 8\text{mm}$, bố trí hai hàng đối xứng, chiều dày lớp bảo hộ $a' = 2,0\text{cm}$.

$$a = \frac{\Phi}{2} + a' = 2,4\text{cm}$$

$$h_0 = t - a = 8 - 2,4 = 5,6\text{cm.}$$

Xác định giá trị của hệ số r theo công thức:

$$r_o = \frac{h_o}{\sqrt{\frac{M}{R_u b}}} = \frac{5,6}{\sqrt{\frac{17900}{65 \times 99}}} = 3,35$$

Tra bảng 5.5 được $\alpha = 0,1$, $\gamma_o = 0,951$ Tiết diện cốt thép cần thiết F_a (cm²)

$$F_a = \frac{M}{\gamma_o h_o R_a} = \frac{17900}{0,951 \times 5,7 \times 1900} = 1,77 \text{ cm}^2$$

Số lượng cốt thép cần thiết chỉ cần 4 $\Phi 8$ mm là đủ, tuy nhiên theo điều kiện cấu tạo ở đây bố trí 6 $\Phi 8$ với $F_a = 3,02 \text{ cm}^2$ và bố trí thành hai hàng đối xứng theo dạng hình lò xo liên tục (xem hình 5-7).

i) Kiểm tra điều kiện bảo đảm cường độ và kiểm toán nứt

+) Thành công bê tông cốt thép tiết diện chữ nhật có bố trí hai hàng cốt thép $F_a = F_a' = 3,021 \text{ cm}^2$, vì vậy kiểm tra điều kiện cường độ theo công thức sau:

$$M \leq R_u b_x \left(h_o - \frac{x}{2} \right) + R_a F_a' (h_o - a')$$

$$x = \frac{R_a F_a}{b R_u} \leq 0,55 h_o$$

ở đây $R_u = 65 \text{ kG/cm}^2$, $b = 99 \text{ cm}$, $h = 5,6 \text{ cm}$, $R_a = 1900 \text{ kG/cm}^2$, $F_a = F_a' = 3,02 \text{ cm}^2$, $a' = 2,4 \text{ cm}$, $M = 17900 \text{ kG/cm}$.

$$\text{Vậy } x = \frac{3,02 \times 1900}{99 \times 65} = 0,89 \text{ cm} < 0,55 \times 5,6 = 3,08 \text{ cm}$$

$$x < 0,55 h_o$$

$$17900 < 65 \times 99 \times 0,89 \left(5,6 - \frac{0,89}{2} \right) + 1900 \times 3,02 (5,6 - 2,4)$$

$$17900 < 29523 + 18362 = 47885 \text{ kG/cm (bảo đảm điều kiện cường độ)}$$

+) Kiểm toán nứt

Độ mở rộng lớn nhất của đường nứt a_T (cm), với cốt thép trơn tính theo công thức:

$$a_T = 0,5 \frac{\sigma_a}{E_a} \psi_1 R_r \leq \Delta$$

$$\text{Trong đó: } \sigma_a = \frac{M}{F_a Z} = \frac{17900}{3,02 \left(5,6 - \frac{0,89}{2} \right)} = 1150 \text{ kG/cm}^2$$

$$E_a = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kG/cm}^2;$$

$$\psi_1 = 0,9 \text{ với bê tông mác 150;}$$

$$R_r = \frac{F_r}{\beta \sum n_i d_i} = 49,48 \text{ cm}$$

$$\text{Với } F_r = 99(2,4 + 2,4) = 475 \text{ cm}^2.$$

Vậy $a_T = 0,5 \frac{1150}{2,1 \cdot 10^6} \times 0,9 \times 49,48 = 0,012 < \Delta = 0,02 \text{ cm (được)}$

Sơ đồ bố trí cốt thép trong cống tròn như hình 5.7.

Bảng 5.5

Bảng tính toán tiết diện có một hoặc hai hàng cốt thép chịu uốn và chịu nén hoặc kéo lệch tâm (bê tông và cốt thép mác bất kỳ)

α	R_o	γ_o	A_o	α	R_o	γ_o	A_o
0,01	10	0,995	0,010	0,29	2,01	0,855	0,248
0,02	7,12	0,990	0,020	0,30	1,98	0,850	0,255
0,03	5,82	0,985	0,030	0,31	1,95	0,845	0,262
0,04	5,05	0,980	0,039	0,32	1,93	0,840	0,269
0,05	4,53	0,975	0,048	0,33	1,90	0,835	0,275
0,06	4,15	0,970	0,058	0,34	1,88	0,830	0,282
0,07	3,85	0,965	0,067	0,35	1,86	0,825	0,289
0,08	3,61	0,960	0,077	0,36	1,84	0,820	0,295
0,09	3,41	0,955	0,085	0,37	1,82	0,815	0,301
0,10	3,24	0,950	0,095	0,38	1,80	0,810	0,309
0,11	3,11	0,945	0,104	0,39	1,78	0,805	0,314
0,12	2,98	0,940	0,113	0,40	1,77	0,800	0,320
0,13	2,88	0,935	0,121	0,41	1,75	0,795	0,326
0,14	2,77	0,930	0,130	0,42	1,74	0,790	0,332
0,15	2,68	0,925	0,139	0,43	1,72	0,785	0,337
0,16	2,61	0,920	0,147	0,44	1,71	0,780	0,343
0,17	2,53	0,915	0,155	0,45	1,69	0,775	0,349
0,18	2,47	0,910	0,164	0,46	1,68	0,770	0,354
0,19	2,41	0,905	0,172	0,47	1,67	0,765	0,359
0,20	2,36	0,900	0,180	0,48	1,66	0,760	0,365
0,21	2,31	0,895	0,188	0,49	1,64	0,755	0,370
0,22	2,26	0,890	0,195	0,50	1,63	0,750	0,375
0,23	2,22	0,885	0,203	0,51	1,62	0,745	0,380
0,24	2,18	0,880	0,211	0,52	1,61	0,740	0,385
0,25	2,14	0,875	0,219	0,53	1,60	0,735	0,390
0,26	2,10	0,870	0,226	0,54	1,59	0,730	0,394
0,27	2,07	0,865	0,234	0,55	1,58	0,725	0,400
0,28	2,04	0,860	0,241				

$$M = m A_o b h_o^2 R_u; h_o = R_o \sqrt{\frac{M}{m R_u b}}; A_o = \alpha (1 - 0,5\alpha);$$

$$F_a = \frac{M}{m \gamma_o h_o m_a R_a}; \alpha = \frac{X}{h_o} \frac{m_a R_a}{R_u} \times \frac{F_a}{b h_o} \text{ hoặc } F_a = \alpha b h_o \frac{R_u}{m_a R_a}$$

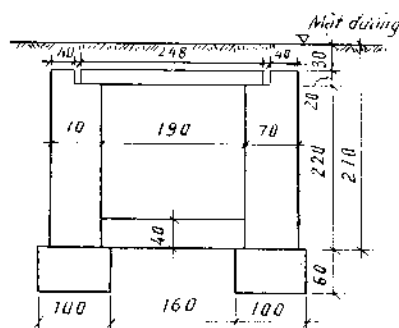
5.3. TÍNH TOÁN CỐNG BẢN

I. TÍNH TOÁN BẢN NẮP CỐNG BÊTÔNG CỐT THÉP

1. Giả thiết tính toán

Hai đầu bản nắp liên kết chốt với phần trên của thân cống, phần dưới của thân cống liên kết ngàm với móng. Khi tính toán nội lực trong bản nắp không xét đến lực nằm ngang của thân cống truyền vào.

Khi tỉ lệ giữa chiều dài và chiều rộng của tấm bằng hoặc lớn hơn 2 có thể tính như sơ đồ hình 5.8. Áp lực đất thẳng đứng do tải trọng xe chạy gây ra trên đỉnh cống dựa theo mép vệt bánh xe (bánh xích) và phân bố xuống dưới theo một góc 30° .



Hình 5.8

Sơ đồ cống bản (kích thước cm)

2. Các bước tính toán

a) Tính toán ngoại lực

+) Tính tải

- Áp lực thẳng đứng của đất đắp trên bản nắp tính theo công thức

$$q = \gamma_0 H$$

- Trọng lượng bản thân của bản nắp cống:

$$g_v = \gamma_1 h \quad (5.14)$$

Trong đó γ_1 - dung trọng của vật liệu bản nắp, (T/m^3),

h - chiều dày bản nắp, (m),

+) Tính toán áp lực thẳng đứng của tải trọng xe chạy gây ra

Chiều rộng phân bố tải trọng:

$$a = a_1 + 2H \operatorname{tg} 30^\circ.$$

Chiều dài phân bố tải trọng

$$b = b_1 = 2H \operatorname{tg} 30^\circ$$

Trong đó:

a_1 và b_1 - kích thước vệt bánh xe theo hướng ngang và hướng dọc của tấm;

a và b - kích thước vệt bánh theo hướng ngang và hướng dọc sau khi đã truyền qua lớp đất đắp trên cống.

Chiều rộng phân bố áp lực của xe bánh kép hoặc bánh xích tính theo công thức sau:

$$a = a_1 + d + 2H \operatorname{tg} 30^\circ$$

Trong đó:

d - khoảng cách từ điểm giữa hai bánh xe phía ngoài cùng đến điểm giữa của cụm bánh.

$$P = \frac{P}{ab}$$

với: P - tải trọng tập trung, (T).

b) *Tính toán nội lực*

+) *Mômen ở giữa nhịp*

- Mômen do tĩnh tải

$$M_{\text{tĩnh}} = \frac{1}{8}(q + g_z)l_p^2$$

Trong đó: l_p - khẩu độ tính toán của bản nắp, $l_p = l_0 + h_1$ (m)

- Mômen do hoạt tải

$$M_{\text{hoạt}} = \frac{P_c}{4} \left(l_p - \frac{C}{2} \right) (1 + \mu)$$

Trong đó:

C - chiều dài của diện tích mở rộng áp lực $C = a$, (m);

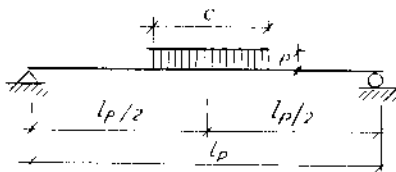
$1 + \mu$ - hệ số xung kích.

+ *Lực cắt ở gối.*

+) *Lực cắt do tĩnh tải*

$$Q_{\text{tĩnh}} = \frac{1}{2}(q + g_z)l_0$$

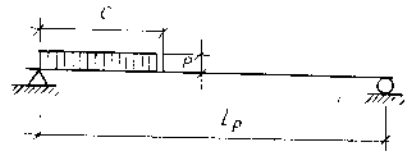
trong đó: l_0 - khẩu độ tĩnh của bản nắp, (m).



Hình 5.9

Chiều dài phân bố áp lực bánh xe giữa nhịp.

- Lực cắt do hoạt tải



Hình 5.10

Chiều dài phân bố áp lực bánh xe ở gối.

$$Q_{\text{hoạt}} = - \frac{P_c \left(l_0 - \frac{C}{2} \right)}{l_0}$$

c) Thiết kế mặt cắt

$$A_o = \frac{M}{bh_o^2 R_u}$$

$$F_a = \frac{M}{\gamma_o h_o R_a} \text{ hoặc } F_a = \alpha b h_o \frac{R_u}{R_a}$$

Trong đó: M - mômen uốn tính toán (kG cm);
 R_u - cường độ chịu nén uốn của bê tông, (kG/cm²);
 R_a - cường độ chịu kéo của cốt thép (kG/cm²);
 h_o - chiều cao có ích của tấm bản nắp, (cm).

Sau khi đã biết chiều cao có ích của tiết diện h_o , tìm được hệ số A_o và dựa vào bảng 5 - 5 tra được γ_o , α và từ đó xác định được tiết diện cốt thép cần thiết F_a .

- Nghiệm toán năng lực chịu tải

$$M \leq R_u b x \left(h_o - \frac{x}{2} \right) + R_a F_a (h_o - a')$$

$$x = \frac{R_a F_a}{b R_u} \leq 0,55 h_o$$

Tính cường độ do tác dụng của ứng suất chính theo công thức

$$\sigma_{ch} = \frac{Q}{bZ} < R_{ch}$$

Trong đó: Q - lực cắt do tải trọng tính toán;
 b - chiều rộng phần tính toán của nắp cống, $b = 100$ cm;
 $Z = h_o - \frac{x}{2}$ - cánh tay đòn của nội ngẫu lực.

3. Thí dụ tính toán bản nắp cống bê tông cốt thép

a) Số liệu tính toán

Tải trọng tính toán: ô tô có trục sau 12T (ô tô H30), nghiệm toán với xe bánh XB-80, chiều rộng mặt cống 7,5m, khẩu độ tiêu chuẩn 2,5m; chiều dày bản nắp cống $h = 20$ cm, khẩu độ tính toán $l_p = l_o + h = 210$ cm, trong đó $l_o = 190$ cm; bê tông mác 200, dung trọng bê tông cốt thép $\gamma_1 = 2,5$ T/m³, $R_u = 97$ KG/cm², cốt thép tiết diện có gờ CT₅ với $R_a = 2100$ KG/cm² đường kính 16 mm với $d_1 = 18$ mm, đất đắp trên cống $H = 0,3$ m, dung trọng của đất đắp $\gamma_o = 1,8$ T/m², góc nội ma sát $\varphi = 35^\circ$.

b) Tính toán ngoại lực

- + *Tính tải*: tiến hành tính toán cho 1m rộng của bản nắp cống, chiều dày bản 20cm.
- Áp lực thẳng đứng của đất đắp:

$$q = \gamma_o H \times 1,0 = 1,8 \times 0,3 \times 1 = 0,54 \text{ T/m}$$

- Trọng lượng bản thân của bản nắp:

$$g_c = \gamma_1 h \times 1,0 = 2,5 \times 0,2 \times 1 = 0,5 \text{ T/m}$$

+ Áp lực thẳng đứng do tải trọng xe chạy gây ra

- Với ô tô H30

$$a = a_1 + 2H \operatorname{tg} 30^\circ = 0,2 + 2 \times 0,3 \times 0,577 = 0,5462\text{m}$$

$$b = b_1 + 2H \operatorname{tg} 30^\circ = 0,6 + 2 \times 0,3 \times 0,577 = 0,9462\text{m}$$

Trọng lượng 1 bánh sau: $p = \frac{12}{2} = 6 \text{ T.}$

$$p = \frac{p}{a \times b} = \frac{6}{0,5462 \times 0,9462} = 11,61 \text{ T/m}^2$$

- Xe bánh XB-80

$$a = a_1 + 2H \operatorname{tg} 30^\circ = 0,2 + 2 \times 0,3 \times 0,577 = 0,5462\text{m}$$

$$b = b_1 + 2H \operatorname{tg} 30^\circ = 0,5 + 2 \times 0,3 \times 0,577 = 0,8462\text{m}$$

$$P = \frac{20}{4} = 5 \text{ T}$$

$$p = \frac{P}{ab} = \frac{5}{0,54 \times 0,8462} = 10,8 \text{ T/m}^2$$

c) Tính toán nội lực

+ Mômen uốn ở giữa tấm

- Mômen uốn do tĩnh tải

$$\begin{aligned} M_{\text{tĩnh}} &= \frac{1}{8}(q + g_z)l_p^2 = \frac{1}{8}(0,54 + 0,5) \times 2,1^2 = \\ &= 0,573 \text{ Tm} = 57300 \text{ kGcm.} \end{aligned}$$

- Mômen hoạt tải

$$\begin{aligned} M_{\text{ô tô}} &= \frac{pc}{4} \left(1_p - \frac{C}{2} \right) (1 + \mu) = \frac{11,61 \times 0,546}{4} \left(2,1 - \frac{0,546}{2} \right) \times 1,3 \\ &= 3,7640 \text{ Tm} = 376400 \text{ kGcm} \end{aligned}$$

$$M_{\text{XB-80}} = pc \left(\alpha_1 + \frac{1}{2}C \right) = 10,8 \times 0,546 \left(0,177 + \frac{1}{2} \times 0,546 \right)$$

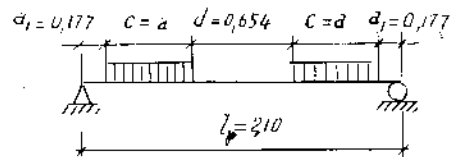
$$= 2,654 \text{ Tm} = 265.400 \text{ kGcm}$$

$$\begin{aligned} \sum M &= M_{\text{tĩnh}} + M_{\text{ô tô}} = 57300 + \\ &376400 = 433700 \text{ kGcm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M &= M_{\text{tĩnh}} + M_{\text{XB80}} = 57300 + \\ &265400 = 322700 \text{ kGcm} \end{aligned}$$

(dùng tải trọng ô tô H30 để tính)

+) Lực cắt ở gối



Hình 5.11a

Chiều dài phân bố áp lực xe bánh ở giữa bản.

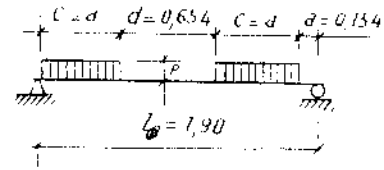
- Lực cắt do tĩnh tải

$$Q = \frac{1}{2}(q + q_l)l_0 = \frac{1}{2}(0,54 + 0,50) \times 1,7 = 0,988T = 988 \text{ kG}$$

- Lực cắt do hoạt tải

$$Q_{\text{ô tô}} = \frac{pc \left(l_0 - \frac{C}{2} \right) (1 + \mu)}{l_0} = \frac{11,61 \times 0,546 \left(1,9 - \frac{0,546}{2} \right) \times 1,3}{1,9} = 7,057T = 7057 \text{ kG}$$

$$Q_{\text{XB-80}} = \frac{pc \left[\left(l_0 - \frac{C}{2} \right) + \left(\frac{C}{2} + a_1 \right) \right]}{l_0} = \frac{10,8 \times 0,546 \left[\left(1,9 - \frac{0,546}{2} \right) + \left(\frac{0,546}{2} + 0,154 \right) \right]}{1,9} = 6,375T = 6375 \text{ kG.}$$



$$\sum Q = Q_{\text{tĩnh}} + Q_{\text{ô tô}} = 988 + 7057 = 8045 \text{ kG}$$

$$\sum Q = Q_{\text{tĩnh}} + Q_{\text{XB80}} = 988 + 6375 = 7363 < 8045 \text{ kG}$$

Hình 5.11b
Chiều dài phân bố áp lực xe bánh XB 80 ở gối.

(Vây tính theo tải trọng ô tô)

d) Thiết kế mặt cắt

Bản nắp cống được tính theo cường độ chịu uốn theo trạng thái giới hạn thứ nhất bằng cách tra bảng (bảng 5.5).

$$\text{Lớp bảo vệ} \quad \delta = 2,0 \text{ cm}, \quad a = \delta + \frac{d_1}{2} = 2 + \frac{1,8}{2} = 2,9 \text{ cm}$$

$$h_0 = h - a = 20 - 2,9 = 17,1 \text{ cm.}$$

Không xét đến cốt thép cấu tạo trong vùng chịu nén của bê tông vì tiết diện cốt thép không đáng kể.

Bản nắp cống có tiết diện chữ nhật nên:

$$A_0 = \frac{M}{bh_0^2 R_u} = \frac{4337000}{100 \times 17,1^2 \times 97} = 0,1529$$

Tra bảng 5-5 tìm được $\alpha = 0,17$ và tiết diện cốt thép cần thiết sẽ là:

$$F_a = \alpha b h_0 \frac{R_u}{R_a} = 0,17 \times 100 \times 17,1 \times \frac{97}{2100} = 13,43 \text{ cm}^2$$

Chọn trên 1m rộng của bản nắp cống 7 thanh cốt thép $\Phi 16$ tiết diện có gờ với

$$F_a = 2,01 \times 7 = 14,07 \text{ cm}^2$$

$$x = \frac{R_a F_a}{b R_u} = \frac{2100 \times 14,07}{100 \times 97} = 3,04 \text{ cm}$$

$$0,55 h_0 = 0,55 \times 17,1 = 9,4 \text{ cm}$$

$$3,04 < 9,4$$

Do đó điều kiện $X \leq 0,55 h_0$ được bảo đảm.

Cốt thép phía trên của tấm bản nắp được xác định theo điều kiện vận chuyển với hệ số động $k = 1,2$, hệ số vượt tải $n = 1,2$.

$$M_0 = n k g \frac{l_p^2}{8} = 1,2 \times 1,2 \times 0,5 \times \frac{2,1^2}{8} = 0,3969 \text{ Tm}$$

Lấy cốt thép cấu tạo phía trên của bản nắp là cốt thép trơn CT₃ đường kính 8mm, $f = 0,5 \text{ cm}^2$, $h_0 = 20 - 2 - \frac{0,8}{2} = 17,6 \text{ cm}$.

$$A_0 = \frac{M_0}{b h_0^2 R_u} = \frac{39690}{100 \times 17,6^2 \times 97} = 0,0132$$

Tra bảng 5-5 được $\alpha = 0,013$ và tiết diện cốt thép:

$$F'_a = \alpha b h_0 \frac{R_u}{R_a} = 0,013 \times 100 \times 17,6 \times \frac{97}{1900} = 1,16 \text{ cm}^2$$

Vậy bố trí cốt thép phía trên của bản nắp theo lý do cấu tạo với số lượng 4 Φ 8mm trên 1m dài.

Tính toán cường độ do tác dụng của ứng suất chính theo công thức

$$\sigma_{ch} = \frac{Q}{bZ} \leq R_{ch}$$

Ở đây $Q = 80,45 \text{ kG}$ - tổng lực cắt do tĩnh tải và hoạt tải H30; $b = 100 \text{ cm}$

$$Z = h_0 - \frac{x}{2} = 17,1 - \frac{0,34}{2} = 15,58 \text{ cm}$$

$\sigma_{ch} = \frac{8045}{100 \times 15,58} = 5,16 < 7 \text{ kG/cm}^2$ tức là không cần phải bố trí cốt thép đai và cốt thép xiên

II. PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN THÂN CỐNG HOẶC MỔ NHẸ

1. Các giả thiết tính toán

- Tấm bản bê tông nắp cống và các thanh chống phía dưới đáy cống là các gối đỡ trên và dưới của thân cống và thu nhận áp lực ngang sau thân cống.

- Áp lực đáy móng được tính theo cấu kiện khối xây chịu nén lệch tâm.

2. Các bước tính toán

a) *Tính toán ngoại lực và nội lực*

- Tính toán áp lực đất nằm ngang

$$e_{11} = \gamma_0 H \mu$$

trong đó: e_H - áp lực nằm ngang trên diện tích đơn vị (T/m^2);
 H - chiều cao đất đắp và chiều dày lớp đất tính đối, (m);
 μ - hệ số, tính theo công thức

$$\mu = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (5.24)$$

Với φ - góc nội ma sát của đất.

Áp lực đất do hoạt tải gây ra có thể tính đối thành chiều dày lớp đất phân bố đều:

$$h = \frac{\sum G}{b l_0 \gamma_0} (m) \quad (5.25)$$

Trong đó: $\sum G$ - trọng lượng xe phân bố trong diện tích $b \times l_0$; b - chiều rộng theo hướng ngang của móng, (m); γ_0 - dung trọng của đất (T/m^3); l_0 - chiều dài của khối đất phá hoại sau lưng móng; có thể tính theo công thức $l_0 = H \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right)$ với H - chiều cao thân móng.

Mômen uốn do áp lực nằm ngang gây ra:

$$M_x = R_A x - e_A \frac{x^2}{2} - (e_B - e_A) \frac{x^2}{6H_1} \quad (5.26)$$

Từ $\frac{dM_x}{dx} = 0$ tìm được:

$$x = \frac{H}{e_B - e_A} \left[-e_A + \sqrt{\frac{1}{3}(e_A^2 + e_A e_B + e_B^2)} \right] \quad (5.27)$$

Mang giá trị của x thay vào công thức (5.26) tìm được mômen uốn lớn nhất do áp lực nằm ngang sinh ra tại mặt cắt x của móng,

Trong đó: R_A - áp lực nằm ngang ở đầu trên của móng, (T);
 e_A và e_B - áp lực ngang ở đầu dưới của móng, (T/m^2);
 H - chiều cao thân móng, (thân cọc), (m);

- Tính toán áp lực thẳng đứng.

+ Áp lực thẳng đứng do tính tải

$$P = A \gamma \quad (5.28)$$

Trong đó: A - thể tích, (m^3);
 γ - dung trọng vật liệu (T/m^3).

+ Mômen do tính tải

$$M = \sum P e \quad (5.29)$$

Trong đó: $\sum P$ - tổng áp lực thẳng đứng, (T);
 e - khoảng cách lệch tâm, (m).

b) Kiểm toán cường độ

Với các kết cấu bê tông khối xây và đá xây phải kiểm toán theo trạng thái giới hạn thứ nhất về cường độ.

Tính cường độ (ổn định) của các cấu kiện chịu nén lệch tâm khi độ lệch tâm nhỏ (với tiết diện chữ nhật khi $\frac{e_0}{y} \leq 0,45$)

$$\frac{N_e}{\varphi S_0} \left(1 + \frac{2e_0}{h} \right) \leq R_{np} \quad (5.30a)$$

Trong đó:

e - khoảng cách từ điểm đặt lực pháp tuyến N đến cạnh ngoài của mặt cắt có ứng lực nhỏ hơn;

S_0 - mômen tĩnh của toàn bộ diện tích F đối với cạnh ngoài của mặt cắt có ứng lực nhỏ hơn;

$e_0 = \frac{M}{N}$ - độ lệch tâm của lực pháp tuyến so với trọng tâm mặt cắt (M - mômen của các lực tác động đối với trọng tâm toàn bộ mặt cắt),

y - khoảng cách từ trọng tâm mặt cắt đến cạnh ngoài của mặt cắt có ứng lực lớn hơn;

h - chiều cao của mặt cắt.

Tính cường độ (ổn định) của cấu kiện chịu nén lệch tâm khi độ lệch tâm lớn (với tiết diện chữ nhật $\frac{e_0}{y} \geq 0,45$):

$$\frac{N}{\varphi_u F_c} \leq R_u \quad (5.30b)$$

Trong đó:

R_u - cường độ chịu nén khi uốn của bê tông hay khối xây, $R_u = \varphi R_{np}$.

Với: R_{np} - cường độ chịu nén dọc trục của khối xây (xem phụ lục 3);

φ - hệ số, với tiết diện chữ nhật $\varphi = \sqrt[3]{\frac{F}{F_c}}$, với $F_c = F \left(1 - \frac{2e_0}{h} \right)$.

c) Kiểm toán cường độ đất nền đáy móng (xem thí dụ).

d) Kiểm toán mặt bằng của móng có xét đến tác dụng của móng đàn hồi (xem thí dụ).

3. Thí dụ tính toán

a) Số liệu thiết kế

Tải trọng thiết kế: ô tô H30, nghiệm toán với xe bánh XB-80

Chiều rộng mặt cống: 7,5m, khẩu độ tiêu chuẩn $l_p = 2,5m$.

Chiều cao móng $H_1 = 2,2m$, $H_2 = 2,7m$.

Thân móng xây bằng đá và vữa M50, móng và thanh chống xây bằng đá và vữa M50, dung trọng của khối xây $\gamma_1 = 2,3T/m^3$, góc nội ma sát của đất $\varphi = 35^\circ$, sức chịu tải của đất nền $R = 2,5kG/cm^2$.

b) Tính toán ngoại lực và nội lực

+) *Tính toán áp lực đất nằm ngang:*

Chiều dài khối đất phá hoại l_0 :

$$l_0 = H \operatorname{tg}\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = 2,7 \times 0,521 = 1,407\text{m}$$

Áp lực đất do hoạt tải gây ra có thể tính đổi thành chiều dày lớp đất tương đương:

$$h_0 = \frac{\sum G}{bl_0 \gamma_0}$$

Với ô tô H30:

$$\sum G = 12 \times 2 = 24\text{T}$$

$$h_0 = \frac{\sum G}{bl_0 \gamma_0} = \frac{24}{8,4 \times 1,407 \times 1,8} = 1,13\text{m}$$

Với xe bánh XB - 80:

$$\sum G = 2 \times 20 = 40\text{T}$$

$$h_0 = \frac{\sum G}{bl_0 \gamma_0} = \frac{40}{8,4 \times 1,407 \times 1,8} = 1,88\text{m}$$

$$\mu = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \operatorname{tg}^2\left(45^\circ - \frac{35^\circ}{2}\right) = 0,271$$

Áp lực đất nằm ngang:

Với ô tô H30

$$e_A = \gamma_0(0,5 + h_0)\mu = 1,8(0,5 + 1,13) \times 0,271 = 0,795\text{T/m}^2$$

$$e_B = \gamma_0(h_0 + H_2)\mu = 1,8(1,13 + 2,7) \times 0,271 = 1,868\text{T/m}^2$$

Với xe bánh XB - 80

$$e_A = \gamma_0(0,5 + h_0) = 1,8(0,5 + 1,88) \times 0,271 = 1,161\text{T/m}^2$$

$$e_B = \gamma_0(H_2 + h_0) = 1,8(2,7 + 1,88) \times 0,271 = 2,234\text{T/m}^2$$

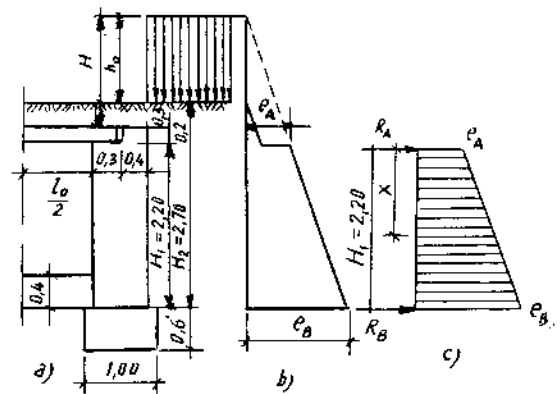
Theo quy định với móng nhẹ chịu áp lực đất nằm ngang sau móng, thường được tính toán với 1m chiều rộng của móng:

$$R_{A \text{ ô tô}} = \frac{(2e_A + e_B)H_1}{6} = \frac{(2 \times 0,795 + 1,868) \times 2,2}{6}$$

$$= 1,268\text{T}$$

$$R_{B \text{ ô tô}} = \frac{(e_A + 2e_B)H_1}{6} = \frac{(0,795 + 2 \times 1,868) \times 2,2}{6}$$

$$= 1,661\text{T}$$



Hình 5.12

Ngại lực tác dụng trên thân công (móng nhẹ)

$$R_A \text{ xe bánh} = \frac{(2e_A + e_B)H_1}{6} = \frac{(2 \times 1,161 + 2,234) \times 2,2}{6} = 1,671T$$

$$R_B \text{ xe bánh} = \frac{(e_A + 2e_B)H_1}{6} = \frac{(1,161 + 2 \times 2,234) \times 2,2}{6} = 2,664T$$

Mômen do áp lực nằm ngang tính theo công thức 5.20, mômen lớn nhất xuất hiện tại mặt cắt x như vẽ ở hình 5.12c:

$$M_{\max} = R_A x - e_A \frac{x^2}{2} - (e_B - e_A) \frac{x^2}{6H_1}$$

Trong đó:

$$x_{\text{đạo}} = \frac{H_1}{e_B - e_A} \left[-e_A + \sqrt{\frac{1}{3}(e_A^2 + e_A e_B + e_B^2)} \right]$$

$$= \frac{2,2}{1,868 - 0,795} \left[-0,795 + \sqrt{\frac{1}{3}(0,795^2 + 0,795 \times 1,868 + 1,868^2)} \right]$$

$$= 2,05 \left[-0,795 + \sqrt{\frac{1}{3}(0,632 + 1,485 + 3,489)} \right] =$$

$$= 2,05 \left[-0,795 + \sqrt{1,868} \right] \approx 2,05 \times 0,571 = 1,171m$$

$$x_{(XB80)} = \frac{2,2}{2,234 - 1,161} \left[-1,161 + \sqrt{\frac{1}{3}(1,161^2 + 1,161 \times 2,234 + 2,234^2)} \right] =$$

$$= 2,05 \left[-1,161 + 1,726 \right] = 2,05 \times 0,565 = 1,158m$$

$$\text{Do đó: } M_{\max(\text{đạo})} = R_A x - e_A \frac{x^2}{2} - (e_B - e_A) \frac{x^3}{6H_1}$$

$$= 1,268 \times 1,171 - 0,795 \frac{1,171^2}{2} - (1,868 - 0,795) \times \frac{1,171^3}{6 \times 2,2} =$$

$$= 1,485 - 0,545 - 0,130 = 1,81Tm$$

$$M_{\max(XB80)} = R_A x - e_A \frac{x^2}{2} - (e_B - e_A) \frac{x^3}{6H_1}$$

$$= 1,671 \times 1,158 - 1,161 \frac{1,158^2}{2}$$

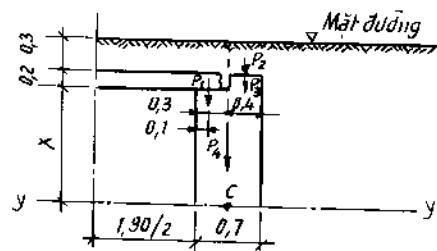
$$- (2,234 - 1,161) \frac{1,158^3}{6 \times 2,2} =$$

$$= 1,935 - 0,778 - 0,146 = 1,011Tm$$

+) Tính toán áp lực thẳng đứng (hình 5.13):

- Áp lực thẳng đứng do tĩnh tải

Khi $x = 1,16m$, áp lực thẳng đứng trên mặt cắt yy của móng là:



Hình 5.13

Áp lực thẳng đứng trên mặt cắt yy.

$$P_1 = (0,3 \times 1,25 \times 1,8) + (0,2 \times 1,25 \times 2,5) = 1,300T$$

$$P_2 = 0,3 \times 0,4 \times 1,8 = 0,216T$$

$$P_3 = 0,2 \times 0,4 \times 2,3 = 0,184T$$

$$P_4 = 0,7 \times 0,16 \times 2,3 = 1,868T$$

- Mômen uốn do tĩnh tải gây ra

Mômen uốn lệch tâm gây ra trên mặt cắt y - y (điểm C là trọng tâm của tiết diện) như vẽ ở hình 5.13.

$$M = \sum Pe$$

Tên	Lực (T)	Độ lệch tâm e (m)	Mômen (Tm)
P ₁	1300	0,25	-0,325
P ₂	0,216	0,15	0,032
P ₃	0,184	0,15	0,028
P ₄	1,868	0	0
P	3,568		$\sum M_1 = 0,265$

c) Kiểm toán cường độ thân mố

- Độ lệch tâm tính toán trong mặt phẳng uốn y-y.

$$e_o = \frac{\sum M}{\sum P}$$

Trong đó:

$$\sum M = M_{\max(XB80)} - \sum M_1 = 1,011 - 0,265 = 0,746Tm$$

$$\sum M = M_{\max(\text{ô tô})} - \sum M_1 = 1,81 - 0,265 = 0,545Tm$$

(Vây tính với xe bánh XB-80)

$$\sum P = 3,568T$$

$$e_o = \frac{0,746}{3,568} = 0,209m, y = \frac{0,7}{2} = 0,35m$$

$$\frac{e_o}{b} = \frac{0,209}{0,35} = 0,59 > 0,45.$$

(thuộc trường hợp cấu kiện chịu nén lệch tâm, khi độ lệch tâm lớn).

Kiểm toán cường độ thân mố theo công thức (5.30b)

$$\frac{N}{\varphi_u F_c} \leq R_u$$

ở đây: $N = \sum P = 3,568T$

$$F_c = F \left(1 - \frac{2e_0}{h} \right) = 0,7 \times 1,0 \left(1 - \frac{2 \times 0,209}{0,70} \right) = 0,7 \times 0,403 = 0,282 \text{ m}^2$$

$$\varphi_u = 1$$

$$R_u = \varphi R_{np} \text{ với } \varphi = \sqrt[3]{\frac{F}{F_c}} = \sqrt[3]{\frac{1}{1 - \frac{2e_0}{h}}} = 1,35$$

lấy $\varphi = 1,0$ ứng với khối xây bằng đá thiên nhiên.

Vậy $R_u = R_{np} = 7 \text{ kG/cm}^2$ (khối xây bằng đá học loại thường với vữa có số hiệu 50).

$$\text{Từ đó } \frac{3,568}{1 \times 0,282} = 12,652 \text{ T/m}^2 = 1,265 \text{ kG/cm}^2 < R_u = 7 \text{ kG/cm}^2$$

(bảo đảm điều kiện cường độ).

d) Kiểm toán cường độ đất nền đáy móng (hình 5.14)

+) Áp lực thẳng đứng ở đáy móng:

- Áp lực thẳng đứng do tĩnh tải

$$P_1 = 1,300 \text{ T}; P_2 = 0,216 \text{ T}; P_3 = 0,184 \text{ T}$$

$$P_4 = 0,7 \times 2,2 \times 2,3 = 3,542 \text{ T};$$

$$P_5 = 0,6 \times 1,0 \times 2,3 = 1,380 \text{ T}$$

$$P_6 = 0,15 \times 2,7 \times 1,8 = 0,729 \text{ T}$$

$$P_7 = 0,4 \times 0,4 \times 0,95 \times 2,3 = 0,350 \text{ T}$$

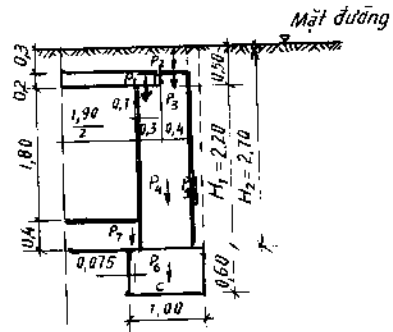
- Áp lực thẳng đứng do hoạt tải

$P_{8(H30)} = 5,891 \text{ T}$ (phản lực gối của nắp cống, không xét đến hệ số xung kích).

$P_{9(XB80)} = 6,375 \text{ T}$ (phản lực gối của nắp cống).

+) Tính toán mômen uốn do tải trọng tác dụng lệch tâm lên móng (xem hình 5.14).

(1) Mômen uốn do tĩnh tải



Hình 5.14

Lực thẳng đứng tác dụng ở đáy móng.

Tên	Lực (T)	Độ lệch tâm e (m)	Mômen (Tm)
P_1	1,300	-0,25	-0,325
P_2	0,216	0,15	0,032
P_3	0,184	0,15	0,028
P_4	3,542	0	0
P_5	1,380	0	0
P_6	0,729	0,425	0,310
P_7	0,350	-0,425	-0,149

(2) Mômen uốn do hoạt tải

$P_{B(H30)}$	5,891	-0,25	-1473
$\Sigma P_{H30} + \text{Tĩnh tải} = 13,592$		$\Sigma M = -1577$	
P_g	6,375	-0,25	-1594
$\Sigma P_{XB80} + \text{Tĩnh tải} = 14,076$		$\Sigma M = -1698$	

+) Kiểm toán cường độ đất đáy móng.

$$A = 1,0 \times 1,0 = 1\text{m}^2$$

$$W = \frac{1}{6} \times 1^2 \times 1 = 0,167\text{m}^2.$$

- Cường độ đất đáy móng dưới tác dụng của tổ hợp tĩnh tải và hoạt tải ôtô H.30:

$$\begin{aligned}\sigma_{a(\text{tĩnh}+H30)} &= \frac{\Sigma P}{A} \pm \frac{\Sigma M}{W} = \frac{13,592}{1} \pm \frac{(-1,577)}{0,167} = \\ &= 13,592 \pm (-9,44) = 4,152\text{T/m}^2 \\ \text{và} &= 23,032\text{T/m}^2 \\ \sigma_{\max} &= 2,303\text{kG/cm}^2 < R = 2,5\text{kG/cm}^2 \text{ (bảo đảm).}\end{aligned}$$

- Cường độ đất đáy móng dưới tác dụng của tổ hợp tĩnh tải và hoạt tải của xe bánh XB-80:

$$\begin{aligned}\sigma_{a(\text{tĩnh} + XB80)} &= \frac{\Sigma P}{A} \pm \frac{\Sigma M}{W} = \frac{14,076}{1} \pm \frac{(-1,698)}{0,167} = \\ &= 14,076 \pm (-10,168) = 3,908\text{T/m}^2 \\ \text{và} &= 24,244\text{T/m}^2 \\ \sigma_{\max} &= 2,424\text{kG/cm}^2 < 1,25R = 1,25 \times 2,5 = \\ &= 3,125\text{kG/cm}^2 \text{ (bảo đảm).}\end{aligned}$$

Cường độ tính toán của đất nền $R(\text{kG/cm}^2)$ được xác định theo các đặc trưng cơ lý của đất theo đúng các chỉ dẫn của quy trình hiện hành.

Cách xác định cường độ chịu nén tính toán của đất không có đá dưới móng xem phần II, phụ lục 3A.

e) Kiểm toán mặt bằng của móng nhẹ có xét đến tác dụng của nền đàn hồi

Đối với móng nhẹ còn phải tiến hành kiểm toán mặt bằng của móng như dầm đặt trên nền đàn hồi. Việc kiểm toán này thường được tiến hành theo phương pháp ứng suất cho phép.

III. PHƯƠNG PHÁP KIỂM TOÁN MẶT BẰNG CỦA MÔ NHẹ

(khối tường cánh và thân cổng liên kết với nhau)

1. Các giả thiết cơ bản

- Thân mố tựa trên bản nắp và các thanh chống và được tính toán như một kết cấu cứng có 4 khớp.

- Mố nhẹ còn phải tính toán như dầm trên nền đàn hồi, với giả thiết là trọng lượng bản thân của mố không gây uốn.

- Do biến dạng của mố rất nhỏ và để xét đến tính dẻo của đất nền áp lực của nền móng được xem là phân bố đều.

2. Các bước tính toán

a) Tính toán đặc tính tiết diện của mố

- Tính diện tích mặt cắt thân mố;

- Tính vị trí trục trung hoà và mômen quán tính của tiết diện.

b) Tính giá trị của hệ số đàn hồi và điều kiện của dầm trên nền đàn hồi

- Tính toán hệ số đàn hồi.

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{Kb}{4EI_1}} \quad (5.31)$$

Trong đó:

K - hệ số nền của nền đàn hồi;

b - chiều rộng mố, (cm);

E - môđun đàn hồi của vật liệu mố;

I_1 - mômen quán tính của mỗi centimet rộng của mố.

- Tính toán điều kiện của dầm trên nền đàn hồi.

Khi chiều dài của dầm L trong phạm vi $\frac{1,2}{\alpha} < L < \frac{4}{\alpha}$ thì tính như dầm ngắn trên nền đàn hồi.

c) Tính ngoại lực

- Tính toán tĩnh tải:

$$g = \frac{\sum g}{B} \quad (5.32)$$

Trong đó:

g - trọng lượng của 1m dài mố;

B - chiều rộng mố;

$\sum g$ - tổng trọng lượng: $\sum g = g_1 + g_2 + g_3$ với

g_1 - trọng lượng của cấu tạo phần trên;

g_2 - trọng lượng đất đắp;

g_3 - trọng lượng thanh chống.

- Tính toán hoạt tải: trọng lượng tăng thêm trên chiều dài đơn vị của mố.

d) Tính nội lực

- Mômen uốn của dầm dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều bộ phận

$$M_{\frac{L}{2}} = \frac{P}{\alpha^2} C_{\frac{L}{2}-a} - \frac{1}{\alpha^2} KY C_{\frac{L}{2}} - \frac{K}{\alpha^3} \varphi_0 D_{\frac{L}{2}} \quad (5.33)$$

Trong đó:

$$\left. \begin{aligned} -KY &= P \frac{(C_{b1} - C_{b2})C_L - (B_{b1} - B_{b2})D_L}{C_L^2 - B_L D_L} \\ -\frac{K}{\alpha} \varphi_0 &= P \frac{(B_{b1} - B_{b2})C_L - (C_{b1} - C_{b2})B_L}{C_L^2 - B_L D_L} \end{aligned} \right\} \quad (5.34)$$

B, C, D - giá trị các hàm số hypecbôn và hàm số lượng giác, tra ở phụ lục 2.

Các chỉ số bên phải của B, C, D có liên quan đến kích thước vị trí tải trọng trên dầm và xem ở các hình 5.16, 5.17, 5.18, 5.19.

e) Nghiệm toán ứng suất tiết diện thân mố

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\frac{L}{2}}}{I_1} Y_1 n < [\sigma_a] \quad (5.35)$$

$$\sigma_{\min} = \frac{M_{\frac{L}{2}}}{I_1} Y_2 < [\sigma_{ku}] \quad (5.36)$$

Trong đó:

$M_{\frac{L}{2}}$ - tổng mômen do hoạt tải và tĩnh tải (cấu tạo phần trên bao gồm cả

thanh chống);

Y_1, Y_2 - khoảng cách từ trục trung hoà của tiết diện thân mố đến đỉnh mố và đến đáy móng;

n - tỉ số môđun đến hồi của vật liệu đỉnh mố và thân mố;

I_1 - mômen quán tính của mỗi mét tiết diện thân mố;

$[\sigma_a]$ - ứng suất nén cho phép của vật liệu mũ mố;

$[\sigma_{ku}]$ - ứng suất kéo cho phép của vật liệu đáy móng mố;

g) Nghiệm toán ứng suất nén của đất đáy móng

- Tính toán áp lực bình quân của đất đáy móng.

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq [\sigma_a] \quad (5.37)$$

Trong đó: P - tổng tĩnh tải và hoạt tải;

A - diện tích đáy móng;

$[\sigma_a]$ - ứng suất nén cho phép của đất đáy móng.

- Tính toán ứng suất lớn nhất của đáy móng.

$$\sigma_{\max} = \sigma_{a \text{ tính}} + \sigma_{\text{hoạt max}} < [\sigma_a] \quad (5.38)$$

Trong đó:

$\sigma_{a \text{ tính}}$ - ứng suất bình quân của đáy móng dưới tác dụng của tĩnh tải khi giả thiết móng tuyệt đối cứng.

$\sigma_{\text{hoạt max}}$ - ứng suất nén của đất dưới tác dụng của hoạt tải.

$$\sigma_{\text{hoạt max}} = \frac{dP}{dx} = -KYAx - \frac{1}{\alpha} K\varphi_0 Bx - P_x A_{x-a} + P_x \quad (5.39)$$

Trong đó:

KY và $\frac{K}{\alpha} \varphi_0$ xem công thức (5.34)

Ax, Bx, A_{x-a} - hệ số có liên quan với vị trí của tải trong tác dụng trên dầm, tra phụ lục 2.

P_x - trọng lượng của hoạt tải tác dụng trên đơn vị chiều dài của móng;

$[\sigma_a]$ - ứng suất nén cho phép của đất đáy móng.

Các hàm số hyperbolic và lượng giác của móng nhẹ cho ở phụ lục 2. Trong phụ lục 2:

$$Ax = Chax \cos \alpha x$$

$$Bx = \frac{1}{2}(Chax \sin \alpha x + Shax \cos \alpha x)$$

$$Cx = \frac{1}{2}Shax \sin \alpha x$$

$$Dx = \frac{1}{4}(Chax \sin \alpha x - Shax \cos \alpha x).$$

3. Ví dụ kiểm toán mặt bằng móng công

a) Số liệu thiết kế

- Tải trọng tính toán: ôtô H30, xe XB-80.

Chiều cao móng $H = 2,20 \text{ m}$ (xem hình 5.15)

Chiều dài móng $L = 14,40 \text{ m}$ (xem hình 5.16)

Mũ móng làm bằng bê tông M150, $E_b = 2,4 \times 10^5 \text{ kG/cm}^2$

Thân móng bằng đá, xây vữa 50

$$E = 800K [\sigma_a] = 800 \times 3 \times 7 = 16800 \text{ kG/cm}^2.$$

Thanh chống ở đây xây bằng đá hộc cách nhau 3m, tiết diện 40 x 40cm và đặt dưới lớp gia cố.

Móng bằng đá, xây vữa 50

$$E = 16800 \text{ kG/cm}^2.$$

Tỉ số môđun đàn hồi của bê tông đối thành môđun đàn hồi của đá xây vữa là:

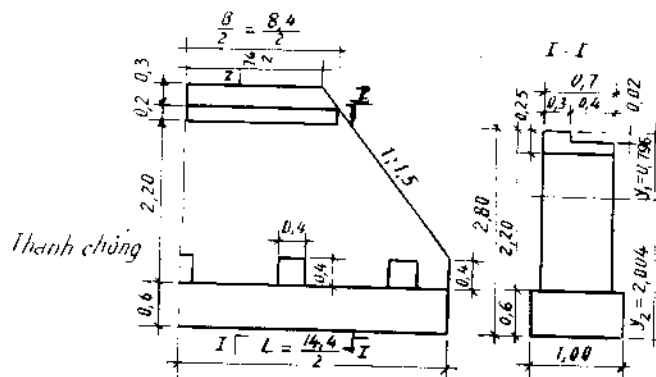
$$n = \frac{2,4 \times 10^5}{16800} = 14,286$$

Dung trọng của đất $\gamma_0 = 1,8\text{T/m}^3$

Dung trọng của đá xây $\gamma_1 = 2,3\text{T/m}^3$

Ứng suất cho phép của móng $[\sigma_a] = 2,5 \text{ kG/cm}^2$.

b) Đặc trưng mặt cắt của móng (xem hình 5.15)



Hình 5.15
Mặt cắt của móng nhẹ

Hạng mục	A(m ²)	Y (m)	S (m ³)
Mũ móng	$(0,7 \times 0,25 - \frac{1}{2} \times 0,4 \times 0,02) \times 14,286 = 2,46$	2,675	6,42
Thân móng	$0,7 \times 1,95 = 1,365$	1,575	2,150
Móng móng	$1,0 \times 0,6 = 0,60$	0,30	0,180
Cộng	4,365		8,750

Vị trí trục trung hoà và mômen quán tính của tiết diện II

$$Y_2 = \frac{S}{A} = \frac{8,75}{4,365} = 2,004 \text{ m.}$$

$$Y_1 = 2,80 - Y_2 = 0,796\text{m}$$

$$I_1 = 3,538 \text{ m}^4.$$

Hạng mục	I_0	α	$A\alpha^2$	$I_1 = I_0 + A\alpha^2$
Mũ móng	$\frac{1}{12} \times 0,7 \times 0,25^3 \times 14,286 = 0,013$	0,671	10806	
Thân móng	$\frac{1}{12} \times 0,7 \times 1,95^3 = 0,433$	0,429	0,2512	
Móng móng	$\frac{1}{12} \times 1,0 \times 0,6^3 = 0,018$	1,704	1,7422	
Cộng	0,464		3,0740	3,538

A - diện tích mặt cắt ngang, (m²);

Y - khoảng cách từ trọng tâm của tiết diện đến đáy móng, (m);

S - mômen tĩnh của các tiết diện đối với đáy móng, (m³).

Giả định độ cứng của móng là hằng số trên toàn bộ chiều dài:

$$I_1 = 3,538 \text{ m}^4, \text{ lấy } K = 10, E = 1,68 \times 10^4 \text{ kG/cm}^2.$$

Mômen quán tính của 1cm rộng của móng:

$$I = \frac{I_1}{b} = \frac{3,538 \times 10^8}{100}$$

c) Tính toán giá trị của hệ số đàn hồi α và chiều dài sóng đàn hồi

+ Tính toán giá trị của hệ số đàn hồi α :

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{Kb}{4FI_1}} = \sqrt[4]{\frac{10 \times 100}{4 \times 1,68 \times 10^4 \times 3,538 \times 10^8}} = 0,00254$$

+ Tính toán điều kiện của dầm trên nền đàn hồi

Kiểm tra điều kiện $\frac{1,2}{\alpha} < L < \frac{4}{\alpha}$, ở đây $473 < 1440 < 1574$, do đó móng cồng (móng móng nhẹ) được tính toán như một dầm ngán trên nền đàn hồi.

d) Tính toán ngoại lực và nội lực

+) Tải trọng tĩnh (xem hình 5.13, 5.14, 5.15).

$$g_1 = \frac{1}{2} \times 0,2 \times 2,48 \times 8,4 \times 2,5 = 5,208 \text{ T}$$

- Trọng lượng của đất đắp

$$\begin{aligned} g_2 &= \frac{1}{2} \times 3,6 \times 0,3 \times \frac{1}{2}(7,5 + 8,4) \times 1,8 \\ &+ \frac{1}{2}(0,2 + 0,22) \times 0,4 \times 8,4 \times 1,8 + 0,15 \times 2,4 + 8,4 \times 1,8 \\ &= 7,7272 + 1,270 + 5,443 = 14,440 \text{ T.} \end{aligned}$$

- Trọng lượng của thanh chống:

$$g_3 = \frac{1}{2} \times 0,4 \times 0,4 \times 1,9 \times 2,3 \times 3 = 1,05 \text{ T}$$

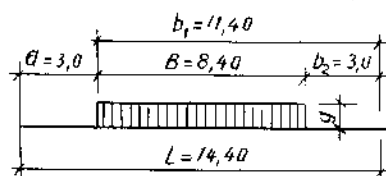
Tổng trọng lượng:

$$\begin{aligned} \sum g &= g_1 + g_2 + g_3 = 5,208 + 14,440 \\ &+ 1,05 = 20,698 \text{ T.} \end{aligned}$$

Trọng lượng trên mỗi mét dài của móng (hình 5.16)

$$g = \frac{\sum g}{B} = \frac{20,698}{8,4} = 2,462 \text{ kG/cm}$$

Tìm các hệ số (tra bảng phụ lục 2).



Hình 5.16

Trọng lượng của tĩnh tải trên đơn vị chiều dài của móng

X	$\alpha X = 0,00254X$	B	C	D
L = 1440	3,66	-13,2504	-4,81075	1,8081
$\frac{L}{2} = 720$	1,83	11560	1,46765	0,9672
b1 = 1140	2,90	-3,3079	1,08375	-
a = b2 = 300	0,76	0,75155	0,28775	-
$\frac{L}{2} - a = 420$	1,07	-	0,5641	-

$$\begin{aligned}
 -KY &= g \frac{(C_{b1} - C_{b2})C_L - (B_{b1} - B_{b2})D_L}{C_L^2 - B_L D_L} = \\
 &= \frac{(1,08375 - 0,28775)(-4,81075) - (-3,3079 - 0,75155) \times 1,8081}{(4,81075)^2 - (-13,2504) \times 1,8081} g = \\
 &= \frac{3,511}{47,101} g = 0,0745 g \\
 -\frac{K}{\alpha} \varphi_o &= g \frac{(B_{b1} - B_{b2})C_L - (C_{b1} - C_{b2})B_L}{C_L^2 - B_L D_L} = \\
 &= \frac{(-3,3079 - 0,75155)(-4,81075) - (1,08375 - 0,28775)(-13,2504)}{(-4,81075)^2 - (-13,2504 \times 1,8081)} g = \\
 &= \frac{30,076}{47,101} g = 0,639g \\
 M_L &= \frac{-g}{\alpha^2} C_L - \frac{1}{\alpha^2} KYC_L - \frac{K}{\alpha^3} \varphi_o D_L = \\
 &= \frac{g}{\alpha^2} (-0,5641 + 0,0745 \times 1,46765 + 0,639 \times 0,9672) = \\
 &= \frac{g}{\alpha^2} \times 0,1494 = \frac{24,62 \times 0,1494}{(0,00254)^2} = 571000 \text{ kg/cm}
 \end{aligned}$$

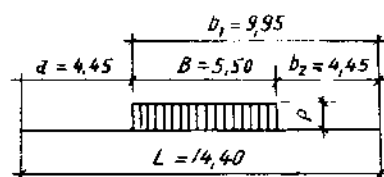
Tỉ lệ phần trăm hạ thấp mômen uốn khi tính móng đàn hồi:

$$\frac{5,71}{15,53} M_o = 0,367 M_o$$

+) Hoạt tải:

- Ô tô H30: Hai làn xe $P = 2 \times 12 = 24T$

Chiều rộng phân bố $B = S = 1,8 \times 2 + 1,3 + 0,6 = 5,5m$.



Hình 5.17

Trọng lượng tác dụng trên đơn vị chiều dài của mố (hình 5.17)

Trọng lượng của ô tô 13T trên đơn vị chiều dài của mố

$$p = \frac{P}{S} = \frac{24}{5,5} = 4,363 \text{ T/m} = 43,63 \text{ kG/cm}$$

$$-KY = \frac{(1,79055 - 0,6269)(-4,81075) - (-0,7398 - 1,0687) \times 1,8081}{(-4,81075)^2 - (-13,2504) \times 1,8081} p =$$

$$= \frac{-2,328}{47,101} p = 0,0494p$$

$$-\frac{K}{\alpha} \varphi_0 = p \frac{(-0,7398 - 1,0687)(-4,81075) - (1,79055 - 0,6269)(-13,2504)}{(-4,81075)^2 - (-13,2504) \times 1,8081} =$$

$$= \frac{24,119}{47,101} p = 0,512p$$

$$M_L = \frac{p}{\alpha^2} (-0,24435 - 0,494 \times 1,46765 + 0,512 \times 0,9672) =$$

$$= \frac{p}{\alpha^2} \times 0,1784 = \frac{43,63 \times 0,1784}{(0,00254)^2} = 1216,186 \text{ kG/cm}$$

Mômen uốn không xét đến tính đàn hồi của móng

$$M_0 = \frac{\sum P}{2} \cdot \frac{(L - B)}{4} = \frac{24}{2} \times \frac{(14,4 - 5,5)}{4} = 26,7 \text{ Tm}$$

Tính tỷ lệ phần trăm giảm mômen uốn do sự đàn hồi của móng:

$$\frac{12,16}{26,7} M_0 = 0,455 M_0$$

Tìm các trị số B, C, D (tra phụ lục II)

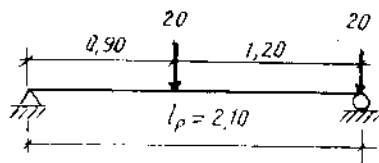
X	$\alpha X = 0,00254X$	B	C	D
L = 1440	3,66	-13,2504	-4,81075	1,8081
$\frac{L}{2} = 720$	1,83	1,1560	1,46765	0,9672
b1 = 995	2,53	-0,7398	1,79055	-
a = b2 = 445	1,13	1,0687	0,6269	-
$\frac{L}{2} - a = 275$	0,70	-	0,24435	-

- Xe XB - 80:

$$\text{Phản lực ở gối } P = 20 + \frac{20 \times 0,9}{2,1} = 20 + 8,57 = 28,57 \text{ T}$$

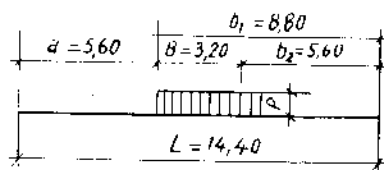
Chiều rộng phân bố B = S = 3,20m

- Trọng lượng tác dụng trên một đơn vị chiều dài của mố (thân cống) (hình 5.19).



Hình 5.18

Phản lực gối dưới tác dụng của xe
XB-80.



Hình 5.19

Trọng lượng trên đơn vị chiều dài của mố
do xe XB-80

Tìm các trị số B, C, D

X	$\alpha X = 0,00254X$	B	C	D
$L = 1440$	3,66	-13,2504	-4,81075	1,8081
$\frac{L}{2} = 720$	1,83	1,1560	1,46765	0,9672
$b_1 = 8,80$	2,24	0,4224	1,82095	-
$a = b_2 = 5,60$	1,42	1,2286	0,9628	-
$\frac{L}{2} - a = 160$	0,41	-	0,0840	-

$$p = \frac{P}{S} = \frac{28,57}{3,2} = 8,92 \text{ T/m} = 89,2 \text{ kG/cm}$$

$$\begin{aligned}
 -KY &= p \frac{(C_{b1} - C_{b2})C_L - (B_{b1} - B_{b2})D_L}{C_L^2 - B_L D_L} = \\
 &= \frac{(1,82095 - 0,9628)(-4,81075) - (0,4224 - 1,2286) \times 1,8081}{(-4,81075)^2 - (-13,2504) \times 1,8081} p = \\
 &= \frac{2,6706}{47,101} p = -0,0567p
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 -\frac{K}{\alpha} \varphi_0 &= p \frac{(B_{b1} - B_{b2})C_L - (C_{b1} - C_{b2})B_L}{C_L^2 - B_L D_L} = \\
 &= \frac{(0,4224 - 1,2286)(-4,81075) - (1,82095 - 0,9628) \times (-13,5504)}{(-4,81075)^2 - (-13,2504) \times 1,8081} = \\
 &= \frac{15,249}{47,101} p = 0,324p.
 \end{aligned}$$

$$M_{\frac{L}{2}} = \frac{p}{\alpha^2} C_{\frac{L}{2}-a} - \frac{1}{\alpha^2} KY C_{\frac{L}{2}} - \frac{K}{\alpha^3} \varphi_0 D_{\frac{L}{2}} =$$

$$= \frac{P}{\alpha^2} (-0,084 - 0,0567 \times 1,46765 + 0,324 \times 0,9672)$$

$$M_{\frac{L}{2}} = \frac{P}{\alpha^2} \times 0,1462 = \frac{89,2 \times 0,1462}{(0,00254)^2}$$

$$= 2021400 \text{kg/cm} = 20,214 \text{Tm.}$$

Mômen uốn khi không xét đến tính đàn hồi của móng:

$$M_o = \frac{\sum P}{2} \frac{(L - B)}{4} = \frac{28,75}{2} \times \frac{(14,4 - 3,2)}{4} = 40,25 \text{Tm.}$$

Tỷ lệ phần trăm giảm mômen uốn khi xét đến tính đàn hồi của móng :

$$\frac{20,214}{40,25} M_o = 0,502 M_o.$$

e) Kiểm toán ứng suất

+) Tổng mômen uốn do ô tô và tĩnh tải (cấu tạo phần trên và thanh chống)

$$M_{\frac{L}{2}} = 5,71 + 12,16 = 17,87 \text{Tm}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\frac{L}{2}} \cdot Y_{1,n}}{I_1} = \frac{17,87 \times 0,796 \times 14,286}{3,538}$$

$$= 57,43 \text{T/m}^2 = 5,74 \text{kg/cm}^2 < [\sigma_a] = 55 \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{M_{\frac{L}{2}} \cdot Y_2}{I_1} = \frac{17,87 \times 2,004}{3,538} = 10,12 \text{T/m}^2$$

$$= 1,01 \text{kg/cm}^2 < [\sigma_{ku}] = 1,5 \text{kg/cm}^2$$

+) Tổng mômen uốn do xe XB-80 và tĩnh tải gây ra:

$$M_{\frac{L}{2}} = 5,71 + 20,214 = 25,92 \text{Tm.}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\frac{L}{2}}}{I_1} Y_{1,n} = \frac{25,924 \times 0,796 \times 14,286}{3,538} =$$

$$= 83,5 \text{T/m}^2 = 8,35 \text{kg/cm}^2 < [\sigma_a] = 55 \text{kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\min} = \frac{M_{\frac{L}{2}} \cdot Y_2}{I_1} = \frac{26,112 \times 2,004}{3,538} = 14,74 \text{T/m}^2$$

$$= 1,474 \text{kg/cm}^2 < [\sigma_{ku}] = 1,5 \times 1,25 = 1,88 \text{kg/cm}^2$$

h) Kiểm toán ứng suất nền của đất đáy móng

(Bỏ qua mômen do các tải trọng lệch tâm gây ra với móng)

Trọng lượng của cấu tạo phần trên đặt trên móng cống (mố): 5,208T.

Trọng lượng của đất đắp trên bản nắp và trên móng mố:

$$\frac{1}{2} \times 3,6 \times 0,3 \times \frac{1}{2} (7,5 + 8,4) \times 1,8 + \frac{1}{2} (0,2 + 0,22) \times 0,4 \times 8,4 \times 1,8 = 8,997T.$$

Trọng lượng mố (thân cống): 70,830T

Tổng tĩnh tải: $\sum P = 5,208 + 8,997 + 70,830 = 85,035T$

Tải trọng ô tô H.30 (2 xe): 24,0T

Tải trọng xe XB-80: 28,57T

$$P_{\text{tĩnh}} + \text{ô tô} = 85,035 + 24,0 = 109,035T$$

$$P_{\text{tĩnh}} + \text{xe bánh} = 85,035 + 28,57 = 113,605T$$

- Áp lực bình quân của đất đáy móng:

$$\sigma_{\text{ô tô}} = \frac{P_{\text{tĩnh} + \text{ô tô}}}{A} = \frac{109,035}{14,4 \times 1,0} = 7,57T/m^2 = 0,757kG/cm^2 < [\sigma_a] = 2,5kG/cm^2$$

$$\sigma_{\text{XB-80}} = \frac{P_{\text{tĩnh} + \text{XB-80}}}{A} = \frac{113,605}{14,4 \times 1,0} = 7,89T/m^2 = 0,789kG/cm^2 < [\sigma_a] = 2,5kG/cm^2$$

Hạng mục	Công thức tính thể tích	V (m ³)	$\gamma(T/m^3)$	P (T)
Mũ mố	$\left[0,25 \times 0,3 + \frac{1}{2} (0,25 + 0,23) \times 0,4 \right] \times 8,4$	1436	2,5	3,590
Thân mố	$\frac{1}{2} (8,4 + 2 \times 0,45 \times 1,5 + 14,5) \times 1,95 \times 0,7$	16,482	2,3	37,909
Móng mố	$14,4 \times 0,6 \times 1,0$	8,64	2,3	19,872
Thanh chống	$0,4 \times 0,4 \times 5 \times 0,95$	0,76	2,3	1,743
Đất trên nắp móng mố	$0,15 \left[14,4 \times 2,4 - (2,0 \times 30) \right]$	4,284	2,8	7,711
Cộng				70,83

- Ứng suất lớn nhất của móng

Giả định mố là tuyệt đối cứng, mố chịu tĩnh tải

$$\sum P = 85,035T$$

Ứng suất bình quân của móng

$$\sigma_{\text{tĩnh}} = \frac{\sum P}{A} = \frac{85,035}{14,4 \times 1,0} = 5,92T/m^2 = 0,592kG/cm^2$$

Nghiệm toán dưới tác dụng của ô tô có trục sau 12T và bánh XB-80, ứng suất của đất ở mặt dưới phần giữa của móng mố được tính theo công thức (6.39) :

$$\sigma = \frac{dp}{dx} = -KYA_x - \frac{1}{\alpha} K\varphi_0 B_x - P_x A_{x-a} + P_x$$

Trong đó : $x = \frac{L}{2} = 720$; $\alpha x = 1,83$; $A_x = -0,8257$; $B_x = 1,1560$.

Ôtô H30 :

$$\begin{aligned}x - a &= 720 - 445 = 275 \\ \alpha(x - a) &= 0,00254 \times 275 = 0,6985 \\ A_{x-a} &= 0,960 \\ -KY &= 0,0494p \\ -\frac{K}{\alpha}\varphi_0 &= 0,512p, \quad p = 4,727T/m\end{aligned}$$

Xe XB - 80:

$$\begin{aligned}x - a &= 720 - 560 = 160 \\ \alpha(x - a) &= 0,00254 \times 160 = 0,4064 \\ A_{x-a} &= 0,9953 \quad -KY = -0,0567p \\ -\frac{K}{\alpha}\varphi_0 &= 0,324p \quad p = 8,92T/m\end{aligned}$$

Ôtô H - 30:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{ôtô max}} &= \left(-KYA_x - \frac{K}{\alpha}\varphi_0 B_x - P_x A_{x-a} + P_x \right) \times \frac{1}{b} \\ &= \left[-0,0494p(-0,8257) + 0,512p \times 1,156 - 0,96p + p \right] \times \frac{1}{1,0} \\ &= (+0,0408p + 0,592p - 0,960p + p) \times \frac{1}{1,0} \\ &= (0,6728p) \times \frac{1}{1,0} = (0,6728 \times 4,727) \times \frac{1}{1,0} = \\ &= 3,186T/m^2 = 0,319kG/cm^2.\end{aligned}$$

Khi xét đến tính đàn hồi của móng cống (móng móng) thì ứng suất nén lớn nhất của đất là:

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_a \text{ tĩnh} + \sigma_{\text{ôtô max}} = 0,592 + 0,319 = 0,911kG/cm^2.$$

Vậy:

$$\sigma_{\text{max}} < [\sigma_a] = 2,5kG/cm^2.$$

Xe XB - 80:

$$\begin{aligned}\sigma_{XB\text{max}} &= \left(-KYA_x - \frac{K}{\alpha}\varphi_0 B_x - P_x A_{x-a} + P_x \right) \times \frac{1}{b} \\ &= \left[-0,0567p(-0,8257) + 0,3745p - 0,9953p + p \right] \times \frac{1}{1,0} \\ &= 0,426 \times 8,92 = 3,8T/m^2 = 0,38kG/cm^2.\end{aligned}$$

Khi xét đến tính đàn hồi của móng mô ứng suất nén lớn nhất của đất là :

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{max}} &= \sigma_a \text{ tĩnh} + \sigma_{XB\text{max}} = 0,592 + 0,38 = 0,972 kG/cm^2 \\ [\sigma_a] &= 2,5 kG/cm^2.\end{aligned}$$

5.4 PHƯƠNG PHÁP TÍNH TOÁN CÔNG VÒM

Chiều cao đắp đất tối thiểu trên vòm phải thỏa mãn yêu cầu sao cho áp lực của bánh xe phân bố trên toàn vành vòm. Công vòm ở đây được thiết kế theo phương pháp ứng suất cho phép.

A- CÁC BƯỚC TÍNH TOÁN

1- VÀNH VÒM (mặt cắt không đối)

1. Xác định kích thước hình học

Tính chiều dày vòm (công thức kinh nghiệm tính chiều dày vành vòm gạch và đá khẩu độ nhỏ):

Vòm đá

$$t = mK \sqrt[3]{L_o} \quad (5.40)$$

$$t = 1,37 \sqrt{R_o + \frac{L_o}{2}} + 6 \quad (5.41)$$

Vòm gạch

$$t = 1,82 \sqrt{R_o + \frac{L_o}{2}} + 8 \quad (5.42)$$

Trong đó:

t - chiều dày vành vòm hình cung tròn tiết diện không đối, (cm);

L_o - khẩu độ tính của vòm cung tròn (cm);

R_o - bán kính vòm, (cm);

m - hệ số, thường là $4,5 \div 6$;

k - hệ số tải trọng với xe H10 là 1, xe H13 là 1,1 xe, H.18 là 1,2.

Tính khẩu độ

$$L = L_o + t \sin \varphi_o \quad (5.43)$$

Trong đó:

φ_o - góc giao giữa đường nối chân vòm đến tâm vòm với đường thẳng đứng.

Mũi tên vòm tính toán:

$$f = f_o + \frac{t}{2} - \frac{t}{2} \cos \varphi_o \quad (5.44)$$

Trong đó:

f - mũi tên vòm tính toán, (cm);

f_o - mũi tên tĩnh, (cm).

Bán kính tính toán:

$$R_o = \frac{L_o}{2 \sin \varphi_o} = \frac{f}{1 - \cos \varphi_o} \quad (5.45)$$

Trong đó:

R_o - bán kính tính toán, (cm).

2. Tính toán tải trọng bên ngoài

- *Áp lực thẳng đứng do tính tải:*

Áp lực đất đắp trên vòm tính theo trọng lượng cột đất :

$$q = \gamma_1 H$$

Ngoài ra còn có thể tính theo công thức sau:

$$q = \gamma_1 D C_H \quad (5.46)$$

Hiệu số cường độ của đất đắp ở chân vòm và đỉnh vòm

$$q' = \gamma_2 \left(f + \frac{t}{2} - \frac{t}{2 \cos \varphi_0} \right) \quad (5.47)$$

Trọng lượng bản thân của vành vòm:

$$q_z = \gamma_3 t \quad (5.48)$$

Trong đó:

γ_1 - dung trọng của đất (T/m^3);

γ_2 - dung trọng bình quân của vật liệu đắp ở lưng vòm (T/m^3) ;

γ_3 - dung trọng của vật liệu xây ở vành vòm (T/m^3);

H - chiều cao đất đắp ở đỉnh vòm (m);

D - chiều rộng bên ngoài của cống (m);

C_H - hệ số tra ở bảng 5.3.

- *Cường độ áp lực đất nằm ngang do đất đắp sinh ra tại đỉnh vòm:*

$$e_q = \gamma_1 H t g^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_0}{2} \right)$$

Do khẩu độ của cống vòm đều dưới 5m, ảnh hưởng của chiều cao vòm không lớn, cho nên áp lực đất nằm ngang đều có thể tính toán theo sơ đồ hình chữ nhật.

- *Áp lực thẳng đứng do hoạt tải:*

Áp lực đất thẳng đứng do tải trọng xe chạy trên đỉnh cống gây ra dựa theo mép vệt bánh xe phân bố xuống dưới theo một góc 30° .

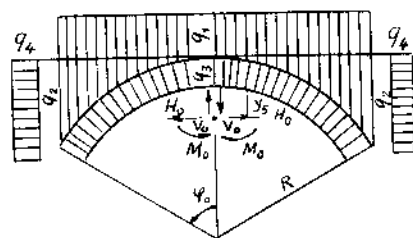
Đối với tải trọng máy kéo bánh xích có thể tính theo công thức dưới đây

$$p = \alpha q$$

Trong đó:

α - hệ số hiệu chỉnh ứng suất phụ gia trong đất có liên quan với hình dạng của mặt dưới móng, có thể tra bảng 5.6 căn cứ vào các quan hệ $m = \frac{2H}{b}$ và $n = \frac{a}{b}$;

q - tải trọng hình băng phân bố đều (T/m^2)



Hình 5.20
Sơ đồ chịu lực của vành vòm

- Áp lực nằm ngang của hoạt tải:

$$e_p = \mu P$$

Trong đó:

$$\mu = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_0}{2} \right);$$

p - cường độ áp lực thẳng đứng do hoạt tải thẳng đứng gây ra ở độ sâu H, (T/m²).

3. Tính toán nội lực

a) Toạ độ tâm đòn hồi

Có thể tra bảng (5.7) căn cứ vào $\frac{f}{L}$

b) chuyển vị

$$\delta_{11} = \frac{K_0 R}{EI} \quad (5.49)$$

$$\delta_{22} = \frac{R}{EI} \left[K_2 R^2 + K_1 \frac{t^2}{12} \right] \quad (5.50)$$

$$\delta_{33} = \frac{K_3 R^3}{EI} \quad (5.51)$$

Trong đó:

$$K_0 = 2\varphi_0; \quad K_1 = \varphi_0 + \sin\varphi_0 \cos\varphi_0;$$

$$K_2 = K_1 \frac{-2\sin^2\varphi_0}{\varphi_0}$$

$$K_3 = \varphi_0 - \sin\varphi_0 \cos\varphi_0.$$

Từ K_0 đến K_3 đều có thể tra bảng 5.7.

Bảng 5.6
Hệ số hiệu chỉnh ứng suất phụ gia trong đất α

$m = \frac{2H}{b}$	Tỉ số giữa hai cạnh của mặt đáy móng chữ nhật $n = \frac{a}{b}$											
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,2	4,0	5,0	10 và lớn hơn 10 (móng hình băng)
0,0	1,000	1,00	1,00	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
0,4	0,960	0,968	0,972	0,974	0,975	0,976	0,976	0,977	0,977	0,977	0,977	0,977
0,8	0,800	0,830	0,848	0,859	0,866	0,870	0,875	0,878	0,879	0,880	0,881	0,881

Tiếp bảng 5.6

1.2	0,606	0,651	0,682	0,703	0,717	0,727	0,737	0,746	0,749	0,753	0,754	0,755
1.6	0,449	0,496	0,532	0,558	0,578	0,593	0,612	0,623	0,630	0,636	0,639	0,642
2.0	0,334	0,378	0,414	0,441	0,463	0,480	0,505	0,520	0,529	0,540	0,545	0,550
2.4	0,257	0,294	0,325	0,352	0,374	0,392	0,419	0,437	0,459	0,462	0,470	0,477
2.8	0,201	0,232	0,260	0,284	0,304	0,321	0,350	0,369	0,383	0,400	0,410	0,420
3.2	0,160	0,187	0,210	0,232	0,251	0,267	0,294	0,314	0,329	0,348	0,360	0,374
3.6	0,130	0,153	0,173	0,192	0,209	0,221	0,250	0,270	0,275	0,300	0,320	0,337
4.0	0,103	0,127	0,145	0,161	0,176	0,189	0,214	0,233	0,241	0,270	0,285	0,304
4.4	0,090	0,107	0,122	0,137	0,150	0,163	0,185	0,208	0,218	0,239	0,256	0,280
4.8	0,077	0,092	0,105	0,118	0,130	0,141	0,160	0,178	0,192	0,213	0,230	0,258
5.2	0,066	0,079	0,091	0,102	0,112	0,123	0,141	0,157	0,170	0,191	0,208	0,239
5.6	0,058	0,069	0,079	0,089	0,099	0,108	0,124	0,139	0,152	0,172	0,189	0,228
6.0	0,051	0,060	0,070	0,078	0,087	0,095	0,110	0,124	0,136	0,155	0,172	0,208
6.4	0,045	0,053	0,062	0,070	0,077	0,085	0,098	0,111	0,122	0,141	0,158	0,190
6.8	0,040	0,048	0,055	0,062	0,069	0,076	0,088	0,100	0,110	0,128	0,144	0,184
7.2	0,036	0,042	0,049	0,056	0,062	0,068	0,080	0,090	0,100	0,117	0,133	0,175
7.6	0,032	0,032	0,044	0,050	0,056	0,062	0,072	0,082	0,091	0,107	0,123	0,166
8.0	0,029	0,035	0,040	0,046	0,051	0,056	0,066	0,075	0,084	0,095	0,113	0,158
8.4	0,026	0,031	0,037	0,042	0,048	0,051	0,060	0,069	0,077	0,091	0,105	0,150
8.8	0,024	0,029	0,034	0,038	0,042	0,047	0,055	0,063	0,070	0,084	0,098	0,144
9.2	0,022	0,026	0,031	0,035	0,039	0,043	0,051	0,058	0,065	0,078	0,091	0,137
9.6	0,020	0,024	0,028	0,032	0,036	0,040	0,047	0,054	0,060	0,072	0,085	0,132
10.0	0,019	0,022	0,026	0,030	0,033	0,037	0,044	0,050	0,055	0,067	0,079	0,120

Chú thích: b - chiều rộng tải trọng hình băng; H - chiều dày lớp đất trên mặt đứng của móng (m); Khi m và n là các trị số trung gian thì có thể nội suy để tìm α

c) Chuyển vị của các hình thức tải trọng

+ Dưới tác dụng của tải trọng phân bố thẳng đứng trên toàn khẩu độ

$$\Delta_{1p} = \frac{q_1 R^3}{EI} a_1 \quad (5.52)$$

$$\Delta_{2p} = \frac{q_1 R^4}{EI} b_1 \quad (5.53)$$

Trong đó: $a_1 = -0,5(\varphi_1 - \sin\varphi_0 \cos\varphi_0)$

$$b_1 = -0,5 \left(\frac{2}{3} \sin^2 \varphi_0 - \sin\varphi_0 + \frac{\sin^2 \varphi_0 \cos\varphi_0}{\varphi_0} \right)$$

+ Dưới tác dụng của tải trọng hình cung tròn ngược

$$\Delta_{1p} = \frac{q_2 R^3}{EI} a_2 \quad (5.54)$$

$$\Delta_{2p} = \frac{q_2 R^4}{EI} b_2 \quad (5.55)$$

Trong đó:

$$a_2 = -\frac{2}{1 - \cos\varphi_0} \left[\frac{7}{12} \varphi_0 - \frac{1}{4} \sin\varphi_0 \cos\varphi_0 - \frac{5}{6} \sin\varphi_0 + \frac{\varphi_0}{2} \cos\varphi_0 - \frac{1}{18} \sin^3 \varphi_0 \right]$$

$$b_2 = a_2 \frac{\sin\varphi_0}{\varphi_0} + \frac{2}{1 - \cos\varphi_0} k$$

$$K = \frac{\sin\varphi_0}{6} + \frac{\sin\varphi_0}{3} + \frac{1}{24} \sin\varphi_0 \cos^2 \varphi_0 + \frac{\varphi_0 \cos^2 \varphi_0}{4} - \frac{5}{16} (\varphi_0 + \sin\varphi_0 \cos\varphi_0)$$

+ Dưới tác dụng của trọng lượng bản thân vành vòm

$$\Delta_{1p} = \frac{q_3 R^3}{EI} a_3 \quad (5.56)$$

$$\Delta_{2p} = \frac{q_3 R^4}{EI} b_3 \quad (5.57)$$

Trong đó: $a_3 = -2(2\sin\varphi_0 - \varphi_0 \cos\varphi_0 - \varphi_0)$

$$b_3 = -\left(\frac{4\sin^2 \varphi_0}{\varphi_0} - \varphi_0 \sin^2 \varphi_0 - \frac{\varphi_0}{2} - \frac{7}{2} \sin\varphi_0 \cos\varphi_0 \right)$$

$$q_3 = q_z$$

+ Dưới tác dụng của tải trọng phân bố đều nằm ngang chữ nhật kép

$$\Delta_{1p} = \frac{q_4 R^3}{EI} a_4 \quad (5.58)$$

$$\Delta_{2p} = \frac{q_4 R^4}{EI} b_4 \quad (5.59)$$

Trong đó:

$$a_4 = -(1,5\varphi_0 - 2\sin\varphi_0 + 0,5\sin\varphi_0\cos\varphi_0)$$

$$b_4 = \frac{1}{2}\sin\varphi_0 - \frac{1}{3}\sin^3\varphi_0 + \frac{2\sin^2\varphi_0}{\varphi_0} - \frac{\sin^2\varphi_0\cos\varphi_0}{2\varphi_0} - K_1$$

$$q_4 = e_q$$

+ Dưới tác dụng của tải trọng nằm ngang chữ nhật đơn

$$\Delta_{1p} = 0,5 a_4 \frac{q_4 R^3}{EI} \quad (5.60)$$

$$\Delta_{2p} = 0,5 b_4 \frac{q_4 R^4}{EI} \quad (5.61)$$

$$\Delta_{3p} = C_5 \frac{q_4 R^4}{EI} \quad (5.62)$$

Trong đó:

$$C_5 = 0,5 \left(\frac{4}{3} - \cos\varphi_0 - \sin^2\varphi_0 + \frac{1}{3}\cos^2\varphi_0 \right)$$

$$q_4 = e_q$$

+ Dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng phân bố đều trên nửa khẩu độ.

$$\Delta_{1p} = 0,5 a_1 \frac{q_1 R^3}{EI} \quad (5.63)$$

$$\Delta_{2p} = 0,5 b_1 \frac{q_1 R^4}{EI} \quad (5.64)$$

$$\Delta_{3p} = C_6 \frac{q_1 R^4}{EI} \quad (5.65)$$

Trong đó: $C_6 = 0,5 \left(\frac{1}{3}\cos^3\varphi_0 - \cos\varphi_0 + \frac{2}{3} \right)$

Các hệ số $a_1 \div a_4$, $b_1 \div b_4$, C_5 , C_6 đều có thể tra ở bảng 5.7.

d) Các lực chưa biết ở tâm đàn hồi

$$M_o = - \frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} \quad (5.66)$$

$$H_o = - \frac{\Delta_{2p}}{\delta_{22}} \quad (5.67)$$

$$V_o = \frac{\Delta_{3p}}{\delta_{33}} \quad (5.68)$$

Trong đó: δ_{11} , δ_{22} , δ_{33} và Δ_{1p} , Δ_{2p} , Δ_{3p} được tính theo các công thức (5.42) ÷ (5.68).

d) Nội lực do tải trọng bên ngoài gây ra trong kết cấu cơ bản (đối với mặt cắt chân vòm)

- Dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng phân bố đều trên toàn khẩu độ:

$$P_p = \alpha_1 \cdot R \cdot q_1 \quad (5.69)$$

$$M_p = -\beta_1 \cdot R^2 \cdot q_1 \quad (5.70)$$

Trong đó:

$$\alpha_1 = \sin \varphi_0 ;$$

$$\beta_1 = \frac{1}{2} \sin^2 \varphi_0$$

- Dưới tác dụng của tải trọng hình cung tròn ngược:

$$P_p = \alpha_2 \cdot R \cdot q_2 \quad (5.71)$$

$$M_p = -\beta_2 R^2 q_2 \quad (5.72)$$

Trong đó:

$$\alpha_2 = \frac{1}{1 - \cos \varphi_0} \left[\sin \varphi_0 - 0,5(\varphi_0 + \sin \varphi_0 \cos \varphi_0) \right]$$

$$\beta_2 = \frac{1}{1 - \cos \varphi_0} \left[\frac{\sin^2 \varphi_0}{2} - \frac{\varphi_0 \sin \varphi_0}{2} - \frac{\sin^2 \varphi_0 \cos \varphi_0}{2} + \frac{1}{3} - \frac{\cos^3 \varphi_0}{3} \right]$$

- Dưới tác dụng của trọng lượng bản thân vành vòm:

$$P_p = \alpha_3 \cdot R \cdot q_3 \quad (5.73)$$

$$M_p = -\beta_3 \cdot R^2 \cdot q_3 \quad (5.74)$$

Trong đó:

$$\alpha_3 = \varphi_0; \quad q_3 = q_x, \quad \beta_3 = (\varphi_0 \sin \varphi_0 + \cos \varphi_0^{-1})$$

- Dưới tác dụng của tải trọng nằm ngang hình chữ nhật kép :

$$H_p = -\eta_4 \cdot R \cdot q_4 \quad (5.75)$$

$$M_p = -\beta_4 R^2 q_4 \quad (5.76)$$

Trong đó:

$$\eta_4 = 1 - \cos \varphi_0; \quad \beta_4 = \frac{1}{2}(1 - 2\cos \varphi_0 + \cos^2 \varphi_0);$$

$$q_4 = e_q$$

- Dưới tác dụng của tải trọng nằm ngang hình chữ nhật đơn, khi có tải trọng tác dụng M_p , H_p được tính giống như dưới tác dụng của tải trọng nằm ngang kép, khi không có tải trọng tác dụng thì $M_p = H_p = 0$.

- Dưới tác dụng của tải trọng thẳng đứng trên nửa khẩu độ; M_p , P_p khi có tải trọng tác dụng trên nửa khẩu độ giống như M_p , P_p dưới tác dụng của tải trọng trên toàn khẩu độ, khi không có tải trọng tác dụng thì $M_p = P_p = 0$.

Bảng 5.7
Hệ số nội lực do tải trọng ngoài gây ra trong kết cấu cơ bản
(mặt cắt chân vòm của vòm tròn không khớp chiều dày không đối)

Hạng mục	Mũi tên vòm									
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	
φ_0	90°	67°22'48"	33°07'48"	43°36'10"	36°52'12"	31°53'27"	28°04'21"	25°23'27"	22°37'12"	
φ_0 (radian)	1,57079633	1,17600285	0,92729343	0,76104204	0,64350290	0,55660004	0,48995755	0,43733588	0,39479348	
$\sin \varphi_0$	1,000000	0,92307602	0,799999893	0,68965465	0,60000143	0,52830250	0,47058844	0,42352759	0,38461756	
$\cos \varphi_0$	0,000000	0,38461756	0,60000143	0,72413843	0,799999893	0,84905622	0,88235283	0,90588321	0,92307602	
α_1	1,000000	0,923076	0,799999	0,689655	0,600061	0,528303	0,470588	0,423528	0,384618	
α_2	0,214602	0,256034	0,240881	0,215492	0,191248	0,170416	0,152976	0,138407	0,126166	
α_3	1,570796	1,176003	0,927293	0,761012	0,643503	0,556600	0,489958	0,437336	0,394793	
η_1	1,000000	0,615382	0,399999	0,275862	0,200001	0,150944	0,117647	0,094117	0,076924	
β_1	0,500000	0,426035	0,319999	0,237812	0,180001	0,139552	0,110727	0,089688	0,073965	
β_2	0,047935	0,054880	0,046038	0,036051	0,028082	0,022154	0,017779	0,014513	0,012056	
β_3	0,570796	0,470135	0,318835	0,248974	0,186102	0,143109	0,112921	0,091107	0,074921	
β_4	0,500000	0,189348	0,079999	0,038050	0,020000	0,011382	0,006920	0,004429	0,002959	
γ_5	0,36338R	0,21507R	0,13727R	0,09377R	0,06776R	0,05084R	0,03953R	0,03158R	0,02579R	
R	0,5L	0,54467L	0,625L	0,725L	0,83333L	0,94643L	1,062L	1,18056L	1,30L	

Tiếp bảng 5.7

Hạng mục	Mũi tên vòm									
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{10}$	
m_0	0,363380	0,215073	0,137275	0,093766	0,06760	0,05084	0,03953	0,03157	0,02578	
k_0	3,14159265	2,3520057	1,85458686	1,52202407	1,28700579	1,11320009	0,97991511	0,87467175	0,78958695	
k_1	1,57079633	1,53103410	1,40729393	1,26041747	1,12350340	1,00515857	0,90518260	0,82100241	0,74982472	
k_2	0,29755678	0,08794009	0,02693629	0,01044109	0,00462198	0,00227136	0,00121254	0,00069185	0,00041686	
k_3	1,57079633	0,82097160	0,44729293	0,26160660	0,16355240	0,10804152	0,07473251	0,053666935	0,03976223	
a_1	-0,78539817	-0,41048580	-0,22364647	-0,13080330	-0,08175120	-0,05102076	-0,03736626	-0,02683468	-0,01988112	
a_2	-0,05481765	-0,03404059	-0,01999881	-0,01215184	-0,00776065	-0,00519864	-0,00362569	-0,0026402	-0,00195028	
a_3	-0,85840878	-0,43567613	-0,23265421	-0,13443886	-0,08339798	-0,05483624	-0,03780512	-0,02708858	-0,02003182	
a_4	-0,35619450	-0,09536786	-0,03094254	-0,01191148	-0,00525474	-0,00257432	-0,00137197	-0,00078191	-0,00047076	
b_1	-0,16666667	-0,06002834	-0,002227934	-0,00919968	-0,00424422	-0,00212398	-0,00115127	-0,00066390	-0,00040310	
b_2	-0,01664589	-0,00718157	-0,00286893	-0,00128222	-0,00057545	-0,00029297	-0,00016001	-0,00009276	-0,00005661	
b_3	-0,19028460	-0,06554125	-0,02360061	-0,00957249	-0,00434749	-0,00217052	-0,00117089	-0,00067293	-0,00040756	
b_4	-0,13089012	-0,02191376	-0,00465695	-0,00124141	-0,00039776	-0,00014739	-0,00006127	-0,00002795	-0,00001378	
c_5	0,16666667	0,05780601	0,08266706	0,13007254	0,17199933	0,20460039	0,22925563	0,24793556	0,26225078	
c_6	0,33333333	0,16567967	0,00333291	0,058666024	0,01000027	0,02895464	0,02191468	0,01716246	0,01380683	

e) *Tính toán nội lực của mặt cắt đỉnh vòm, chân vòm*

- Dưới tác dụng của tĩnh tải

$$\text{Mômen uốn:} \quad \text{đỉnh vòm} \quad M = M_o - H_o y_o \quad (5.77)$$

$$\text{chân vòm} \quad M = M_o + H_o(f - y_s) + M_p \quad (5.78)$$

$$\text{Lực nằm ngang} \quad H = H_o \quad (5.79)$$

$$\text{Lực thẳng đứng} \quad V = P_p \quad (5.80)$$

- Tính nội lực dưới tác dụng của hoạt tải:

$$\text{Mômen uốn:} \quad \text{ở đỉnh vòm} \quad M = M_o - H_o y_s \quad (5.81)$$

$$\text{ở chân vòm} \quad M_{\text{trái}} = M_o + H_o(f + y_s) - \frac{V_o L}{2} + M_p \quad (5.82)$$

$$M_{\text{phải}} = M_o + H_o(f - y_s) + \frac{V_o L}{2} \quad (5.83)$$

$$\text{Lực nằm ngang} \quad H = H_o \quad (5.84)$$

$$\text{Lực thẳng đứng} \quad V_{\text{trái}} = V_o + P_p \quad (5.85)$$

$$V_{\text{phải}} = V_o \quad (5.86)$$

- Nội lực của mặt cắt đỉnh vòm, chân vòm dưới tác dụng của lực nằm ngang bên trái.

$$\text{Mômen uốn:} \quad \text{ở đỉnh vòm} \quad M = M_o - H_o y_s \quad (5.87)$$

$$\text{ở chân vòm} \quad M_{\text{trái}} = M_o + H_o(f - y_s) - \frac{V_o L}{2} + M_p \quad (5.88)$$

$$M_{\text{phải}} = M_o + H_o(f - y_s) + \frac{V_o L}{2} \quad (5.89)$$

$$\text{Lực nằm ngang: ở đỉnh vòm} \quad H = H_o \quad (5.90)$$

$$\text{ở chân vòm} \quad H_{\text{trái}} = H_o + H_p \quad (5.91)$$

$$H_{\text{phải}} = H_o \quad (5.92)$$

$$\text{Lực thẳng đứng:} \quad V = P_p \quad (5.93)$$

g) *Tổ hợp nội lực*

- Tổ hợp nội lực do tĩnh tải:

$$\text{Mômen uốn:} \quad M_{\text{tổng}} = M_{q1} + M_{q2} + M_{q3} + M_{q4}$$

$$\text{Lực ngang:} \quad H_{\text{tổng}} = H_{q1} + H_{q2} + H_{q3} + H_{q4}$$

$$\text{Lực thẳng đứng:} \quad V_{\text{tổng}} = V_{q1} + V_{q2} + V_{q3} + V_{q4}$$

$$\text{Lực dọc trục:} \quad N_{\text{tổng}} = H_{\text{tổng}} \cos \varphi_o + V_{\text{tổng}} \sin \varphi_o \quad (\text{chân vòm})$$

$$N_{\text{tổng}} = H_{\text{tổng}} \quad (\text{ở đỉnh vòm}).$$

- Tổ hợp nội lực do hoạt tải:

Tổ hợp thứ nhất: tải trọng phân bố đều trên toàn vòm + lực nằm ngang hai bên.

Tổ hợp thứ hai: tải trọng phân bố đều trên toàn vòm + lực nằm ngang phía trái.

Tổ hợp thứ ba: tải trọng phân bố đều phía trái + lực nằm ngang phía trái.

4. Kiểm toán ứng suất và độ lệch tâm

a) ứng suất nén

$$\sigma_a = \frac{\sum N}{A} + \frac{\sum M}{W_1} \leq K [\sigma_a] \quad (5.94)$$

Trong đó:

$\sum N$ - tổng lực dọc trục của vòm;

$\sum M$ - tổng mômen uốn;

A - diện tích mặt cắt tính toán của vòm;

W_1 - mômen chống uốn của tiết diện;

$[\sigma_a]$ - ứng suất chịu nén đúng tâm cho phép của khối xây;

K - hệ số ảnh hưởng của tính dẻo, tính theo công thức dưới:

$$K = 1 + 1,5 \frac{e_0}{y}$$

Đối với mặt cắt chữ nhật $K \leq 1,5$; với các mặt cắt khác $K \leq 1,25$.

Tính độ lệch tâm

$$e_0 = \frac{\sum M}{\sum N} < [e_0] \quad (5.95)$$

y - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến mép của tiết diện theo hướng lệch tâm;

$[e_0]$ - độ lệch tâm cho phép, xem bảng 5.8;

A - diện tích tiết diện.

Bảng 5.8

Độ lệch tâm cho phép của cấu kiện chịu nén lệch tâm

Tổ hợp tải trọng	Độ lệch tâm cho phép
Tổ hợp chủ yếu:	
1. Cống vòm khẩu độ vừa và nhỏ	$\leq 0,6 y$
2. Các kết cấu khác	$\leq 0,5y$
Tổ hợp phụ gia và tải trọng thi công:	
1. Cống vòm khẩu độ vừa, nhỏ	$\leq 0,7 y$
2. Các kết cấu khác	$\leq 0,6 y$
Lực động đất :	
1. Cống vòm khẩu độ vừa, nhỏ	$\leq 0,8 y$
2. Kết cấu khác	$\leq 0,7 y$
Mổ cấu chịu lực dầy của tỉnh tải	$\leq 0,7 y$

b) ứng suất kéo uốn

$$\sigma_{ku} = \frac{\sum M}{W_2} + \frac{\sum N}{A} \leq [\sigma_{ku}] \quad (5.96)$$

Trong đó

σ_{ku} - ứng suất kéo uốn tính toán (nếu σ_{ku} có trị số âm thì chưa xuất hiện ứng suất kéo;

W_2 - mômen chống uốn tiết diện;

$[\sigma_{ku}]$ - ứng suất kéo uốn cho phép của khối xây.

5. Kiểm toán độ ổn định

$$\sigma_a = \frac{N}{\varphi A} \leq [\sigma_a] \quad (5.97)$$

Trong đó:

σ_a - ứng suất nén tính toán;

A - diện tích mặt cắt

$$N = \frac{H}{\cos \varphi_m} \text{ (lực dọc trục tính toán)} \quad (5.98)$$

H - Lực đẩy ngang tính toán của vòm;

φ_m - góc kẹp giữa dây cung nửa vòm với đường nằm ngang:

$$\cos \varphi_m = \frac{1}{\sqrt{1 + \varphi \left(\frac{f}{L} \right)^2}} \quad (5.98)$$

Với $\frac{f}{L}$ - tỉ số giữa mũi tên vòm trên khẩu độ; φ - hệ số uốn dọc, tra bảng 5.9 với chiều dài tính toán tra bảng 5.10.

Đối với việc nghiệm toán ổn định của cấu kiện chịu nén lệch tâm, khi ứng suất kéo lớn hơn trị số cho phép là $l_0 > 0,5 y$ thì φ phải nhân với hệ số η .

$$\eta = 1 - 0,15 \left(\frac{L_0}{h_w} - 3 \right) \left(\frac{L_0}{r} - 0,5 \right);$$

Trong đó

$$l_0 = \frac{\sum M}{\sum N} \text{ - là độ lệch tâm tính toán,}$$

y - khoảng cách từ trọng tâm tiết diện đến cạnh của tiết diện theo hướng lệch tâm khi tiết diện không phải là chữ nhật, căn cứ

vào $\frac{L_0}{r_w}$ từ bảng trên tra được $\frac{L_0}{h_w}$ tương ứng và thay vào.

Bảng 5.9
Hệ số uốn dọc φ của khối xây gạch hoặc cấu kiện bê tông

Tỷ số chiều dài	$\frac{L_o}{h}$ hoặc $\frac{L_o}{h_n}$		< 4	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
	$\frac{L_o}{r}$	$\frac{L_o}{r_u}$	< 14	14	21	28	35	42	49	55	62	69	76	83	90	97	104
Gạch và bê tông	Các khối đúc sẵn	Mác vừa	1	0,98	0,95	0,91	0,87	0,82	0,77	0,72	0,67	0,62	0,58	0,54	0,50	0,46	0,43
			25	0,97	0,93	0,89	0,83	0,78	0,72	0,66	0,61	0,56	0,51	0,46	0,43	0,39	0,36
			10	0,95	0,90	0,84	0,77	0,70	0,63	0,57	0,51	0,45	0,41	0,37	0,33	0,30	0,27
			< 10	0,93	0,86	0,78	0,69	0,61	0,53	0,46	0,41	0,36	0,32	0,28	0,25	0,22	0,20
Cấu kiện bê tông		1	0,98	0,96	0,91	0,86	0,82	0,77	0,72	0,68	0,63	0,59	0,55	0,51	0,47	0,44	

L_0 - chiều dài tính toán của cấu kiện, căn cứ vào chiều dài uốn dọc tính toán của cấu kiện l_0 để sử dụng.

Đối với cấu kiện chịu uốn dọc trục:

h - chiều dài cạnh ngắn của tiết diện chữ nhật;

r - bán kính tính đối của tiết diện bất kỳ;

h_w - chiều cao mặt chịu uốn của tiết diện chữ nhật;

p_w - bán kính tính đối của mặt chịu uốn tiết diện bất kỳ.

Bảng 5.10
Chiều dài uốn dọc tính toán của cấu kiện l_0

Kết cấu	Hình thức liên kết hai đầu cấu kiện	Chiều dài tính toán
Cột thẳng	Hai đầu ngàm	0,5 l
	Một đầu ngàm, một đầu khớp không di động	0,7 l
	Hai đầu đều là khớp không di động	1,0 l
	Một đầu ngàm, một đầu tự do	2,0 l
Vòm	Vòm 3 khớp	0,58S
	Vòm 2 khớp	0,54S
	Vòm không khớp	0,36S

Chú thích : l - chiều dài giữa các điểm gối của cấu kiện
S - chiều dài đường trục vòm.

II. TÍNH TOÁN THÂN VÀ BÊ CỐNG VÒM

1. Tính toán thân công

Việc nghiệm toán ứng suất của tường thân công phải xét đến ba tổ hợp tải trọng sau đây:

1. Tính tải;
2. Tính tải + hoạt tải toàn vòm và lực đẩy ngang một bên;
3. Tính tải + hoạt tải nửa vòm và lực đẩy ngang một bên.

Nghiem toán ứng suất của thân công:

1. Ứng suất nén:

$$\sigma_a = \frac{\sum P}{A} + \frac{\sum M}{W_1} \leq [\sigma_a]K$$

2. Ứng suất kéo uốn:

$$\sigma_{ku} = \frac{\sum M}{W_2} - \frac{\sum P}{A} \leq [\sigma_{ku}]$$

(nếu σ_{ku} có trị số âm thì chứng tỏ chưa xuất hiện ứng suất kéo)

3. Độ lệch tâm:

$$e_0 = \frac{\sum M}{\sum P} < [e_0]$$

Trong đó:

$\sum P$ - tổng lực thẳng đứng;

$[e_0]$ - độ lệch tâm cho phép (xem bảng 5.8)

- các ký hiệu khác như trên.

Nghiệm toán lực cắt:

$$\sigma_j = \frac{Q}{A} \leq [\sigma_j] + \frac{fN}{A} \quad (5.99)$$

Trong đó:

σ_j - ứng suất cắt;

Q - lực cắt tức là lực đẩy ngang ở chân vòm;

$[\sigma_j]$ - ứng suất cắt trực tiếp cho phép;

f - hệ số ma sát sau khi xét đến hệ số an toàn, với tổ hợp chủ yếu là 0,4, với các tổ hợp khác nhân với 1,25;

N - lực dọc của mặt cắt tức là lực thẳng đứng ở chân vòm.

2. Nghiệm toán ứng suất đáy móng

Khi nghiệm toán ứng suất đáy móng phải xét đến hai tổ hợp tải trọng sau:

1) Tĩnh tải;

2) Tĩnh tải + hoạt tải toàn vòm và ứng suất đẩy ngang một bên.

Nghiệm toán ứng suất đáy móng:

$$\sigma_{\min} = \frac{\sum P}{A} \pm \frac{\sum M}{W} < [\sigma] \quad (5.100)$$

Nghiệm toán độ lệch tâm của đáy móng:

$$e_0 = \frac{\sum M}{\sum P} < [e_0] \quad (5.101)$$

Trong đó:

B - chiều rộng đáy móng (m);

$[\sigma]$ - sức chịu tải cho phép của đất ở đáy móng, xem bảng 5.11;

$[e_0]$ - phạm vi hạn chế của độ lệch tâm, xem bảng 5.12;

Bảng 5.11

Sức chịu tải chủ yếu của đất đáy móng

a) Đất dính

Sức chịu tải chủ yếu của đất dính thông thường (T/m^2)

Tỉ số rỗng tự nhiên của đất e_0	Chỉ số I_L của đất đáy móng										
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,5	45	44	43	42	40	38	35	31	27	-	-

Tiếp bảng 5.11

0,6	42	41	40	38	36	34	31	28	25	21	-
0,7	40	37	35	33	31	29	27	24	22	19	16
0,8	38	33	30	28	26	24	23	21	18	16	14
0,9	32	28	26	24	22	21	19	18	16	14	12
1,0	-	23	22	21	19	17	16	15	14	12	-
1,1	-	-	16	15	14	13	12	11	10	-	-

Chú thích : $I_L = \frac{W_o - W_p}{W_L - W_p}$ trong đó W_o - độ ẩm tự nhiên, W_L, W_p - giới hạn chảy, giới hạn nhão. $I_L < 0$ - đất cứng, nửa cứng; $0 \leq I_L < 0,5$ - đất cứng dẻo; $0,5 \leq I_L < 1,0$ - dẻo mềm; $I_L \geq 1,0$ - đất rất mềm.

Sức chịu tải chủ yếu của đất dính cứng

E_s (kG/cm ²)	100	150	200	250	300	350	400
Sức chịu tải σ_o	38	46	52	55	58	61	63

Với $E_s = \frac{1 + e_1}{\alpha_{1-2}}$ trong đó E_s - môđun ép co của mẫu đất nguyên dạng (kG/cm²);

e_1 - tỉ lệ lỗ rỗng của mẫu đất khi áp lực là 1 kG/cm²; α_{1-2} - hệ số ép co tương ứng với áp lực từ 1 ÷ 2 kG/cm².

Sức chịu tải chủ yếu của đất dính tàn tích

E_s (kG/cm ²)	40	60	80	100	120	140	160	180	200
Sức chịu tải σ_o	10	22	25	27	29	31	32	33	34

b) Đất rời

Xác định độ chặt của đất rời

Độ chặt Chỉ tiêu	Rời rạc	Chặt vừa	Chặt
Độ chặt tương đối D	$0,20 \leq D \leq 0,33$	$0,33 < D < 0,67$	$0,67 \leq D < 1$
Số búa giả khi đầm nén tiêu chuẩn	5 ÷ 9	10 ÷ 29	30 ÷ 50

Bảng 5.11 (tiếp)
Sức chịu tải chủ yếu của móng đất cát

Tên đất cát	σ_o Độ ẩm / Độ chặt	Chặt	Chặt vừa	Rời rạc
Cát sỏi, cát thô	Không quan hệ với độ ẩm	55	40	20
Cát hạt vừa	Không quan hệ với độ ẩm	45	35	15
Cát hạt nhỏ	Trên khô	35	25	10
	Dưới nước	30	20	-
Cát bột	Trên khô	30	20	-
	Dưới nước	20	10	

c) Sỏi sạn

Sức chịu tải chủ yếu của móng sỏi sạn

σ_o Tên đất / Độ chặt	Rời rạc	Chặt vừa	Chặt
Đá cuội	30 ÷ 50	60 ÷ 100	100 ÷ 120
Đá dăm	20 ÷ 40	50 ÷ 80	80 ÷ 100
Đá sỏi tròn	20 ÷ 30	40 ÷ 70	70 ÷ 90
Sỏi dẹt	20 ÷ 30	30 ÷ 50	50 ÷ 70

d) Đá

Sức chịu tải chủ yếu của móng đá

σ_o Độ bền cốt của đá / Độ phá hoại của đá	Dạng đá dăm	Dạng đá hộc	Dạng đá hộc lớn
Đá cứng (> 300 kG/cm ²)	150 ÷ 200	200 ÷ 300	> 400
Đá mềm (50 - 300 kG/cm ²)	80 ÷ 120	100 ÷ 150	150 ÷ 300
Đất rất mềm (< 50 kG/cm ²)	40 ÷ 80	60 ÷ 100	80 ÷ 120

3. Nghiệm toán sự ổn định lật và trượt của đáy móng

a) *Tính toán ổn định chống lật*

$$K_o = \frac{\text{mômen giữ}}{\text{mômen lật}} = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} \geq [K_o] \quad (5.102)$$

Trong đó:

K_o - hệ số ổn định chống lật tính toán;

$\sum M_x$ - mômen chống lật;

$\sum M_y$ - mômen lật;

$[K_o]$ - hệ số ổn định chống lật và trượt yêu cầu, xem bảng 5.13.

Bảng 5.12

Phạm vi hạn chế của độ lệch tâm của hợp lực móng móng trụ cầu cống

Trường hợp đặt tải trọng	Điều kiện của móng	Độ lệch tâm của lực	Ghi chú
Mố (trụ) chỉ chịu tác dụng của tĩnh tải	Móng không phải đá	(Trụ cầu) $e_o \leq 0,1 \rho$	Đối với trụ (mố) của cầu vòm, điểm tác dụng của hợp lực phải gần với tim đáy móng.
		(Mố cầu) $e_o \leq 0,75 \rho$	
Mố (trụ) chỉ chịu tổ hợp tải trọng phụ gia	Móng không phải đá	$e_o \leq \rho$	Trụ xây dựng trên móng đá, khi thỏa mãn yêu cầu cường độ và ổn định thì độ lệch tâm của hợp lực không hạn chế.
	Móng đá cường độ tương đối thấp	$e_o \leq 1,2 \rho$	
	Móng đá chắc	$e_o \leq 1,5 \rho$	
Mố (trụ) chịu lực động đất	Động đất cấp I	$e_o \leq 2,1 \rho$	
	Động đất cấp II	$e_o \leq 1,7 \rho$	
	Động đất cấp III	$e_o \leq 1,2 \rho$	
	Động đất cấp IV	$e_o \leq \rho$	

Chú thích: $\rho = \frac{W}{A} e_o = \frac{\sum M}{N}$ trong đó: ρ - bán kính lõi của mặt đáy móng

trụ (mố): W - mômen chống uốn của tiết diện; A - diện tích tiết diện móng; e_o - độ lệch tâm của điểm tác dụng hợp lực với trọng tâm của đáy móng; $\sum M$ và N - mômen của lực nằm ngang và lực thẳng đứng lấy đối với trọng tâm của đáy móng và lực thẳng đứng tác dụng tại đáy móng.

Bảng 5.13
Hệ số ổn định chống lật và chống trượt

Các trường hợp tải trọng	Tính ổn định	Hệ số ổn định
Tổ hợp chủ yếu	Chống lật	1,5
	Chống trượt	1,3
Tổ hợp phụ	Chống lật, trượt	1,3
Tải trọng thi công	Chống lật, trượt	1,2
Tác dụng của lực động đất	Chống lật, trượt	1,1

b) Tính toán ổn định chống trượt

$$K_c = \frac{\sum P.f}{H} \geq [K_c] \quad (5.103)$$

Trong đó:

K_c - hệ số ổn định chống trượt tính toán;

$\sum P$ - ngoại lực thẳng đứng tác dụng trên móng;

f - hệ số ma sát giữa đáy móng và đất nền, xem bảng 5.14;

H - tổng các lực đẩy ngang;

$[K_c]$ - hệ số ổn định chống trượt yêu cầu xem bảng 5.13

Bảng 5.14
Hệ số ma sát giữa khối xây và đất đáy móng

Tên đất	Hệ số ma sát f
Đeo mềm	0,25
Đất sét	
Đeo cứng, nửa khô	0,30
Á sét, á sét nhẹ	0,30
Đất cát	0,40
Đất đầm, cuội	0,50
Đá cứng	0,60
Đá mềm	0,30

B. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

1. Số liệu tính toán

Tải trọng tính toán: Ôtô trục sau 13T, xe XB-80 khẩu độ tính $L_o = 4m$, chiều cao mũi tên vòm $f_o = 1,33m$, tỉ số $\frac{f_o}{L_o} = \frac{1}{3}$, chiều cao đắp đất $H = 3,9m$.

Vật liệu xây dựng: vành vòm bằng đá mac 300, $[\sigma_a] = 14\text{kG/cm}^2$ xây vữa 25, thân vòm và móng vòm dùng đá phiến mac 300, với $[\sigma_a] = 8\text{kG/cm}^2$ xây vữa 50.

Dung trọng vật liệu:

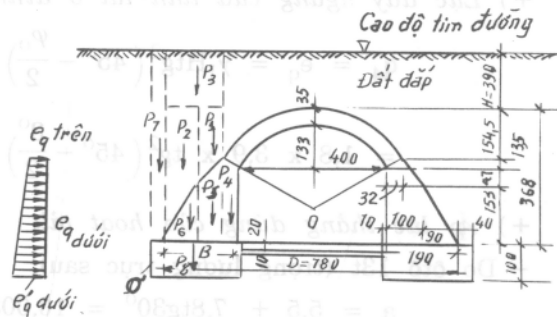
Khối xây $\gamma_1 = 2,2\text{T/m}^3$.

Vật liệu đắp thân vòm $\gamma_2 = 1,9\text{T/m}^3$

Đất đắp trên vòm $\gamma_o = 1,8\text{T/m}^3$,

Góc nội ma sát của đất $\varphi_o = 30^\circ$

Đáy móng là đất cát thô chặt vừa $[\sigma] = 4,0\text{kG/cm}^2$. Các kích thước khác xem hình 5.21.



Hình 5.21

Kích thước kết cấu vòm

2. Vành vòm (mặt cắt không đổi)

a) Kích thước vành vòm

Chiều dày vành vòm tính theo công thức

$$t = 1,37 \sqrt{R_o + \frac{L_o}{2} + 6}$$

Trong đó:

$$R_o = \frac{L_o}{2 \sin \varphi_o} = 0,5416 \times 4 = 2,16\text{m}$$

$$t = 1,37 \sqrt{2,16 + \frac{400}{2} + 6} = 34\text{cm}$$

Lấy $t = 35$ cm. Tra bảng (5.9) được: $\sin \varphi_o = 0,923$, $\cos \varphi_o = 0,385$.

Khẩu độ tính toán $L = L_o + t \sin \varphi_o = 4 + 0,35 \times 0,923 = 4,32\text{m}$

Bán kính tính toán:

$$R = \frac{L}{2 \sin \varphi_o} = 0,5416L = 0,5416 \times 4,32 = 2,34\text{m}.$$

Chiều cao mũi tên vòm tính toán:

$$f = R(1 - \cos \varphi_o) = 2,34 (1 - 0,385) = 1,44\text{m}.$$

b) Tính toán tải trọng bên ngoài

+) Áp lực thẳng đứng của tính tải:

Cường độ đất đắp ở đỉnh vòm

$$q_1 = \gamma_1 H$$

trong đó: $\gamma_1 = 1,8(\text{t/m}^3)$; $H = 3,90\text{m}$

$$q_1 = \gamma_1 H = 1,8 \times 3,9 = 7,02 \text{ T/m}^2$$

Hiệu cường độ giữa chân vòm và đỉnh vòm

$$q_2 = \gamma_2 \left(f + \frac{t}{2} - \frac{t}{2 \cos \varphi_o} \right) = 1,9 \left(1,44 + 0,175 - \frac{0,175}{0,385} \right) = 2,21\text{T/m}^2.$$

Trọng lượng bản thân của vành vòm:

$$q_3 = q_2 = \gamma_3 t = 2,2 \times 0,35 = 0,77 \text{T/m.}$$

+) *Lực đẩy ngang của tính tải ở đỉnh vòm:*

$$\begin{aligned} q_4 = e_q &= \gamma_1 H \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_0}{2} \right) = \\ &= 1,8 \times 3,9 \times \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{3^\circ}{2} \right) = 2,34 \text{T/m}^2. \end{aligned}$$

+) *Áp lực thẳng đứng của hoạt tải:*

- Do ôtô 13t (trọng lượng trục sau):

$$a = 5,5 + 7,8 \text{tg} 30^\circ = 10,003 \text{m} < \text{toàn chiều rộng}$$

$$b = 0,2 + 7,8 \text{tg} 30^\circ = 4,703 \text{m}$$

$$p = \frac{\sum G}{ab} = \frac{26}{10,003 \times 4,703} = 0,552 \text{T/m}^2$$

- Xe XB - 80:

$$a = 3,2 + 7,8 \text{tg} 30^\circ = 7,7 \text{m}; \quad b = 1,4 + 7,8 \text{tg} 30^\circ = 5,9 \text{m}$$

$$p = \frac{\sum G}{ab} = \frac{40}{7,7 \times 5,9} = 0,88 \text{T/m}^2.$$

Trong ví dụ này chỉ tính toán với tải trọng ô tô để giảm bớt khối lượng tính toán. Khi thiết kế thực tế vẫn cần nghiệm lại với xe bánh XB-80.

+) *Áp lực nằm ngang của hoạt tải:*

$$e_p = 0,552 \times \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) = 0,184 \text{T/m}^2$$

c) *Tính nội lực*

+) *Tâm đàn hồi*

Tra bảng (5.7) được:

$$Y_s = 0,21507 R = 0,21507 \times 2,34 = 0,5 \text{m}$$

+ *Chuyển vị:*

$$\delta_{11} = \frac{K_0 R}{EI}; \quad \delta_{22} = \frac{R}{EI} \left(K_2 R^2 + K_1 \frac{t^2}{12} \right); \quad \delta_{33} = \frac{K_3 R^3}{EI}$$

Tra bảng (5.9) được:

$$K_0 = 2,352; \quad K_1 = 1,531; \quad K_2 = 0,0819; \quad K_3 = 0,821$$

$$\delta_{11} = \frac{2,352 \times 2,34}{EI} = \frac{5,50}{EI}$$

$$\delta_{22} = \frac{2,34}{EI} \left(0,0819 \times 2,34^2 + 1,531 \times \frac{0,35^2}{12} \right) = \frac{1,08}{EI}$$

$$\delta_{33} = \frac{0,821}{EI} \times 2,34^3 = \frac{10,5}{EI}$$

Loại tải trọng hạng mục	Tải trọng phân bố trên toàn vòm	Tải trọng hình cung ngược	Trọng lượng vành vòm	Lực đẩy ngang hai bên	Lực đẩy ngang một bên	Tải trọng phân bố ở nửa vòm	Hệ số
Lực chuyển vị	Δ_{1p}	$a_1 R^3 q_1 = 0,4105 \times 128 \times q_1 \approx 5,25q_1$	$a_3 R^3 q_3 = -0,4357 \times 128 \times q_3 = -5,58q_3$	$a_4 R^3 q_4 = -0,954 \times 128 \times q_4 = -122q_4$	$0,5a_4 R^3 q_4 = 0,5(-122) \times 94 \times 0,61q_4$	$0,5a_4 R^3 q_1 = 0,5(6,27)q_1 = 2,63q_1$	$\frac{1}{EI}$
	Δ_{2p}	$b_1 R^4 q_1 = -0,06 \times 30q_1 = -1,8q_1$	$b_3 R^4 q_3 = -0,0655 \times 30 \times q_3 = -1,97q_3$	$b_4 R^4 q_4 = -0,0219 \times 30 \times q_4 = -0,66q_4$	$0,5b_4 R^4 q_4 = 0,5(-0,66) \times q_4 = -0,33q_4$	$0,5b_4 R^4 q_1 = 0,5(-1,8)q_1 = -0,9q_1$	$\frac{1}{EI}$
	Δ_{3p}	0	0	0	$C_5 R^4 q_4 = 0,0578 \times 30 \times q_4 = 1,73q_4$	$C_6 R^4 q_1 = 0,1657 \times 30 = 4,97q_1$	$\frac{1}{EI}$
Tải trọng ở tâm dàn hồi	M_o	$\frac{\Delta_{1p}}{\delta_{11}} q_1 = \frac{5,25}{5,5} q_1 = 0,955q_1$	$\frac{-5,58}{5,5} q_3 = 1,013q_3$	$\frac{-122}{5,5} q_4 = 0,222q_4$	$\frac{-0,61}{5,5} q_4 = 0,11q_4$	$\frac{-0,263}{5,5} q_1 = 0,778q_1$	
	H_o	$\frac{+\Delta_{2p}}{\delta_{22}} q_1 \approx \frac{18}{1,08} q_1 = 1,667q_1$	$\frac{-1,97}{1,08} q_3 = 1,824q_3$	$\frac{-0,66}{1,08} q_4 = 0,613q_4$	$\frac{-0,33}{1,08} q_4 = 0,306q_4$	$\frac{-0,9}{1,08} q_1 = 0,835q_1$	
	V_o	$\frac{\Delta_{3p}}{-\delta_{33}} q_1 = 0$	0	0	$\frac{-1734}{10,5} q_4 = 0,165q_4$	$\frac{4,97}{10,5} q_1 = 0,473q_1$	

+ Nội lực do tải trọng bên ngoài gây ra trên kết cấu có bản $K = 2,34$; $R^2 = 5,48$

Loại tải trọng hạng mục	Tải trọng phân bố đều trên toàn vòm	Tải trọng hình tròn ngược	Trong lòng bản thân vành vòm	Tải trọng nằm ngang ở hai bên	Tải trọng nằm ngang ở một bên	Tải trọng phân bố đều trên nửa vòm
M_p	$-\beta_1 R^2 q_1 = -0,426 \times 5,48 \times q_1 = -2,34q_1$	$-\beta_2 R^2 q_2 = -0,0549 \times 5,48 \times q_2 = -0,30q_2$	$-\beta_3 R^2 q_3 = -0,470 \times 5,48 \times q_3 = -2,48q_3$	$-\beta_4 R^2 q_4 = -0,189 \times 5,48 \times q_4 = -1,03q_4$	Nửa vòm trái + $103q_4$ Nửa vòm phải 0	Nửa vòm trái $2,39q_1$ Nửa vòm phải 0
H_p	0	0	0	$\eta_4 R q_4 = -0,615 \times 2,34 \times q_4 = -1,44q_4$	Nửa vòm trái - $1,44q_4$ Nửa vòm phải 0	0
P_p	$\alpha_1 P q_1 = 0,923 \times 2,34q_1 = 2,16q_1$	$\alpha_2 P q_2 = 0,256 \times 2,34q_2 = 0,60q_2$	$\alpha_3 R q_3 = 1,176 \times 3,4q_3 = 2,75q_3$	0	0	Nửa vòm trái $2,16q_1$ Nửa vòm phải 0

Tính toán nội lực dưới tác dụng của tính tải

Tải trọng phân bố đều trên toàn vòm	Đỉnh vòm	M	$M_o = H_o y_B (0.955 - 1.667 \times 0.5) q_1$	0.853	Tm
$q = 7.02 \text{ T/m}^2$ $M_o = 0.955 q_1$ $H_o = 1.667 q_1$ $V_o = 0$		H	$H_o = 1.667 q_1$	11.702	T
		M	$M_o + H_o (1 - y_B) + M_p = (0.955 + 0.94 \times 1.667) q_1 - 2.34 q_1$	1.278	Tm
			$H_o = 1.667 q_1$	11.702	T
		V	$P_p = 2.16 q_1$	15.163	T
		M	$M_o - H_o y_B = (0.0791 - 0.2 \times 0.5) q_2$	-0.046	Tm
Tải trọng hình tròn ngược		H	$H_o = 0.2 q_2$	0.442	T
		M	$M_o + H_o (1 - y_B) + M_p = (0.0791 + 0.2 \times 0.94) q_2 - 0.3 q_2$	-0.073	Tm
		H	$H_o = 0.2 q_2$		
		V	$P_p = 0.6 q_2$		

Trong lòng vịnh vòm	Dỉnh vòm	M	$M_o - H_o y_g = (1013 - 1824 \times 0.5) q_3$	0,078	Tm
$q_3 = 0,77 \text{ T/m}^2$ $M_o = 1013 q_3$ $H_o = 1824 q_3$ $V_o = 0$		H	$H_o = 1824 q_3$	1,404	T
		M	$M_o + H_o(t - y_g) + M_p = (1013 + 1824 \times 0.94) q_3 - 2,958 q_3$	0,114	Tm
		H	$H_o = 1824 q_3$	1,404	T
		V	$P_p = 2,75 q_3$	2,118	T
Tải trọng nằm ngang hai bên		M	$M_o - H_o y_g = (0,222 - 0,613 \times 0.5) q_4$	-0,198	Tm
		H	$H_o = 0,613 q_4$	1,43	T
		M	$M_o + H_o(t - y_g) + M_p = (0,222 + 0,613 \times 0.94) q_2 - 103 q_4$	-0,543	Tm
		H	$H_o - H_p = 0,613 q_4 - 1,44 q_4$	-1,935	T
$q_4 = 2,34 \text{ T/m}^2$ $M_o = 0,222 q_4$ $H_o = 0,613 q_4$ $V_o = 0$	Chân vòm	V	$P_p = 0$	0	T

Tính toán nội lực dưới tác dụng của hoạt tải

A. Tải trọng phân bố đều trên toàn vòm	Đỉnh vòm	M	$M_o - H_o y_e \approx (0.955 - 1.667 \times 0.5) p$	0.067	Tm
$p = 0.552 \text{ T/m}^2$ $M_o \approx 0.955 p$ $H_o = 1.667 p$ $V_o = 0$		H	$H_o = 1.667 p$	0.920	T
	Chân vòm	M	$M_o + H_o(f - y_a) + M_p \approx (0.955 + 1.667 \times 0.94 - 2.34) p$	0.100	Tm
		H	$H_o = 1.667 p$	0.920	T
		V	$P_p = 2.16 p$	1.192	T
		M	$M_o - H_o y_a = (0.478 - 0.835 \times 0.5) p_1$	0.334	Tm
B. Tải trọng phân bố đều trên 1/2 vòm	Đỉnh vòm	H	$H = 0.835 p_1$	0.461	T
	Chân vòm trái	M	$M_o + H_o(f - y_a) + \frac{V_o L}{2} + M_p \approx (0.478 + 0.835 \times 0.90 + 0.473 \times 2.16) p_1 = 2.34 p_1$	0.031	Tm
		H	$H_o = 0.835 p_1$	0.461	T
		V	$V_o + P_p = (-0.473 + 2.16) p_1$	0.931	T
		M	$M_o + H_o(f - y_a) + \frac{V_o L}{2} \approx (0.478 + 0.835 - 0.473 \times 2.16) p_1$	0.133	Tm
	Chân vòm phải	H	$H_o = 0.835 p_1$	0.461	T
		V	$-V_o = +0.473$	0.261	T

Lực nằm ngang hai bên	Đỉnh vòm	M	$M_o - H_o y_s = (0,222 - 0,613 \times 0,5) e_p$	-0,016	Tm
		H	$H_o = 0,613 e_p$	0,113	T
$e_p = 0,184 \text{ T/m}^2$ $H_o = 0,222 e_p$ $H_o = 0,613 e_p$ $V_o =$	Chân vòm	M	$M_o + H_o(f - y_s) + M_p = (0,222 + 0,613 \times 0,94 - 1,03) e_p$	-0,043	Tm
		H	$H_o + H_p = (0,163 - 1,44) e_p$	-0,152	T
		V	$-V_o = 0$	0	T
C. Lực nằm ngang một bên	Đỉnh vòm	M	$M_o - H_o y_s = (0,111 - 0,306 \times 0,5) e_p$	-0,008	Tm
		H	$H_o = 0,306 e_p$	0,056	T
		M	$M_o + H_o(f - y_s) + \frac{V_o L}{2} + M_p = (0,111 + 0,306 \times 0,94 + 0,064 \times 2,16 - 1,03) e_p$	-0,091	Tm
		H	$H_o + H_p = (0,306 - 1,44) e_p$	-0,209	T
	Chân vòm trái	V	$V_o = -0,064 e_p$	-0,030	T
		M	$M_o + H_o(f - y_s) + \frac{V_o L}{2} = (0,111 + 0,306 \times 0,94 - 0,06 \times 2,16) e_p$	0,048	T
		H	$H_o = 0,306 e_p$	0,056	T
		V	$-V_o = 0,165 e_p$	0,030	T
	Chân vòm phải				
$e_p = 0,184 \text{ T/m}^2$ $M_o = 0,111 e_p$ $M_o = 0,306 e_p$ $V_o = -0,165 e_p$					

+ Các lực chuyển vị của các hình thức tải trọng

$$R^3 = 12,8; R^4 = 30.$$

*) Tổng hợp nội lực

- Tổng hợp nội lực do tĩnh tải

Mặt cắt Tải trọng	Đỉnh vòm		Chân vòm		
	M	H	M	H	V
Đất đắp trên vòm q_1	0,853	11,702	1,278	11,702	15,163
Đất đắp ở lưng vòm q_2	-0,046	0,442	-0,073	0,442	1,326
Trọng lượng bản thân vành vòm q_3	0,078	1,404	0,114	1,404	2,118
Áp lực đất hai bên q_4	-0,198	1,434	-0,543	-1,935	0
Tổng hợp	0,687	14,982	0,776	11,613	18,607

- Tổng hợp nội lực do hoạt tải

Tải trọng	Mặt cắt A + C				
	Đỉnh vòm		Chân vòm		
	M	H	M	H	V
Tải trọng thẳng đứng	0,067	0,920	0,100	0,920	1,192
Tải trọng nằm ngang	-0,016	0,113	-0,043	-0,152	0
Cộng	0,051	1,033	0,057	0,768	1,192

Mặt cắt Tải trọng	A + D							
	Đỉnh vòm		Chân vòm trái			Chân vòm phải		
	M	H	M	H	V	M	H	V
Tải trọng thẳng đứng	0,067	0,920	0,100	0,920	1,192	0,100	0,920	1,192
Tải trọng nằm ngang	-0,008	0,056	-0,091	-0,209	-0,030	0,048	0,056	0,030
Cộng	0,059	0,976	0,009	0,711	1,162	0,148	0,976	1,222

Mặt cắt Tải trọng	B + D							
	Đỉnh vòm		Chân vòm trái			Chân vòm phải		
	M	H	M	H	V	M	H	V
Tải trọng thẳng đứng	0,334	0,461	-0,031	0,461	0,931	0,133	0,461	0,261
Tải trọng nằm ngang	-0,008	0,056	-0,091	-0,209	-0,030	0,048	0,056	0,056
Cộng	0,326	0,577	-0,122	0,252	0,901	0,181	0,517	0,291

- +) *Nghiệm toán nội lực và độ lệch tâm*

- *Nghiệm toán ứng suất do tĩnh tải*

Đỉnh vòm:

$$N = 14,982T; M = 0,687T.m$$

$$\sigma_a = \frac{\sum N}{A} + \frac{\sum M}{W} = \frac{14,982}{0,35} + \frac{0,687 \times 6}{0,35^2}$$

$$= 42,81 + 33,65 = 76,46T/m^2 = 7,646kG/cm^2$$

Chân vòm:

$$N = H\cos\varphi_0 + V\sin\varphi_0$$

$$= 11,613 \times 0,385 + 18,607 \times 0,923 = 21,645T$$

$$M = 0,776T.m$$

$$\sigma_a = \frac{\sum N}{A} + \frac{\sum M}{W} = \frac{21,645}{0,35} + \frac{0,776 \times 6}{0,35^2}$$

$$= 61,84 + 30,00 = 99,85T/m^2 = 9,985kG/cm^2$$

- *Ứng suất do hoạt tải:*

Khi tính toán ứng suất do hoạt tải phải dựa vào ba tổ hợp tải trọng đã nêu trong bảng trên và phân biệt tính toán ứng suất của mặt cắt và lấy ứng suất bất lợi nhất để cộng với ứng suất do tĩnh tải. Trong ví dụ này chọn nội lực (A + D) để tính toán.

Đỉnh vòm:

$$N = H = 0,976T; M = 0,059 \times 6$$

$$\sigma_a = \frac{\sum N}{A} + \frac{\sum M}{W} = \frac{0,976}{0,35} + \frac{0,059 \times 6}{0,35^2} =$$

$$2,79 + 2,89 = 5,68T/m^2 = 0,568kG/cm^2$$

Chân vòm phải:

$$N = H\cos\varphi_0 + V\sin\varphi_0 =$$

$$= 0,976 \times 0,385 + 1,222 \times 0,923 = 1,504T$$

$$M = 0,148T.m$$

$$\sigma_a = \frac{\sum N}{A} + \frac{\sum M}{W} = \frac{1,504}{0,35} + \frac{0,148 \times 6}{0,35^2} =$$

$$= 4,297 + 7,249 = 11,546 \text{T/m}^2 = 1,155 \text{kG/cm}^2.$$

- *Nghiệm toán ứng suất do tĩnh tải + hoạt tải*

Đỉnh vòm: $\sigma_a = 7,646 + 0,568 = 8,214 \text{kG/cm}^2 < [\sigma_a] = 14 \text{kG/cm}^2$

Chân vòm: $\sigma_a = 9,985 + 1,155 = 11,140 \text{kG/cm}^2 < [\sigma_a] = 14 \text{kG/cm}^2$

- *Nghiệm toán độ lệch tâm do tĩnh tải và hoạt tải:*

Độ lệch tâm lớn nhất ở đỉnh vòm:

$$e = \frac{\sum M}{\sum N} = \frac{0,667 + 0,059}{14,982 + 0,976} = 0,047 \text{m} < 0,6Y$$

$$= 0,6 \times \frac{0,35}{2} = 0,105 \text{m}$$

Độ lệch tâm lớn nhất ở chân vòm:

$$e = \frac{\sum M}{\sum N} = \frac{0,776 + 0,148}{21,645 + 1,504} = 0,04 \text{m} < 0,6Y =$$

$$= 0,6 \times \frac{0,35}{2} = 0,105 \text{m}$$

+) *Nghiệm toán độ ổn định :*

Nghiệm toán độ ổn định do tĩnh tải

Đỉnh vòm : $\sigma_a = \frac{N}{\varphi A} \leq [\sigma_a]$

$$H = N = 14,982 \text{T}$$

$$A = 1 \times 0,35 = 0,35 \text{m}^2$$

$$l_0 = 0,36S = 0,36\Phi_0 R = 0,36 \times 1,176 \times 2,34 = 0,99 \text{m}$$

$$\frac{l_0}{b} = \frac{0,99}{0,35} = 2,83 < 4 \text{ nên } \varphi = 1$$

$$\sigma_a = \frac{N}{\varphi A} = \frac{14,982}{1 \times 0,35} = 42,8 \text{T/m}^2 = 4,28 \text{kG/cm}^2$$

Chân vòm : $\sigma_a = \frac{N}{\varphi A} \leq [\sigma_a]$

$$H = 11,613 \text{T}$$

$$\cos \varphi_m = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\left(\frac{f}{l}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\left(\frac{1}{3}\right)^2}} = 0,8319$$

$$N = \frac{H}{\cos \varphi_m} = \frac{11,613}{0,8319} = 13,96 \text{T}$$

$$\sigma_a = \frac{N}{\varphi A} = \frac{13,96}{1 \times 0,35} = 39,89 \text{T/m}^2 = 3,989 \text{kG/cm}^2$$

3. Tính toán móng

Tính toán tường móng

Tường móng phải tính toán với ba tổ hợp tải trọng. Trong thí dụ này chỉ tính toán với tổ hợp tải trọng thứ hai gồm tĩnh tải + hoạt tải toàn vòm + lực đẩy ngang một bên.

a) *Ngoại lực và mômen đối với điểm C* (xem hình 5.21).

Tính e_q :

$$\begin{aligned} e_{qt} &= H_t \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \gamma_1 = 1,8 \times 5,45 \times \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{30^\circ}{2} \right) \\ &= 1,8 \times 5,45 \times 0,577^2 = 3,27 \text{T/m}^2. \end{aligned}$$

$$e_{qd} = \gamma_1 H_d \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,8 \times 7,58 \times 0,577^2 = 4,54 \text{T/m}^2$$

$$E_q = \frac{1}{2}(e_{qt} + e_{qd}) \times H = \frac{1}{2}(3,27 + 4,54) \times 2,14 = 8,36 \text{T}$$

e_q tác dụng cách điểm C một khoảng cách:

$$\frac{2,14}{3} \times \frac{4,54 + 2 \times 3,27}{3,27 + 4,54} = \frac{2,14 \times 11,08}{3,0 \times 7,81} = 1,01 \text{m}$$

Lực đẩy ngang do tải trọng ô tô gây ra rất nhỏ, có thể bỏ qua.

b) *Nghiệm toán độ lệch tâm và ứng suất của tường*

Dưới tác dụng của tĩnh tải:

$$\sum P = 2,26 + 4,72 + 11,06 + 1,45 + 2,75 + 1,52 + 18,607 = 42,37 \text{T}$$

$$\sum M = 2,76 + 1,84 + 8,73 + 2,53 + 3,46 + 0,91 + 8,44 + 7,56 = 36,33 \text{Tm}$$

Dưới tác dụng của tĩnh tải + hoạt tải toàn vòm và lực đẩy ngang một bên:

$$\sum P' = \sum P + 0 + 1,222 = 42,37 + 0 + 1,222 = 43,59 \text{T}$$

$$\sum M' = \sum M + 0 - 0,04 = 36,33 + 0 - 0,04 = 36,29 \text{Tm}$$

Độ lệch tâm e :

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum M'}{\sum P'} = \frac{1,9}{2} - \frac{36,29}{43,59} = 0,95 - 0,83 = 0,12 \text{m}$$

$$< [e] = 0,5 \frac{B}{2} = 0,5 \times \frac{1,9}{2} = 0,475 \text{m}$$

Mômen lệch tâm M_e :

$$M_e = \sum P'e = 43,59 \times 0,12 = 5,23 \text{Tm}$$

Loại ngoại lực	Tên	Trị số ngoại lực (T)	Mômen của ngoại lực đối với điểm C (Tm)
Tĩnh tải	P_1	$\frac{1}{2}(155 + 2,15) \times 0,68 \times 1,8 = 2,26$	$2,26 \left(\frac{0,68}{3} \right) \times \frac{2,15 + 2 \times 1,55}{2,15 + 1,55} + 0,9 = 2,76$
	P_2	$\frac{1}{2}(2,15 + 3,68) \times 0,9 \times 1,8 = 4,72$	$4,72 \left(\frac{0,9}{3} \right) \times \frac{3,68 + 2 + 2,15}{3,68 + 2,15} = 1,94$
	P_3	$3,9 \times 1,58 \times 1,8 = 11,06$	$11,06 \times 0,79 = 8,73$
	P_4	$\frac{1}{2}(2,0 + 2,14) \times 0,32 \times 2,2 = 1,45$	$1,45 \left(\frac{0,32}{3} \right) \times \frac{2,14 + 2 \times 2,0}{2,14 + 2,0} + 1,58 = 2,53$
	P_5	$\frac{1}{2}(2,14 + 1,53) \times 0,68 \times 2,2 = 2,75$	$2,75 \left(\frac{0,68}{3} \right) \times \frac{2,14 \times 2 + 1,53}{2,14 + 1,53} + 0,9 = 3,46$
	E_q	$\frac{1}{2}(3,27 + 4,54) \times 2,14 = 8,36$	$9,36 \times 1,01 = 8,44$
Lực đẩy ngang một bên do hoạt tải	P_6	$\frac{1}{2} \times 0,9 \times 1,53 \times 2,2 = 1,52$	$1,52 \times \frac{2}{3} \times 0,9 = 0,91$
	Phản lực chân vòm	$M = 0,776 \quad H = 11,613 \quad V = 18,607$	$18,607 \times 1,74 - 11,613 \times 2,07 - 0,776 = 7,56$
	Phản lực chân vòm	$M = 0,148 \quad H = 0,976 \quad V = 122$	$122 \times 1,74 - 0,976 \times 2,07 - 0,148 = -0,04$

Tính toán nội lực ở đáy tường móng:

$$\begin{aligned}\text{Ứng suất nén: } \sigma_a &= \frac{\sum P'}{A} + \frac{M_e}{W_1} = \frac{43,59}{1 \times 19} + \frac{5,23 \times 6}{1,9^2 \times 1} \\ &= 22,94 + 8,69 = 31,63 \text{ T/m}^2 = 3,163 \text{ kG/cm}^2 < [\sigma_a] = 8 \text{ kG/cm}^2\end{aligned}$$

Ứng suất kéo uốn :

$$\begin{aligned}\sigma_{ku} &= \frac{\sum M'}{W_2} - \frac{\sum P'}{A} = \frac{5,23 \times 6}{1,9^2 \times 1} - \frac{43,59}{1,9 \times 1} = \\ &8,69 - 22,94 = -14,25 \text{ T/m}^2 = -1,425 \text{ kG/cm}^2 \\ &(\text{dấu "-" chứng tỏ không xuất hiện ứng suất kéo}).\end{aligned}$$

c) *Nghiệm toán lực cắt ở mũ móng* (chỗ nối với vành vòm)

$$\begin{aligned}\sigma_j &= \frac{Q}{A} \\ Q &= H = 11,613 + 0,976 = 12,589 \text{ T (lực đẩy ngang ở chân vòm)} \\ A - \text{diện tích cắt} &= \left(32 + \frac{68 \times 13,5}{60,5} \right) \times 100 = 47,2 \times 100 \text{ cm}^2 \\ \sigma_j &= \frac{Q}{A} = \frac{12,589}{47,2 \times 100} = 2,67 \text{ kG/cm}^2 < [\sigma_j] + \frac{fN}{A} \\ &= 1,1 + \frac{0,4(18,607 + 1,222) \times 1000}{47,2 \times 100} = 1,1 + 1,68 = 2,78 \text{ kG/cm}^2.\end{aligned}$$

Mũ móng dùng đá xây vữa 100, ứng suất kéo trực tiếp cho phép $[\sigma_j] = 1,1 \text{ kG/cm}^2$.

4. Tính móng

a) *Ngoại lực và mômen đối với điểm O'*

$$\begin{aligned}e_{q1} &= H_1 \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \gamma_1 = 3,27 \text{ T/m}^2 \\ e'_{qd} &= \gamma_1 H_d \text{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = 1,8 \times 8,58 \times 0,577^2 = 5,15 \text{ T/m}^2 \\ E_q &= \frac{1}{2} (3,27 + 5,15) \times 3,14 = 13,22 \text{ T}\end{aligned}$$

Khoảng cách từ điểm đặt của E_q đến điểm O' :

$$\frac{3,14}{3} \times \frac{5,15 + 2 \times 3,27}{3,27 + 5,15} = 1,45 \text{ m}$$

$$M_{eq} = 13,22 \times 1,45 = 19,17 \text{ Tm}.$$

b) *Nghiệm toán độ lệch tâm và ứng suất ở đáy móng*

+) *Dưới tác dụng của tĩnh tải:*

$$\begin{aligned}\sum P &= 2,26 + 4,72 + 11,06 + 1,45 + 2,75 + 1,52 \\ &+ 5,46 + 5,28 + 18,607 = 53,107 \text{ T} \\ \sum M_o &= 3,67 + 3,82 + 13,15 + 3,10 + 4,57 + 1,52 \\ &+ 19,97 + 1,09 + 3,40 = 59,83 \text{ Tm}.\end{aligned}$$

Độ lệch tâm e_o :

$$e_o = \frac{B}{2} - \frac{M_o}{P} = \frac{24}{2} - \frac{59,83}{53,107} = 1,2 - 1,13 = 0,07m$$

$$< [e_o] = 0,75\rho = 0,75 \times 0,4 = 0,30m$$

trong đó: W - mômen kháng uốn của tiết diện tương ứng với mép đáy móng có ứng suất nhỏ:

$$W = \frac{1}{6} \times 1,0 \times 2,4$$

A - diện tích của mặt cắt đáy móng, $A = 1,0 \times 2,4$

ρ - bán kính lõi của tiết diện đáy móng,

$$\rho = \frac{W}{A} = 0,4m.$$

Mômen của ngoại lực đối với điểm O'

Loại ngoại lực	Tên ngoại lực	Trị số ngoại lực (T)	Mômen của ngoại lực đối với điểm O' (Tm)
Tĩnh tải	P_1	2,26	$2,26 \left(\frac{0,68}{3} \times \frac{2,15 + 2 \times 1,55}{2,15 + 1,55} + 1,3 \right) = 3,67$
	P_2	4,72	$4,72 \left(\frac{0,9}{3} \times \frac{3,68 + 2 \times 2,15}{3,68 + 2,15} + 0,4 \right) = 3,82$
	P_3	11,06	$11,06(0,79 + 0,4) = 13,15$
	P_4	145	$145 \left(\frac{0,32}{3} \times \frac{2,14 + 2 \times 2,0}{2,14 + 2,0} + 1,98 \right) = 3,10$
	P_5	2,75	$2,75 \left(\frac{0,68}{3} \times \frac{2 \times 2,14 + 1,53}{2,14 + 1,53} + 1,3 \right) = 4,57$
	P_6	1,52	$1,52 \times \left(\frac{2}{3} \times 0,9 + 0,4 \right) = 1,52$
	E_q	13,22	$13,22 \times 145 = 19,17$
	P_7	$7,58 \times 0,4 \times 1,8 = 5,46$	$5,46 \times 0,2 = 1,00$
	P_8	$2,40 \times 1 \times 2,2 = 5,28$	$5,28 \times 1,2 = 6,34$
	Phản lực chân vòm	$M = 0,776$ $H = 11,613$ $V = 18,607$	$18,607 \times 2,14 - 11,613 \times 3,07 - 0,776 = 3,4$
Lực nằm ngang một bên	Phản lực chân vòm	$M = 0,148$ $H = 0,976$ $V = 1,222$	$1,222 \times 2,14 - 0,976 \times 3,07 - 0,148 = -0,529$

+) Dưới tác dụng của tĩnh tải + hoạt tải trên toàn vòm + lực ngang một bên :

$$\sum P' = P + 0 + 1,222 = 53,107 + 0 + 1,222 = 54,329T$$

$$\sum M'_{O'} = M_o + 0 + 0,529 = 59,83 + 0 - 0,529 = 59,30Tm$$

Độ lệch tâm e_o :

$$e_o = \frac{B}{2} - \frac{\sum M_o'}{\sum P'} = \frac{2,4}{2} - \frac{59,30}{54,329} = 1,2 - 1,09 = 0,11\text{m}$$

Mômen lệch tâm M_e :

$$M_e = \sum P' \cdot e_o = 54,329 \times 0,11 = 5,981\text{Tm}$$

Tính toán ứng suất đáy móng:

$$\begin{aligned}\sigma_{\max} &= \frac{\sum P'}{A} + \frac{M_e}{W} = \frac{54,329}{1 \times 2,4} + \frac{5,981 \times 6}{1 \times 2,4^2} \\ &= 22,63 + 6,23 = 28,86\text{T/m}^2 = 2,886\text{kG/cm}^2 < [\sigma] = 4\text{kG/cm}^2 \\ \sigma_{\min} &= \frac{\sum P'}{A} - \frac{M_e}{W} = \frac{54,329}{1 \times 2,4} - \frac{5,981 \times 6}{1 \times 2,4^2} = \\ &= 22,63 - 6,23 = 16,4\text{ T/m}^2 = 1,64\text{kG/cm}^2 < [\sigma] = 4\text{kG/cm}^2\end{aligned}$$

(không xuất hiện ứng suất kéo)

c) *Nghiệm toán ổn định chống lật và chống trượt của đáy móng*
+ *Tính toán ổn định chống lật.*

Mômen chống lật :

$$\begin{aligned}\sum M_x &= 3,67 + 3,82 + 13,15 + 3,10 + 4,57 + 1,52 \\ &\quad + 1,09 + 6,34 + 19,17 + 18,697 \\ &\quad \times 2,14 + 1,222 + 2,14 = 102,20\text{ Tm.}\end{aligned}$$

Mômen lật :

$$\begin{aligned}\sum M_y &= 11,613 \times 3,07 + 0,776 + 0,976 \\ &\quad \times 3,07 + 0,148 = 39,62\text{Tm}\end{aligned}$$

Hệ số ổn định chống lật :

$$k_o = \frac{\sum M_x}{\sum M_y} = \frac{102,20}{39,62} = 2,57 > 1,5 \text{ (an toàn)}$$

+ *Tính toán ổn định chống trượt :*

$$K_c = \frac{\sum Pf}{H} > [K_c]$$

Trong đó :

f - hệ số ma sát, đáy móng là đất cát lấy $f = 0,4$

H - lực đẩy ngang ở chân vòm, bằng $12,589\text{T}$

$[K_c]$ - hệ số ổn định chống trượt yêu cầu, bằng $1,3$.

$$K_c = \frac{\sum Pf}{H} = \frac{54,329 \times 0,4}{12,589} = 1,73 > 1,3$$

5.5. MÓNG, KHE PHÒNG LÚN VÀ LỚP PHÒNG NƯỚC CỦA CỐNG

1. Móng cống

Sự kiên cố, ổn định và lâu bền của móng là điều kiện tất yếu để bảo đảm cho kết cấu xây dựng trên nó bền lâu, chắc chắn. Phải căn cứ vào điều kiện thủy văn, địa chất, vật liệu và tình hình thi công để chọn dùng kiểu móng hợp lý.

Có thể phân loại móng theo mấy cách sau:

a) *Phân loại theo vật liệu xây dựng*, chia thành:

+ *Móng đá* : Thường dùng đá lát xây vữa xi măng. Cường độ đá không nên nhỏ hơn 250. Loại móng này dùng ít xi măng nên được sử dụng phổ biến ở những nơi sản đá, tuy nhiên việc xây lát tốn công và tính toán khối kém.

+ *Móng gạch* : Dùng ở những địa phương thiếu đá, nên dùng gạch mác 100 trở lên.

+ *Móng bê tông* : Tính toán khối tương đối tốt và có thể cơ giới hoá thi công. Thường dùng bê tông mác 100, để tiết kiệm xi măng có thể cho thêm 15 ÷ 20% đá hộc, đồng thời có thể dùng bê tông có cường độ khác nhau ở những chỗ yêu cầu chịu lực khác nhau.

+ *Móng bê tông cốt thép* : Với những móng chịu độ võng tương đối lớn thường dùng móng bê tông cốt thép với mác bê tông từ 150 trở lên.

b) *Phân loại theo kết cấu*, gồm có :

+ *Móng đặc* : Thường là móng chữ nhật, có thể thu nhận tải trọng tương đối lớn - kích thước thường lấy theo kích thước của kết cấu bên trên.

+ *Móng đơn độc (hoặc móng cột)* : Là móng xây dựng trên các trụ đỡ, thích hợp khi cường độ của móng tương đối cao :

+ *Móng liên hợp*.

c) *Phân loại theo điều kiện làm việc dưới tác dụng của tải trọng*, chia thành :

+ *Móng cứng* : do cường độ kháng kéo của vật liệu làm móng tương đối thấp nên khi chịu tải không xét đến khả năng chịu uốn, vì vậy thường làm bằng các vật liệu như đá, gạch, bê tông.

+ *Móng mềm* : Có khả năng biến dạng dưới tác dụng của tải trọng. Ngoài móng bê tông cốt thép có khi còn đặt trực tiếp trên nền thiên nhiên hoặc trên lớp đệm cát sỏi (tức là cống không móng).

Nếu cống thường xuyên có nước, hoặc khi nước dâng trước cống khá cao... thì không nên dùng loại cống không có móng mà nên dùng các loại móng cứng.

Chiều sâu chôn móng phải phù hợp các yêu cầu sau :

- Khi móng đặt trên nền đá phải phá bỏ lớp đá phong hóa. Khi lớp đá phong hóa khá dày khó phá bỏ cũng có thể đặt trực tiếp lên lớp đó.

- Phải có lớp bảo hộ đáy móng để chống xói.
- Khi dưới đáy móng là lớp đất mềm có thể chôn móng sâu để đặt móng trực tiếp lên lớp đất tốt hoặc gia cố lớp đất mềm yếu để tăng cường độ.
- Với cống trên sườn dốc thì đáy móng nên làm theo kiểu bậc cấp, tỉ số chiều cao trên chiều dài của cấp không nên nhỏ hơn 1 : 2.
- Ở những nơi không bị xói mòn (trừ những chỗ nền thiên nhiên là đá) thì đáy móng của cầu cống nên đặt dưới mặt nền thiên nhiên hoặc dưới đáy sông ít nhất là 1m.

Có nhiều *biện pháp gia cố lớp đất mềm yếu* trước khi xây dựng móng cống như làm cọc cát, đệm cát hoặc đóng cọc gỗ, cọc tre, cọc bê tông.

Cọc cát được sử dụng để gia cố đất bột, đất á sét, đất bùn và đất sét mềm yếu bão hoà. Kinh nghiệm cho thấy dùng cọc vôi hoặc cọc vôi cát, do sau khi hút nước trong đất, thể tích cọc vôi tăng lên trên gấp hai lần nên hàm lượng nước và độ rỗng của đất đều giảm, cường độ tăng lên 1 ÷ 2 lần, độ ép co giảm 3 ÷ 4 lần so với móng không gia cố. Phương pháp làm cọc cát đã giới thiệu trong [14].

Chiều sâu lớp đất gia cố (tức là chiều dài cọc cát) thường lấy bằng 1,5 ÷ 2 lần chiều rộng móng. Số lượng cọc cát xác định theo công thức :

$$n = \frac{\Omega}{\omega O} \quad (5.104)$$

Trong đó : n - số cọc cát cần thiết ;

ωO - diện tích mặt cắt ngang mỗi cọc (m^2), $\omega O = \frac{\pi d^2}{4}$ với d - đường kính bình quân của cọc ;

W - diện tích toàn bộ mặt cắt ngang cần bố trí cọc (m^2) :

$$\Omega = \frac{\Delta e}{1 + e} F \quad (5.105)$$

Với : e - tỉ lệ lỗ rỗng của nền thiên nhiên ;

$F = (a + 2m)(b + 2m)$ diện tích nền cần gia cố cọc (a, b - chiều dài và chiều rộng móng, m = 0,1b nhưng không nhỏ hơn 0,5m);

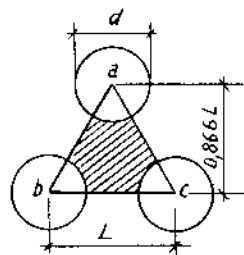
$\Delta e = e - e'$, e' - tỉ lệ lỗ rỗng của nền đất sau khi gia cố, thường lấy e' từ 0,6 ÷ 0,8.

Thường bố trí cọc cát theo hình tam giác, như hình 5.22.

Khoảng cách giữa các cọc L tính theo công thức :

$$L = 0,952d \sqrt{\frac{1 + e}{\Delta e}} \quad (5.106)$$

Cọc gỗ và cọc tre là một phương pháp gia cố đơn giản để làm và rất có hiệu quả. Thường dùng cọc tre hoặc cọc gỗ (đường kính > 10cm) đóng vào nền đất đến một độ sâu nhất định để giảm bớt độ rỗng, tăng độ chặt của đất, do đó tăng sức chịu tải của nền móng. Phương pháp tính toán cọc tre (cọc gỗ) cũng tương tự như việc tính toán cọc cát.



Hình 5.22
Bố trí cọc cát.

Số lượng cọc tre (cọc gỗ) cần thiết có thể xác định theo công thức (5.104). Theo kinh nghiệm khi ứng suất tính toán của nền đất nhỏ hơn $2,5 \text{ kg/cm}^2$ và dùng cọc $\Phi 12 \div 14 \text{ cm}$ thì khoảng cách giữa các cọc thường lấy bằng $0,5 \text{ m}$ - Chiều dài cọc thường dùng là $2,5 \div 4,0 \text{ m}$ và phải đóng sâu hơn mực nước ngầm.

Lớp đệm cát (hoặc lớp đệm đá dăm, sỏi sạn đầm chặt) là một biện pháp gia cố nền móng đơn giản dễ làm và kinh tế nên được sử dụng rất phổ biến.

Kích thước lớp đệm cát chữ nhật có thể tính theo công thức :

$$\begin{cases} A = a + 2h_s \\ B = b + 2h_s \end{cases} \quad (5.107)$$

Trong đó :

A, B - chiều dài và chiều rộng của lớp đệm cát, (m) ;

a, b - chiều dài và chiều rộng của móng cống (m) ;

h_s - chiều dày lớp đệm cát, thường là $1 \div 3 \text{ m}$;

Chiều dày h_s có thể xác định từ điều kiện dưới đây :

$$\sigma_H \leq [\sigma] \quad (5.108)$$

Trong đó :

$[\sigma]$ - sức chịu tải cho phép của móng đất mềm yếu (T/m^2) ;

σ_H - sức chịu tải của đáy lớp đệm cát (sỏi sạn), đối với móng chữ nhật có thể tính theo công thức :

$$\sigma_H = \frac{ab\sigma}{ab + h_s \left(a + b + \frac{4}{3} h_s \right)} + \gamma_s h_s \quad (5.109)$$

Trong đó :

γ_s - dung trọng của cát sỏi, khi ở dưới mực nước ngầm phải trừ đi lực đẩy của nước (T/m^3) ;

σ - sức chịu tải của mặt đáy móng (T/m^2).

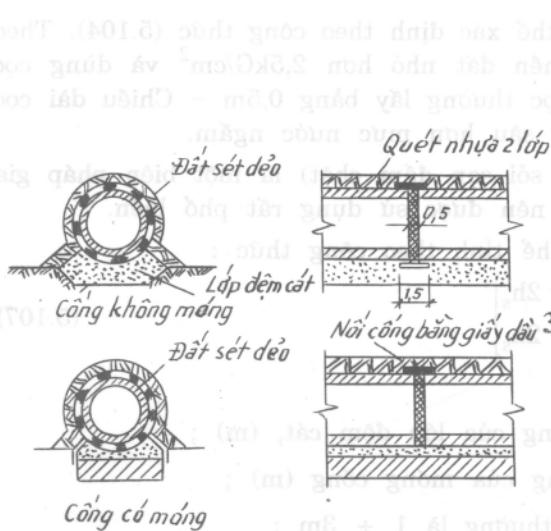
Sau khi gia cố bằng lớp đệm cát vẫn sinh ra một độ lún nhất định do sự ép co của bản thân lớp cát và do lún của nền đất mềm yếu. Tuy nhiên khi chiều dày lớp đệm cát bằng $(1 \div 1,5)$ chiều rộng lớp móng thì độ lún này không lớn, có thể bỏ qua.

Cát dùng làm lớp đệm nên dùng loại cát thô hoặc cát trung, hàm lượng sét không được quá 5%, hàm lượng đất bột không quá 25%.

2. Khe phòng lún

Ở các chỗ phân đoạn của kết cấu cống đều phải bố trí khe phòng lún để phòng bị nứt gãy do lún không đều.

Với thân cống cứ cách $3 \div 6 \text{ m}$ phải làm một khe phòng lún. Bố trí cụ thể ra sao phải căn cứ vào địa chất đáy móng và chiều cao nền đường mà định. Khi chất đất thay đổi, chiều sâu chôn móng không giống nhau hoặc áp lực gây ra trên nền đất thay đổi nhiều, chỗ tiếp giáp giữa nền đào và nền đắp v.v. đều phải bố trí khe phòng lún. Khe phòng lún phải làm trên toàn bộ mặt cắt với chiều rộng $2 \div 3 \text{ cm}$.



Hình 5.23

Lớp phòng nước của cống tròn bê tông cốt thép tấm nhựa đường (rộng 15 ÷ 20cm).

Với cống tròn hoặc cống đặt trên nền đá thì không cần làm khe phòng lún.

Khe phòng lún được chèn bằng tấm đệm gỗ tấm nhựa hoặc chèn bằng đất sét bên ngoài bọc 15cm vữa xi măng cát tỉ lệ 1 : 3.

3. Lớp phòng nước

Lớp phòng nước của cống tròn bê tông cốt thép được thi công theo hình vẽ 5.23.

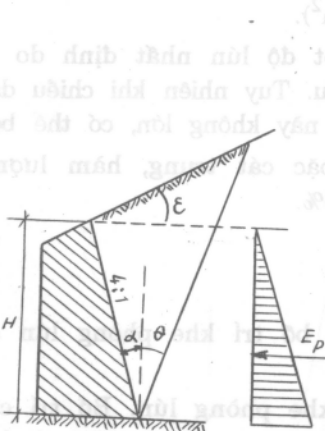
Chỗ nối giữa các đoạn ống được chèn bằng sợi dây tấm nhựa đường bên ngoài bọc bằng giấy dầu hoặc bao tải

5.6. TÍNH TOÁN TƯỜNG CÁCH KIỂU CHỮ BÁT

Tương tự như tường chắn đất, các cửa cống có tường cách cũng chịu áp lực của nền đất đắp do đó phải dựa trên nguyên lý tường chắn đất để tính toán.

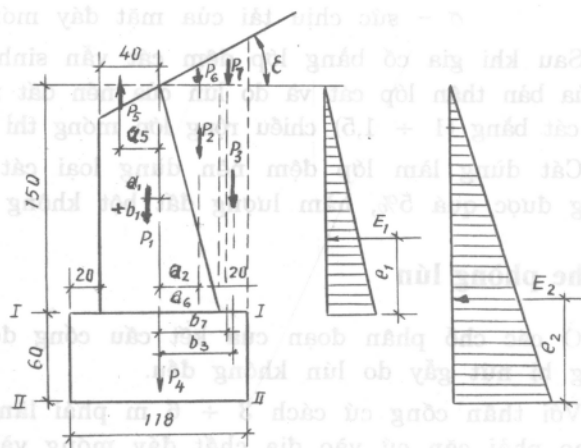
Tường cách chữ bát chịu tác dụng của lực đẩy E_p thẳng góc với tường (hình 5.24).

$$E_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 \mu_a \quad (5.110)$$



Hình 5.24

Lực đẩy của đất đắp nền đường.



Hình 5.25

Sơ đồ tính toán tường cách

$$\text{trong đó : } \mu_a = \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \epsilon)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \epsilon)}} \right]^2} \quad (5.111)$$

Với : φ - Góc nội ma sát của đất;
 ϵ - góc nghiêng của bề mặt đất đắp so với mặt nằm ngang;
 α - góc kẹp giữa lưng tường với mặt thẳng đứng;
 δ - góc ma sát ngoài giữa hông tường và đất đắp, thường $\delta = \frac{\varphi}{2}$

Khoảng cách từ điểm đặt lực đến chân tường $e = \frac{H}{3}$.

Do chiều cao tường cánh của cửa cống thay đổi nên ảnh hưởng đến chiều dày của tường. Để dễ tính toán phải chia tường cánh thành một số đoạn và mỗi đoạn tính với chiều cao trung bình.

Khi nghiệm toán cường độ và độ ổn định của tường cánh của cống phải tiến hành như sau: 1) tính ứng suất mặt cắt ở đỉnh và móng tường cánh; 2) tính áp lực đất ở đáy móng tường cánh; 3) tính hệ số ổn định trượt của tường cánh theo đất đáy móng; tính hệ số ổn định chống lật. Việc tính toán được tiến hành theo sơ đồ vẽ ở hình 5.25.

1. Tính toán ứng suất ở mặt cắt đỉnh móng tường cánh (mặt cắt I - I)

Mômen uốn : $M_1 = E_1 e_1 = P_1 a_1 + P_5 a_5 - P_2 a_2 - P_6 a_6$.

Lực thẳng đứng : $N_1 = P_1 + P_2 - P_5 + P_6$.

Ứng suất : $\sigma = \frac{N_1}{A_1} \pm \frac{M_1}{W_1} \quad (5.112)$

Trong đó : A_1 - diện tích tiết diện tường cánh
 W_1 - mômen chống uốn của tiết diện đáy.

2. Nghiệm toán ứng suất tường cánh của đất ở đáy móng tường cánh (tiết diện II-II)

Mômen uốn : $M_2 = E_2 e_2 + P_1 b_1 - P_5 b_5 - P_2 b_2 - P_3 b_3 - P_7 b_7$

Lực thẳng đứng : $N_2 = P_1 + P_2 + P_3 + P_7 - P_5 + P_4$

Ứng suất : $\sigma = \frac{N_2}{A_2} \pm \frac{M_2}{W_2}$

Trong đó : A_2 - diện tích đáy móng tường cánh
 W_2 - mômen chống uốn của tiết diện đáy móng tường cánh.

3. Nghiệm toán hệ số ổn định chống trượt của tường cánh

$$K = \frac{N_2 f}{E_2} \quad (5.113)$$

Trong đó : f - hệ số ma sát giữa đáy móng và đất.

4. Nghiệm toán hệ số ổn định chống lật:

$$K = \frac{\sum P_i C_i}{E_2 e_2} \quad (5.114)$$

Trong đó : P_i - các lực thẳng đứng do tính tải của tường cánh.

C_i - khoảng cách từ trọng tâm của các lực thẳng đứng đến mép trước của đáy móng.

Ví dụ tính toán

1. Số liệu thiết kế.

Góc lệch của tường cánh : 30° ; chiều rộng đỉnh tường $b = 0,4\text{m}$; chiều cao $H = 1,5\text{m}$, độ dốc lưng tường 4 : 1.

Vật liệu : Mác đá : 300 ; mác vữa : 25 ; dung trọng của khối xây $\gamma_1 = 2,3\text{T/m}^3$; dung trọng của đất $\gamma_0 = 1,8\text{T/m}^3$; góc nội ma sát của đất $\varphi = 35^\circ$.

Móng đặt trên lớp cát trung $[\sigma] = 3,5\text{kG/cm}^2$

Taluy nền đường 1:1,5.

2. Tính toán nội lực :

Tường cánh chữ bát chịu lực đẩy E_1 của đất đắp nền đường thẳng góc với tường như hình (6.25).

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= 0,7 & \varphi &= 35^\circ \\ \operatorname{tg} \alpha &= 0,25 & \alpha &= 14^\circ 02' \\ \operatorname{tg} \varepsilon &= 0,3334 & \varepsilon &= 18^\circ 26' \end{aligned}$$

$$\delta = \frac{1}{2} \varphi = \frac{1}{2} 35^\circ = 17^\circ 36'$$

$$\begin{aligned} \mu_a &= \frac{\cos^2(\varphi - \alpha)}{\cos^2 \alpha \cos(\alpha - \delta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\varphi + \delta) \sin(\varphi - \varepsilon)}{\cos(\alpha + \delta) \cos(\alpha - \varepsilon)}} \right]^2} = \\ &= \frac{\cos^2(35^\circ - 14^\circ 02')}{\cos^2 14^\circ 02' \cos \left(14^\circ 02' + \frac{35^\circ}{2} \right) \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(35^\circ + 17^\circ 30') \sin(35^\circ - 18^\circ 26')}{\cos \left(14^\circ 02' + \frac{35^\circ}{2} \right) \cos(14^\circ 02' - 18^\circ 26')}} \right]^2} \\ &= \frac{\cos^2(20^\circ 58')}{\cos^2 14^\circ 02' \cos 31^\circ 32' \times \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(52^\circ 30') \sin(16^\circ 34')}{\cos(31^\circ 32') \cos(-4^\circ 24')}} \right]^2} \end{aligned}$$

$$= \frac{(0,93379)^2}{\cos^2 14^{\circ}02' \cos 31^{\circ}32' \times \left[1 + \sqrt{\frac{0,79335 \times 0,028513}{0,85234 \times 0,99705}} \right]^2} = 0,473$$

$$E_1 = \frac{1}{2} \gamma_o H^2 \mu_a = \frac{1}{2} \times 1,8 \times 1,5^2 \times 1,0 \times 0,473 = 0,958T$$

$$e_1 = \frac{1}{3} H = \frac{1}{3} \times 1,5 = 0,5m$$

Tính toán các lực thẳng đứng của tường cánh

Tên lực	P(T)	a (m)	b (m)	c (m)
P ₁	$\frac{1}{2}(0,4 + 0,78) \times 15 \times 10 \times 2,3 = 2,04$	0,085	0,085	0,505
P ₂	$\frac{1}{2} \times 0,38 \times 15 \times 18 \times 10 = 0,513$	-0,263	-0,263	0,853
P ₃	$0,2 \times 15 \times 10 \times 18 = 0,54$		0,49	1,08
P ₄	$0,6 \times 1,18 \times 10 \times 2,3 = 1,63$			0,59
P ₅	$\frac{1}{2} \times 0,4 \times 0,4 \times \operatorname{tg} 18^{\circ}26' \times 2,3 = 0,062$	-0,257		0,333
P ₆	$\frac{1}{2} \times 0,38 \times 0,38 \times \operatorname{tg} 18^{\circ}26' \times 18 = 0,043$	-0,263		0,853
P ₇	$\frac{1}{2} \times 0,58 \times 0,58 \times \operatorname{tg} 18^{\circ}26' \times 18 = 0,101$		0,397	0,987

$$E_2 = \frac{1}{2} \times 1,8 \times 2,1^2 \times 1,0 \times 0,473 = 1,877T$$

$$e_2 = \frac{1}{3} \times 2,1 = 0,7m.$$

1. Nghiệm toán ứng suất ở mặt cắt đỉnh móng của tường cánh (mặt cắt I-I hình 5.25) :

$$M_1 = 0,958 \times 0,50 + 2,04 \times 0,085 - 0,062 \times 0,257 - 0,513 \times 0,263 - 0,043 \times 0,263 = 0,490Tm.$$

$$N_1 = P_1 + P_2 - P_5 + P_6 = 2,04 + 0,513 - 0,062 + 0,043 = 2,534T$$

$$\sigma_a = \frac{N_1}{A_1} \pm \frac{M_1}{W_1} = \frac{2,534}{1 \times 0,78} \pm \frac{0,490}{\frac{1}{6} \times 0,78^2 \times 1,0} = 3,25 \pm 4,83$$

$$\sigma_a = 8,08T/m^2 = 0,808kG/cm^2 < [\sigma_a] = 6kG/cm^2$$

$$\sigma_{ku} = 1,58T/m^2 = 0,158kG/cm^2 < [\sigma_{ku}] = 0,8kG/cm^2.$$

2. Nghiệm toán ứng suất ở đáy móng của tường cánh (mặt cắt II - II hình 5.25) :

$$\begin{aligned} M_2 &= 1,877 \times 0,7 + 2,04 \times 0,085 - 0,062 \times 0,257 - \\ &- 0,513 \times 0,263 - 0,54 \times 0,49 - 0,101 \times 0,397 = 1,032 \text{ Tm} \\ N_2 &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 - P_5 \\ &= 2,05 + 0,513 + 0,54 + 0,101 + 1,63 - 0,062 = 4,762 \text{ T} \\ e &= \frac{M_2}{N_2} = \frac{1,032}{4,762} = 0,217 \text{ m} > 0,75 \frac{B}{6} = 0,148 \text{ m} \end{aligned}$$

Khi độ lệch tâm của hợp lực tác dụng trên tường cánh $e > P = \frac{W}{A}$ chỉ tính ứng suất nén trên nền đất trong khu vực chịu nén. Đối với ứng suất nén của đáy móng tiết diện chữ nhật thì tính theo công thức :

$$\sigma = \frac{2 \sum P}{3Bx} \quad (5.115)$$

Trong đó :

B - cạnh dài của móng thẳng góc với hướng lệch tâm;

x - khoảng cách từ điểm tác dụng hợp lực đến cạnh chịu nén của móng

$$x = \frac{B}{2} - \frac{M}{\sum P} = 0,59 - 0,217 = 0,37 \text{ m}$$

$\sum P$ - hợp lực thẳng góc với mặt đáy móng

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{2 \sum P}{3Bx} = \frac{2 \times 4,762}{3 \times 1,18 \times 0,373} = 7,21 \text{ T/m}^2 \\ &= 0,721 \text{ kG/cm}^2 < [\sigma] = 3,5 \text{ kG/cm}^2. \end{aligned}$$

3. Nghiệm toán hệ số ổn định trượt :

$$K = \frac{N_2 f}{E_2} = \frac{4,762 \times 0,40}{1,877} = 1,015 < [K] = 1,3$$

4. Nghiệm toán hệ số ổn định lật.

$$\begin{aligned} K &= \frac{\sum P_i C_i}{E_2 e_2} \\ \sum P_i C_i &= 2,04 \times 0,505 + 0,513 \times 0,853 + 0,54 \times 1,08 + \\ &+ 1,63 \times 0,59 - 0,062 \times 0,333 + 0,101 \times 0,987 = 3,091 \text{ Tm} \\ K &= \frac{\sum P_i C_i}{E_2 e_2} = \frac{3,091}{1,877 \times 0,7} = 2,35 > [K] = 1,5 \end{aligned}$$

Với [K] - hệ số ổn định chống lật.

CHƯƠNG VI

TÍNH TOÁN KẾT CẤU CẦU BÀN MỐ NHẹ

Chương này được giới thiệu thông qua thí dụ tính toán cụ thể dưới đây:
(Phần lý thuyết tính toán tham khảo mục 5.3)

Các số liệu tính toán

Cầu có nhịp 5m và chiều cao trên suối là 3m.

Chiều rộng của nền đường: 12m. Khổ cầu là G8 có hai đường người đi, mỗi đường rộng 0,75m.

Hoạt tải thiết kế: ô tô H18, xe bánh H.K 80.

Cầu thiết kế theo kiểu cầu bản mố nhẹ lắp ghép kiểu Slovinski (Hình 6.1).

Để bảo đảm đường vào cầu được êm thuận, hai đầu cầu được bố trí các tấm bê tông cốt thép quá độ. Nền đắp sau mố đắp bằng đất thoát nước tốt.

6.1. TÍNH KẾT CẤU NHỊP

Tác dụng của tính tải

Dựa theo các kết cấu tương tự lấy chiều dày tấm bê tông mặt cầu $h = 29$ cm.

Nhịp tính toán:

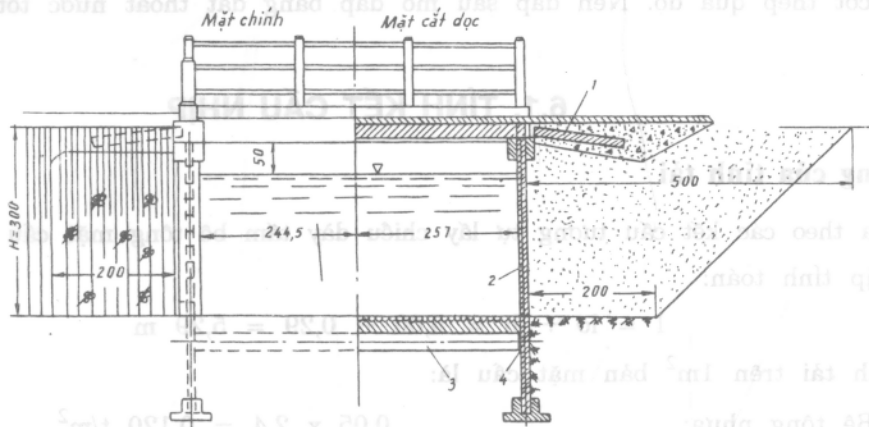
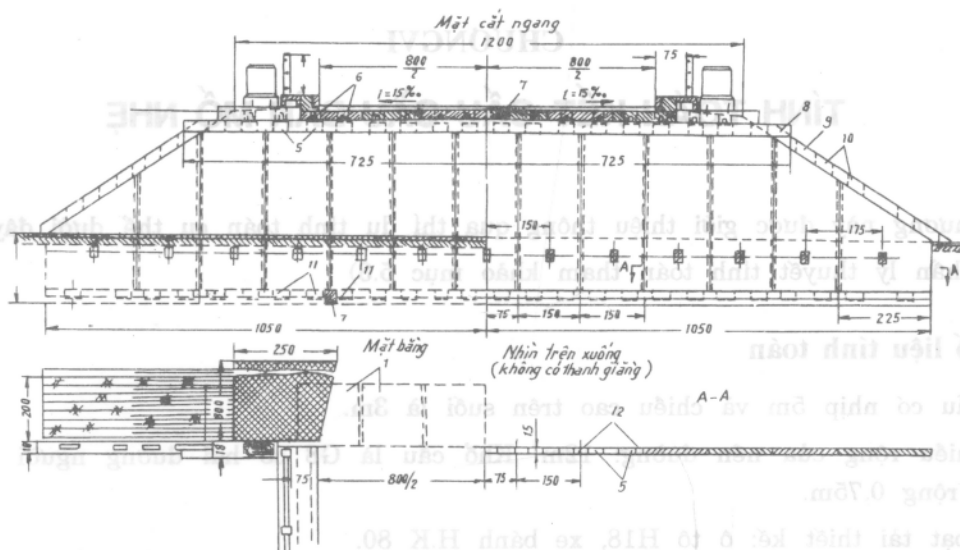
$$l = l_0 + h = 5,00 + 0,29 = 5,29 \text{ m}$$

Tính tải trên 1m^2 bản mặt cầu là:

Bê tông nhựa:	$0,05 \times 2,4 = 0,120 \text{ t/m}^2$
Lớp bảo vệ bê tông lưới thép:	$0,04 \times 2,4 \approx 0,100 \text{ t/m}^2$
Lớp phòng nước:	$0,01 \times 1,5 = 0,015 \text{ t/m}^2$
Lớp vữa xi măng:	$0,02 \times 2,4 = 0,048 \text{ t/m}^2$
Tấm bê tông cốt thép:	$0,29 \times 2,5 = 0,725 \text{ t/m}^2$
Cộng:	$q = 1,008 \text{ t/m}^2$

Tính tải trên 1m^2 của phiến lắp ghép ở biên có gờ chắn bánh:

$$q = \frac{1,73}{1,50} = 1,153 \text{ t/m}^2$$



Hình 6.1. Cầu bản lắp ghép kiểu Slovinski

1. Tấm bản quá độ; 2. Lớp phòng nước; 3. Thanh chống; 4. Tấm đệm; 5. Tấm có mống ghép với các khe của thanh giằng; 6. Bản lề lắp ghép đường kính 25mm; 7. Mối nối lắp ghép; 8. Giằng trên; 9. Giằng nghiêng; 10. Mống trong khe rãnh của giằng; 11. Tấm có mống ghép với các khe rãnh của móng; 12. Rãnh bán nguyệt đường kính 6cm.

Hệ số vượt tải của tính tải: $n = 1,2$.

Mômen uốn ở giữa nhịp:

Ở phiến giữa: $M_q = 1,008 \times 1,2 \times \frac{5,29^2}{8} = 4,23 \text{ tm/m}$

Ở phiến biên: $M_q = 1,153 \times 1,2 \times \frac{5,29^2}{8} = 4,84 \text{ tm/m}$.

Lực cắt ở gối:

Của phiến giữa: $Q_q = 1,008 \times 1,2 \times \frac{5,29}{2} = 3,20 \text{ t/m}$

Của phiến biên: $Q_q = 1,153 \times 1,2 \times \frac{5,29}{2} = 3,63 \text{ t/m}$.

Tác dụng của hoạt tải

Căn cứ vào giả thiết xem các tấm bê tông của kết cấu nhịp liên kết khớp với nhau, thì khi tải trọng tác dụng ở trọng tâm của tiết diện ngang của một phiến ở giữa nào đó sẽ được phân bố trên ba cấu kiện của kết cấu nhịp theo quy luật phân bố hình tam giác (hình 6.2). Với phiến biên thì tải trọng tác dụng ở tâm của nó sẽ phân bố trên hai phiến (hình 6.2b)

Khi tính toán tất cả các hoạt tải thẳng đứng phân bố theo tâm của các phiến của tấm mặt cầu theo luật tròn bầy.

Sự phân bố của tải trọng tập trung đơn vị $P = 1$ trên từng phiến của kết cấu nhịp, trừ các phiến ở biên, được tiến hành theo đường phân bố tam giác (hình 6.2a). Khi vị trí tải trọng ở trên tâm của phiến N°1, tải trọng được phân phối trên ba phiến tỷ lệ với tung độ của đường phân bố dưới tâm của các phiến tương ứng với tỷ lệ của tải trọng đơn vị $P = 1$.

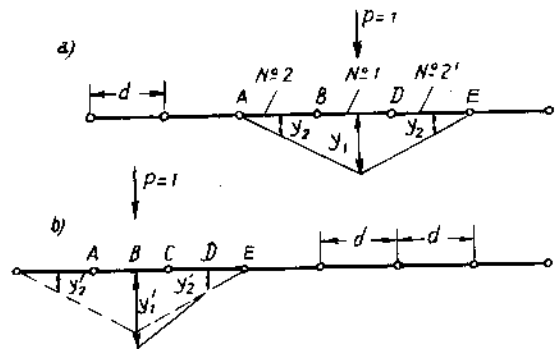
Từ điều kiện cân bằng trọng lượng ta có:

$$y_1 + 2y_2 = P = 1$$

Từ điều kiện tương tự (xem hình 6.2a):

$$y_2 = \frac{0,50}{1,50} y_1 = 0,333 y_1$$

Do đó:
$$y_1 = \frac{1}{1 + 2 \times 0,333} = 0,60$$



Hình 6.2. Sơ đồ phân bố tải trọng tập trung trong tấm có các phiến bê tông liên kết khớp

a. Để tính cho phiến ở giữa

b. Để tính cho phiến biên

và $y_2 = 0,333 \times 0,60 = 0,20.$

Tải trọng tập trung đơn vị $P = 1$ tác dụng ở tâm của phiến biên được phân bố trên hai phiến và tung độ của đường phân bố tải trọng dưới tâm của các phiến được lấy như hình 6.2b.

Với phiến ở biên:

$$y'_1 = y_1 + y_2 = 0,60 + 0,20 = 0,80$$

Trong đó:

$y_1 = 0,60$ - tung độ của đường phân bố tải trọng dưới tâm của phiến giữa trong hệ ba phiến.

$y_2 = 0,20$ - tung độ của đường phân bố tải trọng dưới tâm của phiến thứ ba không nằm trong hệ của hai phiến khi tính toán phiến biên được biểu thị bằng đường đứt nét trên hình 6.2b.

Với phiến thứ hai kể từ phiến biên:

$$y'_2 = y_2 = 0,20$$

Tải trọng ô tô

Khi tính toán kết cấu nhịp tải trọng ô tô được phân bố dọc theo nhịp theo tải trọng tương đương, còn theo hướng ngang thì phân bố bằng cách đặt các ô tô tiêu chuẩn trong vị trí bất lợi để tính kết cấu.

Tải trọng tương đương của một đoàn ô tô khi nhịp tính toán $l = 5,29\text{m}$ được xác định bằng cách nội suy các số liệu cho trong bảng:

- Với mômen uốn ở giữa nhịp:

$$p_a = 6,53 - (6,53 - 5,87)0,29 = 6,34 \text{ t/m.}$$

- Với lực cắt ở gối:

$$p_a = 8,06 - (8,06 - 6,93)0,29 = 7,73 \text{ t/m.}$$

Hệ số vượt tải của tổ hợp tải trọng cơ bản $n = 1,4.$

Hệ số động:

$$(1 + \mu) = 1,3 - 0,3 \times \frac{0,29}{45 - 5} = 1,289 \approx 1,3.$$

Các sơ đồ bố trí tải trọng ô tô để tính toán kết cấu nhịp của phiến mặt cầu sát biên vẽ ở hình 6.3a, của phiến mặt cầu ở giữa vẽ ở hình 6.3b

Hoạt tải được phân bố theo nguyên tắc đòn bẩy.

Khi vị trí đoàn ô tô ở gần mép phần xe chạy (hình 6.3a):

$$p_1 = \frac{125}{150} \times \frac{p_a}{2} = 0,833 \frac{p_a}{2}$$

$$p_2 = \left(\frac{25}{150} + \frac{85}{150} \right) \frac{p_a}{2} = 0,733 \frac{p_a}{2}.$$

Khi vị trí đoàn ô tô ở giữa phần xe chạy (hình 6.3b):

$$p_1 = \left(1 + \frac{40}{150}\right) \frac{P_a}{2} = 1,267 \frac{P_a}{2}$$

$$p_2 = \frac{110}{150} \times \frac{P_a}{2} = 0,733 \frac{P_a}{2}$$

Tải trọng tác dụng trên phiên mặt cầu chịu tải lớn nhất được xác định bằng cách cộng các tích của trị số tính toán p_i nhân với tung độ tương ứng của đường phân bố tải trọng.

Với phiên mặt cầu sát biên (hình 6.3a):

$$P_{\text{biên}} = p_1 y'_1 + p_2 y'_2 =$$

$$(0,833 \times 0,8 + 0,733 \times 0,2) \frac{P_a}{2} = 0,813 \frac{P_a}{2}$$

Với phiên mặt cầu ở giữa (hình 6.3b):

$$P_{\text{giữa}} = \left[p_1 y_1 + (p_2 + p_3) y_2 \right] \frac{P_a}{2} =$$

$$\left[1,267 \times 0,6 + (0,733 + 0,733) 0,2 \right] \frac{P_a}{2} = 1,054 \frac{P_a}{2} > P_{\text{biên}} = 0,813 \frac{P_a}{2}$$

Vì vậy tải trọng ô tô sẽ được tính toán với phiên mặt cầu ở giữa.

Momen uốn ở giữa nhịp trên 1m rộng của phiên mặt cầu:

$$M_a = \frac{n(1+\mu)}{b} P_{\text{giữa}} \frac{l^2}{8} = \frac{1,4 \times 1,3 \times 1,054 \times 6,34 \times 5,29^2}{1,5 \times 2 \times 8} = 14,19 \text{ tm.}$$

Lực cắt ở gối:

$$Q_a = \frac{n(1+\mu)}{b} P_{\text{giữa}} \frac{l}{2} = \frac{1,4 \times 1,3 \times 1,054 \times 7,73 \times 5,29}{1,5 \times 2 \times 2} = 13,09 \text{ t.}$$

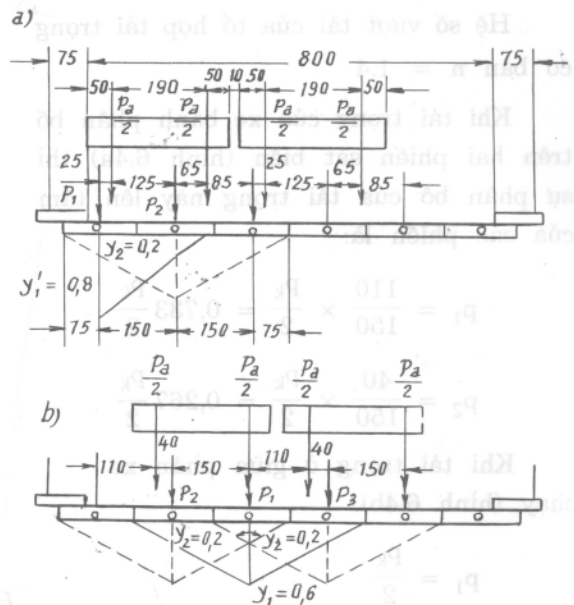
Tải trọng của xe bánh

Tải trọng tương đương của một xe bánh để tính momen uốn ở giữa nhịp của nhịp tính toán 5,29m:

$$p_k = 16,64 - (16,64 - 16,00)0,29 = 16,45 \text{ t/m}$$

để tính lực bị cắt ở gối:

$$p_k = 20,50 - (20,50 - 18,67)0,29 = 19,97 \text{ t/m.}$$



Hình 6.3

Sơ đồ đặt tải trọng ô tô để tính kết cấu nhịp

a. Với phiên mặt cầu sát biên;

b. Với phiên mặt cầu ở giữa.

Hệ số vượt tải của tổ hợp tải trọng cơ bản $n = 1,4$

Khi tải trọng của xe bánh phân bố trên hai phiên sát biên (hình 6.4a) thì sự phân bố của tải trọng này lên tâm của các phiên là:

$$P_1 = \frac{110}{150} \times \frac{P_k}{2} = 0,733 \frac{P_k}{2}$$

$$P_2 = \frac{40}{150} \times \frac{P_k}{2} = 0,267 \frac{P_k}{2}$$

Khi tải trọng ở giữa phần xe chạy (hình 6.4b):

$$P_1 = \frac{P_k}{2}$$

$$P_2 = \frac{30}{150} \frac{P_k}{2} = 0,2 \frac{P_k}{2}$$

Tải trọng tính toán của phiên mặt cầu ở biên (hình 6.4a):

$$P_{\text{biên}} = P_1 y'_1 + P_2 y'_2 = (0,733 \times 0,8 + 0,267 \times 0,2) \frac{P_k}{2} = 0,639 \frac{P_k}{2}$$

Tải trọng tính toán của phiên mặt cầu ở giữa (hình 6.4b):

$$P_{\text{giữa}} = P_1 y_1 + P_2 y_2 = (1 \times 0,6 + 0,2 \times 0,2) \frac{P_k}{2} = 0,64 \frac{P_k}{2} \approx P_{\text{biên}}$$

Do đó trị số tính toán của tải trọng xe bánh của tất cả các phiên bê tông mặt đường thực tế là giống nhau.

Momen uốn ở giữa nhịp trên 1m chiều rộng của phiên mặt đường:

$$M_k = \frac{n}{b} P_{\text{giữa}} \frac{l^2}{8} = \frac{1,1 \times 0,64 \times 16,45 \times 5,29^2}{1,5 \times 2 \times 8} = 13,51 \text{ tm.}$$

Lực ngang ở gối:

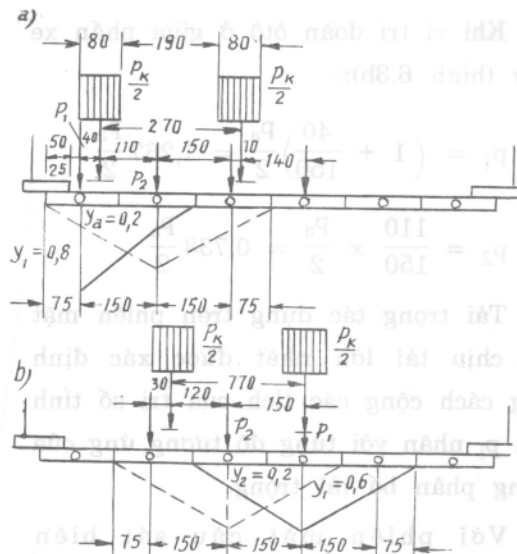
$$Q_k = \frac{n}{b} P_{\text{giữa}} \frac{l}{8} = \frac{1,1 \times 0,64 \times 16,45 \times 5,29}{1,5 \times 2 \times 2} = 12,40 \text{ t.}$$

Tải trọng của bộ hành

Phần lễ người đi (rộng 0,25m) được bố trí trên các phiên độc lập (rộng 0,5m) đặt trên phiên biên của mặt cầu xe chạy (xem hình 6.1)

Tải trọng của bộ hành trên lễ $p_b = 300 \text{ kg/m}^2$ - Hệ số vượt tải $n = 1,4$

Mômen uốn ở giữa nhịp do tải trọng của bộ hành ở phiên biên của bản mặt cầu trên 1m chiều rộng:



Hình 6.4. Sơ đồ tác dụng của tải trọng xe bánh HK80 để tính kết cấu nhịp

a. Phiên mặt cầu ở biên,

b. Phiên mặt cầu ở giữa.

$$M_b = \frac{b_b p_b n}{b} \times \frac{l^2}{8} = \frac{0,5 \times 0,3 \times 1,4 \times 5,29^2}{1,5 \times 8} = 0,49 \text{ tm}.$$

Lực cắt ở gối do tải trọng của bộ hành ở phiến biên của bản mặt cầu tính trên 1m chiều rộng.

$$Q_b = \frac{b_b p_b n}{b} \times \frac{l}{2} = \frac{0,5}{1,5} \times 0,3 \times 1,4 \times \frac{5,29}{2} = 0,38 \text{ t}.$$

Các lực sinh ra trong các phiến của bản mặt cầu được tóm tắt ở bảng 6.1

Bảng 6.1
Mômen và lực cắt trong các phiến lắp ghép của mặt cầu

Tải trọng	Mômen uốn ở giữa nhịp (tm)		Lực cắt ở gối (t)	
	Phiến giữa	Phiến biên	Phiến giữa	Phiến biên
Tĩnh tải	4,23	4,84	3,20	3,66
Ô tô H18	14,19	10,93*	13,09	10,10*
Bộ hành	-	0,49	-	0,38
Xe bánh HK80	13,51	13,51	12,40	12,40
Tĩnh tải + H18 + bộ hành	18,42	16,26	16,29	14,14
Tĩnh tải + HK80	17,64	18,35	15,60	16,06

* Mômen và lực cắt do tải trọng ô tô được xác định tỷ lệ theo tải trọng tĩnh toán tác dụng ở các phiến biên.

$$P_{\text{biên}} = 0,813 \frac{P_a}{2}$$

Các trị số tính toán sẽ là $M = 18,42 \text{ tm}$ và $Q = 16,29 \text{ t}$.

Chọn tiết diện các phiến bản mặt cầu

Các phiến bản mặt cầu được tính toán với cường độ uốn ở trạng thái giới hạn đầu tiên.

Cốt thép dùng lưới thép hàn bằng thép tiết diện có gờ loại CT5 với $R_a = 2100 \text{ kg/cm}^2$, đường kính 22mm, $d_1 = 2,4 \text{ cm}$, $f = 3,8 \text{ cm}^2$. Bê tông mác 200 có $R_c = 97 \text{ kg/cm}^2$.

Lớp bê tông bảo hộ $\delta = 2 \text{ cm}$, do đó:

$$a = \delta + \frac{d_1}{2} = 2 + \frac{2,4}{2} = 3,2 \text{ cm}$$

$$h_o = h - a = 29 - 3,2 = 25,8 \text{ cm}.$$

Cốt thép cấu tạo trong vùng chịu nén của bê tông không tính.

$$A_o = \frac{M}{b h_o^2 R_u} = \frac{18,42}{100 \times 25,8^2 \times 97} = 0,286$$

Tra bảng được $\alpha = 0,345$ và tiết diện cốt thép cần thiết là:

$$F_a = \alpha b h_o \frac{R_u}{R_a} = 0,345 \times 100 \times 25,8 \times \frac{97}{2100} = 42,7 \text{ cm}^2.$$

Trên 1m chiều rộng của phiến bê tông mặt cầu lấy 11 thanh $\Phi 22\text{mm}$ với $F_a = 3,8 \times 11 = 41,8 \text{ cm}^2$ (nhỏ hơn lượng cốt thép tính toán là 2%, cho phép).

Cốt thép cấu tạo lấy $4\Phi 8\text{mm}$ trên 1m dài.

Kiểm tra điều kiện:

$$2a' < x < 0,55 h_o.$$

$$\text{Ta có: } 2a' = 2 \left(2 + \frac{1,4}{2} \right) = 5,4 \text{ cm.}$$

Trong đó:

1,4 cm - đường kính dự kiến của cốt thép phía trên

$$x = \alpha h_o = 0,345 \times 25,8 = 8,9 \text{ cm}$$

$$0,55h_o = 0,55 \times 25,8 = 14,7 \text{ cm}$$

$$5,4 < 8,9 < 14,7$$

(Điều kiện trên đây được bảo đảm).

Xét đến sự cần thiết phải vận chuyển các phiến bê tông lắp ghép nên khi xác định tiết diện của cốt thép phía trên phải lấy hệ số động $k = 1,2$.

$$M_o = n k q_o \frac{l^2}{8} = 1,2 \times 1,2 \times 0,725 \times \frac{5,29^2}{8} = 3,65 \text{ tm.}$$

Dùng cốt thép có gờ $\Phi 12\text{mm}$, $d_1 = 1,35 \text{ cm}$, $f = 1,13 \text{ cm}^2$.

$$h_o = h - \delta - \frac{d_1}{2} = 29,0 - 2,0 - \frac{1,35}{2} = 26,32 \text{ cm.}$$

$$A_o = \frac{M_o}{b h_o^2 R_u} = \frac{365000}{100 \times 26,32^2 \times 97} = 0,0545.$$

Tra bảng được $\alpha = 0,0565$ và tiết diện cốt thép sẽ là:

$$F'_a = \alpha b h_o \frac{R_u}{R_a} = 0,0565 \times 100 \times 26,32 \times \frac{97}{2100} = 6,86 \text{ cm}^2$$

Lấy 6 $\Phi 12 \text{ mm}$ tiết diện có gờ với $F'_a = 1,13 \times 6 = 6,78 \text{ cm}^2$.

Cốt thép cấu tạo lấy thép CT₃ số lượng 4 thanh $\Phi 8\text{mm}$ trên 1m dài.

Tính cường độ do tác dụng của ứng suất chính:

$$\sigma_{\text{chính}} = \frac{Q}{b \cdot Z} \leq R_{\text{chính}}$$

Trong đó:
 $Q = 16290 \text{ kg}$ - lực cắt do tải trọng tính toán;

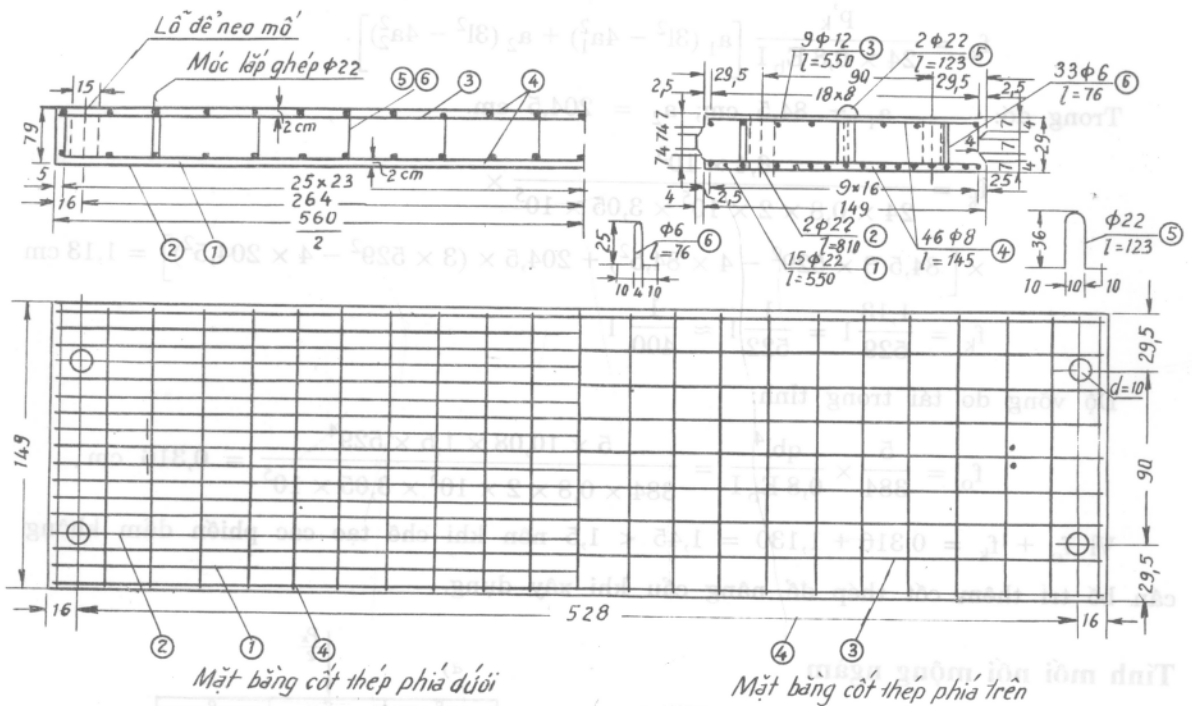
$Q = 16290 \text{ kg}$ - lực cắt do tải trọng tính toán;

$b = 100 \text{ cm}$ - chiều rộng tính toán của phiến bê tông;

$$Z = h_0 - \frac{x}{2} = 25,8 - \frac{8,5}{2} = 21,55 \text{ cm} - \text{cánh tay đòn của nội ngẫu lực.}$$

Ta có: $\frac{16290}{100 \times 21,55} = 7,55 < 9,0 \text{ kg/cm}^2$,

do đó không cần cốt thép đai và cốt thép xiên. Trên hình 6.5 là chi tiết việc bố trí cốt thép cho một phiên bê tông lắp ghép.



Hình 6.5

Bố trí cốt thép của một phiến mặt cầu ở giữa

Kiểm tra độ võng do hoạt tải

a. Do tải trọng tĩnh của bánh sau ô tô vượt tải ở vị trí bất lợi:

$$p'_a = 1,054 \frac{p_a}{2} = 1,054 \times \frac{12}{2} = 6,32 \text{ t}$$

$$f_a = \frac{p'_a a}{24 \times 0,8 E_b I} (3l^2 - 4a^2)$$

Trong đó:

$$a = 184,5 \text{ cm},$$

$$E_b = 0,8 \times 2 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2,$$

$$I = \frac{bh^3}{12} = \frac{150 \times 29^3}{12} = 3,05 \times 10^5 \text{ cm}^4 \text{ không tính cốt thép};$$

$$f_a = \frac{6,32 \times 10^3 \times 184,5}{24 \times 0,8 \times 2 \times 10^5 \times 3,05 \times 10^5} (3 \times 529^2 - 4 \times 184,5^2) = 0,70 \text{ cm};$$

$$f_a = \frac{0,70}{5,29} l = \frac{1}{755} l < \frac{1}{400} l.$$

b. Do áp lực của tải trọng bánh xe tính trên một phiên dầm:

$$p'_k = 0,64 \frac{p_k}{2} = 0,64 \times \frac{20}{2} = 6,4 \text{ t};$$

$$f_k = \frac{p'_k}{24 \times 0,8 E_b I} \left[a_1 (3l^2 - 4a_1^2) + a_2 (3l^2 - 4a_2^2) \right].$$

Trong đó: $a_1 = 84,5 \text{ cm}; a_2 = 204,5 \text{ cm}.$

$$f_k = \frac{6,4 \times 10^3}{24 \times 0,8 \times 2 \times 10^5 \times 3,05 \times 10^5} \times \\ \times \left[84,5 (3 \times 529^2 - 4 \times 84,5^2) + 204,5 \times (3 \times 529^2 - 4 \times 204,5^2) \right] = 1,13 \text{ cm}$$

$$f_k = \frac{1,13}{5,29} l = \frac{1}{522} l \approx \frac{1}{400} l$$

Độ võng do tải trọng tĩnh:

$$f_0 = \frac{5}{384} \times \frac{qbl^4}{0,8 E_b I} = \frac{5 \times 10,08 \times 1,5 \times 529^4}{384 \times 0,8 \times 2 \times 10^5 \times 3,05 \times 10^5} = 0,316 \text{ cm}.$$

Vì $f_0 + f_k = 0,316 + 1,130 = 1,45 < 1,5$ nên khi chế tạo các phiên dầm không cần bố trí thêm cốt thép để nâng cầu khi xây dựng.

Tính mối nối móng ngầm

Kích thước của diện tích truyền tải trọng từ bánh xe HK80 lên tấm khi bánh xe ở vị trí bất lợi nhất (hình 6.6):

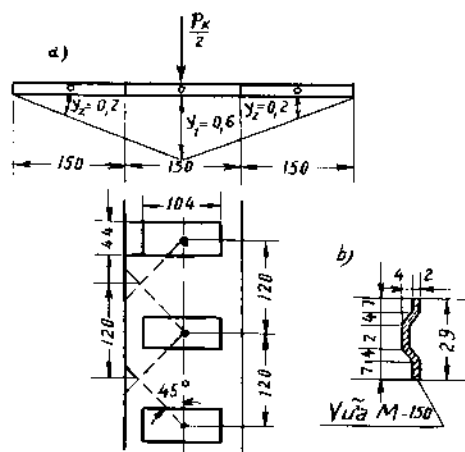
$$a = 20 + 2 \times 12 = 44 \text{ cm}$$

$$b = 80 + 2 \times 12 = 104 \text{ cm}.$$

Tải trọng từ một bánh xe truyền trên phiên dầm không chịu tải là:

$$p'_k = \frac{np_k}{2} y_2 = \frac{1,1 \times 20}{2} 0,2 = 2,2 \text{ m}.$$

Tải trọng này truyền qua mối nối ngầm trên một chiều dài $\lambda = 120 \text{ cm}$ bằng khoảng cách giữa các trục tải trọng.



Hình 6.6. Sơ đồ tính toán mối nối ngầm

a. Tác dụng tải trọng HK 80

b. Mặt cắt ngang mối nối ngầm

Ứng suất tiếp trong tiết diện giữa của ngàm có chiều cao $\delta = 7 + 4 = 11\text{cm}$:

$$\sigma = \frac{P'_k}{\delta \lambda} = \frac{2200}{11 \times 120} = 1,67 < 21 \text{ kg/cm}^2.$$

Ứng suất nén của vữa mác 150 trong mỗi nối ngàm khi chiều rộng của ngàm $\gamma = 4 \text{ cm}$:

$$\sigma = \frac{P'_k}{\gamma \lambda} = \frac{2200}{4 \times 120} = 4,6 < 57 \text{ kg/cm}^2.$$

6.2. TÍNH MỐ NHẹ

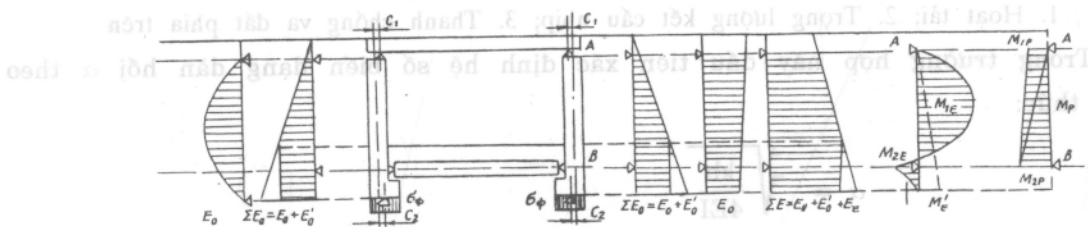
Đặc điểm của cầu bản mố nhẹ của Slovinski là sự thay đổi hình học của nó. Sự ổn định của cầu loại này được đảm bảo bằng cách ngàm chặt từng mố vào đất của nền đắp có xét đến biến dạng đàn hồi và biến dạng dẻo của đất đáy móng dẫn đến sự thay đổi cơ bản điều kiện làm việc của mố so với mố của cầu thông thường.

Sự làm việc của kết cấu khi tải trọng tác dụng ở một bên là trường hợp bất lợi nhất.

Từ sơ đồ (hình 6.7) ta thấy các áp lực ngang của đất $\sum E_0$ cân bằng nhau, còn tải trọng ngang không được cân bằng là lực ngang E_B do hoạt tải gây ra.

Lực này truyền qua kết cấu nhịp và các thanh chống sinh ra áp lực ngang trên đất của nền đắp được xem như phân bố theo hình parabol. Trị số của áp lực ngang E_a này được xác định là trị số của áp lực ngang truyền qua kết cấu nhịp với giả thiết có sự quay của mố nhẹ xung quanh đáy móng.

Trong mố phía nền đắp chịu tác dụng của hoạt tải, dưới tác dụng của áp lực ngang $\sum E$ xuất hiện mômen uốn M_{1E} . Áp lực của nền đắp của phần mố dưới tim của thanh chống là tải trọng ảnh hưởng đến trị số của mômen uốn ở gối M_{2E} . Độ lệch tâm của gối đỡ kết cấu nhịp (C_1) và độ lệch tâm của đáy móng (C_2) so với đường tim mố làm xuất hiện các mômen uốn M_p trong đầu trên và đầu dưới của mố, ngược dấu với mômen do các lực nằm ngang gây ra M_{1E} (C_1 và C_2 xem hình 6.7).



Hình 6.7

Sơ đồ làm việc của mố cầu khi tải trọng tác dụng ở một bên

Trị số của M_p tại tiết diện giữa của tường mố nhẹ là:

$$M_p = 0,5(C_1 \sum P + C_2 \sum R).$$

Trong đó:

$\sum_P$ - Tổng các lực thẳng đứng truyền qua gối của kết cấu nhịp;

$\sum_R$ - Phản lực gối ở đáy móng.

Sơ đồ tính toán thực tế móng như sau:

Sơ bộ xác định kích thước từng móng và xác định các lực tính toán với giả thiết là hoạt tải tác dụng trên lăng trụ trượt và trên kết cấu nhịp.

Tính các lực nằm ngang tác dụng trên tường móng được xem như một tấm bản thẳng đứng liên kết khớp với hai gối là kết cấu nhịp và thanh chống.

Sơ đồ tính toán vẽ ở hình 6.7.

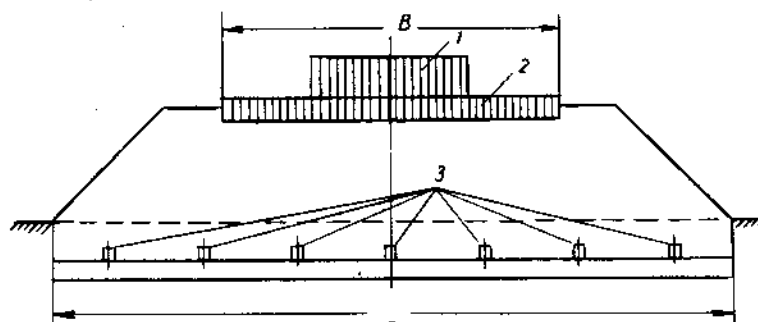
Nếu có bố trí các bản quá độ trên đường vào cầu thì giảm áp lực ngang do hoạt tải gây ra ở tường móng và do đó giảm momen do hoạt tải.

Việc tính ứng suất tổng cộng cần được tiến hành có xét đến tác dụng đồng thời của lực nén thẳng đứng và momen tính toán.

Sau đó cần tính toán tường móng dưới tác dụng của lực thẳng đứng có xét đến uốn trong mặt phẳng của nó như là một dầm trên nền đàn hồi.

Vì hai tường cánh của móng liên kết toàn khối với phần móng ở giữa nên trong tính toán cần lấy toàn bộ chiều dài như ở hình 6.8.

Vì móng là một dầm hẹp và dài nên việc tính toán nó được tiến hành theo hệ số nền.



Hình 6.8. Sơ đồ làm việc của móng theo uốn

1. Hoạt tải; 2. Trọng lượng kết cấu nhịp; 3. Thanh chống và đất phía trên

Trong trường hợp này đầu tiên xác định hệ số biến dạng đàn hồi α theo công thức:

$$\alpha = \sqrt[4]{\frac{kb}{4EI}}$$

Trong đó:

k - Hệ số nền;

b - Chiều rộng của móng;

E - Môđun đàn hồi của vật liệu móng;

I - Mômen quán tính của tiết diện giữa của móng.

Sau đó tính chiều dài của sóng đàn hồi hoặc là hai nửa bước sóng.

$$2L = \frac{2\pi}{\alpha}.$$

Nếu $2L < L_0$, trong đó L_0 - chiều dài thực tế của tường mố thì tiếp tục tính toán theo công thức của dầm dài vô hạn trên nền đàn hồi. Nếu $2L > L_0$ thì tường mố được tính toán như dầm ngắn trên nền đàn hồi và trong trường hợp đó mômen uốn trong tường mố được xác định bằng cách sử dụng các bảng hàm lượng giác hyperbol. Khi tính toán phải xem xét các sơ đồ đặt tải khác nhau: không có hoạt tải, có ô tô, xe xích hoặc xe bánh.

Căn cứ vào mômen uốn tính toán được mà xác định ứng suất trong tiết diện của tường mố khi bị uốn theo mặt phẳng của nó.

Sau đó xác định ứng suất trong các thanh chống phía dưới.

Trong trường hợp cần thiết phải tính toán uốn cục bộ của mố theo mặt phẳng nằm ngang như là một kết cấu liên tục gối trên các thanh chống.

Việc tính toán được kết thúc bằng việc tính ứng suất tổng cộng do tác dụng của các lực thẳng đứng và lực nằm ngang lên tường với các tổ hợp lực tương ứng.

Sau đó thì xác định áp lực lên đất σ_d có xét tới tính đàn hồi của móng và mố.

CÁC PHỤ LỤC

- **PHỤ LỤC 1 (Chương II)**
LƯỢNG MUA NGÀY ÚNG VỚI
TẦN SUẤT THIẾT KẾ
- **PHỤ LỤC 2 (Chương V)**
CÁC HÀM SỐ HYPERBOLIC VÀ
HÀM SỐ LƯỢNG GIÁC DÙNG ĐỂ
TÍNH TOÁN MỔ NHẹ
- **PHỤ LỤC 3 (Chương V)**
CÁC BẢNG DÙNG ĐỂ TÍNH TOÁN
KẾT CẤU CỐNG

Phụ lục 1
LƯỢNG MƯA NGÀY ỨNG VỚI TẦN SUẤT THIẾT KẾ H_p

Tên trạm	H_p ứng với tần suất p %					
	1	2	4	10	28	50
1	2	3	4	5	6	7
Lạng Sơn	285,0	207,0	190,0	164,0	133,5	104,0
Thất Khê	285,5	230,0	205,0	168,5	131,0	130,0
Na Sầm	195,0	174,0	155,0	129,0	102,0	82,0
Hữu Lũng	210,0	188,4	166,0	138,3	111,1	90,1
Diêm He	187,0	168,5	152,0	129,2	105,0	85,0
Phổ Bình Gia	207,5	192,0	178,0	155,0	129,0	105,0
Lộc Bình	214,2	194,0	175,0	150,0	122,8	100,0
Thanh Mội	163,0	154,5	145,0	132,5	115,8	99,0
Cao Bằng	145,0	139,0	133,5	123,0	110,0	95,0
Tà Sa	205,0	188,0	172,5	150,0	125,0	102,0
Tĩnh Túc	296,0	262,0	228,0	184,0	141,0	108,0
Bảo Lạc	165,0	163,6	141,0	123,0	101,0	79,0
Trùng Khánh	261,0	240,5	217,0	188,0	150,5	113,0
Quảng Yên	226,5	207,3	190,0	163,5	135,5	110,5
Hạ Lang	223,5	206,0	196,0	167,0	142,0	120,5
Bắc Cạn	236,0	214,5	193,0	164,5	132,0	103,5
Chợ Đồn	272,0	238,5	226,0	162,0	122,0	93,0
Chợ Mới	215,0	202,0	190,0	170,0	147,0	125,0
Ba Bể	190,0	179,0	157,0	149,5	129,0	107,5
Chợ Rã	197,5	179,5	162,3	140,0	115,5	85,0
Thái Nguyên	418,0	377,0	338,2	280,0	215,0	155,0
Chợ Chu	536,0	437,0	324,0	213,0	133,0	106,6
Võ Nhai	513,3	431,3	344,3	244,0	166,0	126,0
Dại Từ	282,0	260,0	238,0	205,0	164,0	123,0
Phấn Mễ	346,0	322,0	209,2	261,0	218,0	175,0
Sơn La	205,5	181,0	156,2	125,2	95,5	83,0
Vạn Yên	196,0	182,0	166,8	145,0	119,5	94,0
Lai Châu	271,0	249,0	286,0	194,0	157,5	125,0
Phong Thổ	218,0	193,0	185,6	163,6	136,0	111,0
Mường Tè	425,0	368,0	308,0	236,0	170,5	124,0
Sinh Hồ	212,0	199,0	186,8	168,0	146,0	126,0
Điện Biên Phủ	163,0	157,0	150,0	140,0	126,0	111,5
Nghĩa Lộ	303,5	266,0	230,0	181,5	166,5	103,5
Lào Cai	188,0	176,5	163,6	146,0	124,0	102,0
Cốc Sơn	101,5	171,0	160,0	145,0	126,5	110,2
Bắc Hà	142,0	134,5	127,2	115,0	102,0	87,0
Bát Sắt	224,5	223,0	220,0	221,5	192,5	158,5
Cam Đường	160,0	150,4	139,8	126,7	109,5	92,4
Mường Khương	183,0	168,0	153,0	132,0	109,0	88,3

Phụ lục 1 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7
Phố Mới	186,0	178,0	160,0	142,5	121,0	101,3
Sa Pa	407,5	368,0	317,7	274,0	213,3	158,0
Yên Bái	411,0	352,0	289,2	214,0	155,0	122,0
Nà Ri	277,0	487,0	393,0	280,0	176,0	101,0
Tô Hiệu	321,0	288,0	252,8	211,0	161,0	116,0
Bảo Hà	273,0	242,0	214,0	174,0	134,0	100,0
Lục An Châu	300,0	279,6	259,0	226,0	187,0	146,0
Thác Bà	307,0	272,0	238,5	194,0	152,0	119,0
Phù Thọ	421,0	276,5	334,0	272,0	202,5	138,0
Việt Trì	209,0	196,0	181,5	161,0	136,0	110,0
Thanh Ba	234,5	219,5	202,8	176,0	146,5	121,0
La Phổ	211,0	198,5	189,0	167,0	143,5	119,0
Phù Ninh	186,0	178,0	169,8	158,0	-	-
Phú Hộ	214,0	200,5	186,0	145,0	139,0	113,0
Hà Bắc						
An Châu	297,0	268,0	244,0	212,0	173,0	136,0
Việt Yên	299,5	264,0	231,5	186,0	114,0	113,0
Yên Lãng	248,0	227,0	208,0	178,0	143,0	109,6
Chũ	270	234,5	202,0	158,0	112,0	78,0
Từ Sơn	202,0	232,0	204,5	172,0	133,7	102,0
Gia Lương	323,0	295,0	268,0	229,0	183,0	138,0
Bố Hạ	288,0	252,0	205,0	170,0	129,0	99,0
Yên Thế	234,0	209,0	185,0	154,0	124,0	101,0
Lũ Văn	365,0	318,0	255,5	188,0	134,0	108,0
Tân Yên	254,0	225,8	195,0	161,0	126,0	100,0
Bắc Ninh	224,0	205,0	187,8	161,0	133,0	107,0
Phù Lạng Thương	267,0	241,0	219,0	183,0	147,0	117,0
Hoà Bình	274,5	255,5	236,0	210,0	178,5	149,0
Chợ Bò	208,0	198,0	185,0	178,0	152,5	130,0
Lương Sơn	302,0	281,0	262,0	232,0	196,0	164,0
Chi Nê	367,3	326,0	300,0	256,2	-	-
Tân Lạc	378,0	334,0	298,0	236,5	-	-
Suối Rút	313,5	280,5	252,7	204,0	-	-
Hà Nội	316,5	283,0	251,0	205,0	154,1	111,0
Bách Thảo	322,0	290,5	254,0	222,0	175,5	131,0
Công Chính	325,0	286,0	251,0	201,0	157,0	140,0
Thạch Thất	544,5	451,0	350,0	241,5	157,0	121,0
Mỏ Chén	257,0	236,0	210,0	189,5	160,0	135,0
Cổ Đảng	422,0	371,5	321,8	250,5	193,5	152,0
Hà Đông	276,6	251,4	226,0	190,0	149,6	113,0
Chũ	353,0	322,0	282,3	248,0	198,6	152,0
Sơn Tây	346,0	304,0	238,5	195,0	165,0	134,0
Quảng oai	384,0	337,2	289,5	224,0	-	-
Đập Dáy	239,4	215,2	184,0	160,0	129,0	106,0
Hà Giang	264,0	244,0	226,0	196,5	163,0	129,5
Bắc Quang	442,0	410,0	395,3	331,0	277,0	226,0
Vĩnh Tuy	264,5	241,5	216,2	185,0	148,6	117,0
Hoàng Su Phì	370,0	321,0	276,0	211,5	152,0	105,0
Tuyên Quang	378,0	323,0	260,0	192,0	134,0	102,0
Chiêm Hoá	254,0	226,0	197,0	160,0	128,0	105,0
Hàm Yên	203,0	190,0	176,3	159,0	138,2	119,0

Phụ lục 1
LƯỢNG MUA NGÀY ỨNG VỚI TẦN SUẤT THIẾT KẾ H_p

Tên trạm	H_p ứng với tần suất p %					
	1	2	4	10	28	50
1	2	3	4	5	6	7
Lạng Sơn	285,0	207,0	190,0	164,0	133,5	104,0
Thất Khê	285,5	230,0	205,0	168,5	131,0	130,0
Na Sầm	195,0	174,0	155,0	129,0	102,0	82,0
Hữu Lũng	210,0	188,4	166,0	138,3	111,1	90,1
Điểm He	187,0	168,5	152,0	129,2	105,0	85,0
Phố Bình Gia	207,5	192,0	178,0	155,0	129,0	105,0
Lộc Bình	214,2	194,0	175,0	150,0	122,8	100,0
Thanh Mội	163,0	154,5	145,0	132,5	115,8	99,0
Cao Bằng	145,0	139,0	133,5	123,0	110,0	95,0
Tà Sa	205,0	188,0	172,5	150,0	125,0	102,0
Tĩnh Túc	296,0	262,0	228,0	184,0	141,0	108,0
Bảo Lạc	165,0	163,6	141,0	123,0	101,0	79,0
Trùng Khánh	261,0	240,5	217,0	188,0	150,5	113,0
Quảng Yên	226,5	207,3	190,0	163,5	135,5	110,5
Hạ Lang	223,5	206,0	196,0	167,0	142,0	120,5
Bắc Cạn	236,0	214,5	193,0	164,5	132,0	103,5
Chợ Đồn	272,0	238,5	226,0	162,0	122,0	93,0
Chợ Mới	215,0	202,0	190,0	170,0	147,0	125,0
Ba Bể	190,0	179,0	157,0	149,5	129,0	107,5
Chợ Rã	197,5	179,5	162,3	140,0	115,5	85,0
Thái Nguyên	418,0	377,0	338,2	280,0	215,0	155,0
Chợ Chu	536,0	437,0	324,0	213,0	133,0	106,6
Võ Nhai	513,3	431,3	344,3	244,0	166,0	126,0
Đại Từ	282,0	260,0	238,0	205,0	164,0	123,0
Phần Mễ	346,0	322,0	209,2	261,0	218,0	175,0
Sơn La	205,5	181,0	156,2	125,2	95,5	83,0
Vạn Yên	196,0	182,0	166,8	145,0	119,5	94,0
Lai Châu	271,0	249,0	286,0	194,0	157,5	125,0
Phong Thổ	218,0	193,0	185,6	163,6	136,0	111,0
Mường Tè	425,0	368,0	308,0	236,0	170,5	124,0
Sinh Hồ	212,0	199,0	186,8	168,0	146,0	126,0
Điện Biên Phủ	163,0	157,0	150,0	140,0	126,0	111,5
Nghĩa Lộ	303,5	266,0	230,0	181,5	166,5	103,5
Lào Cai	188,0	176,5	163,6	146,0	124,0	102,0
Cốc San	101,5	171,0	160,0	145,0	126,5	110,2
Bắc Hà	142,0	134,5	127,2	115,0	102,0	87,0
Bát Sắt	224,5	223,0	220,0	221,5	192,5	158,5
Cam Đường	160,0	150,4	139,8	126,7	109,5	92,4
Mường Khương	183,0	168,0	153,0	132,0	109,0	88,3

Phụ lục 1 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7
Phố Mới	186,0	178,0	160,0	142,5	121,0	101,3
Sa Pa	407,5	368,0	317,7	274,0	213,3	158,0
Yên Bái	411,0	352,0	289,2	214,0	155,0	122,0
Nà Ri	277,0	487,0	393,0	280,0	176,0	101,0
Tô Hiệu	321,0	288,0	252,8	211,0	161,0	116,0
Bảo Hà	273,0	242,0	214,0	174,0	134,0	100,0
Lục An Châu	300,0	279,6	259,0	226,0	187,0	146,0
Thác Bà	307,0	272,0	238,5	194,0	152,0	119,0
Phú Thọ	421,0	276,5	334,0	272,0	202,5	138,0
Việt Trì	209,0	196,0	181,5	161,0	136,0	110,0
Thanh Ba	234,5	219,5	202,8	176,0	146,5	121,0
La Phổ	211,0	198,5	189,0	167,0	143,5	119,0
Phù Ninh	186,0	178,0	169,8	158,0	-	-
Phú Hộ	214,0	200,5	186,0	145,0	139,0	113,0
Hà Bắc						
An Châu	297,0	268,0	244,0	212,0	173,0	136,0
Việt Yên	299,5	264,0	231,5	186,0	114,0	113,0
Yên Lãng	248,0	227,0	208,0	178,0	143,0	109,6
Chũ	270	234,5	202,0	158,0	112,0	78,0
Tứ sơn	202,0	232,0	204,5	172,0	133,7	102,0
Gia Lương	323,0	295,0	268,0	229,0	183,0	138,0
Bố Hạ	288,0	252,0	205,0	170,0	129,0	99,0
Yên Thế	234,0	209,0	185,0	154,0	124,0	101,0
Lũ Văn	365,0	318,0	255,5	188,0	134,0	108,0
Tân Yên	254,0	225,8	195,0	161,0	126,0	100,0
Bắc Ninh	224,0	205,0	187,8	161,0	133,0	107,0
Phù Lạng Thương	267,0	241,0	219,0	183,0	147,0	117,0
Hoà Bình	274,5	255,5	236,0	210,0	178,5	149,0
Chợ Bờ	208,0	198,0	185,0	178,0	152,5	130,0
Lương Sơn	302,0	281,0	262,0	232,0	196,0	164,0
Chi Nê	367,3	326,0	300,0	256,2	-	-
Tân Lạc	378,0	334,0	298,0	236,5	-	-
Suối Rút	313,5	280,5	252,7	204,0	-	-
Hà Nội	316,5	283,0	251,0	205,0	154,1	111,0
Bách Thảo	322,0	290,5	254,0	222,0	175,5	131,0
Công Chính	325,0	286,0	251,0	201,0	157,0	140,0
Thạch Thất	544,5	451,0	350,0	241,5	157,0	121,0
Mô Chén	257,0	236,0	210,0	189,5	160,0	135,0
Cổ Đằng	422,0	371,5	321,8	250,5	193,5	152,0
Hà Đông	276,6	251,4	226,0	190,0	149,6	113,0
Chũ	353,0	322,0	282,3	248,0	198,6	152,0
Sơn Tây	346,0	304,0	238,5	195,0	165,0	134,0
Quảng oai	384,0	337,2	289,5	224,0		
Đập Dáy	239,4	215,2	184,0	160,0	129,0	106,0
Hà Giang	264,0	244,0	226,0	196,5	163,0	129,5
Bắc Quang	442,0	410,0	395,3	331,0	277,0	226,0
Vĩnh Tuy	264,5	241,5	216,2	185,0	148,6	117,0
Hoàng Su Phì	370,0	321,0	276,0	211,5	152,0	105,0
Tuyên Quang	378,0	323,0	260,0	192,0	134,0	102,0
Chiêm Hoá	254,0	226,0	197,0	160,0	128,0	105,0
Hàm Yên	203,0	190,0	176,3	159,0	138,2	119,0

Phụ lục 1 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7
Na Dồn	251,0	221,0	192,0	151,0	119,2	101,0
Hải Dương	337,0	302,0	262,0	222,5	-	-
Kê Sặt	275,0	255,0	230,0	204,0	168,0	132,0
Ninh Giang	271,0	282,0	233,0	205,0	171,0	138,0
Kinh Môn	269,0	242,0	217,0	180,0	139,5	104,0
Nam Sách	401	352,0	302,5	240,0	180,0	136,0
Kim Thành	242,0	232,0	220,0	203,0	178,5	149,0
Thanh Hà	282,5	237,5	214,0	184,5	151,0	124,2
Phả Lại	262,5	251,5	223,5	185,0	163,5	110,0
Cầm Giang	276,0	254,0	232,0	198,0	158,0	119,0
Hưng yên	310,0	284,0	256,3	220,0	176,0	124,0
Khoái Châu	247,0	227,5	207,5	182,0	154,0	128,0
Kim Động	274,0	246,0	220,0	184,0	145,0	112,0
Phù Cù	260,0	240,0	210,0	185,0	148,4	116,0
Bắc Yên Nhân	236,5	220,0	202,0	178,0	148,0	118,0
Thái Bình	337,0	334,0	289,5	236,0	182,2	145,0
Bến Hiệp	264,0	244,0	222,0	197,0	167,0	136,0
Kiến Xương	321,0	291,0	263,5	227,0	187,0	155,0
Đồng Nhòng	461,0	405,0	350,0	282,0	210,0	156,0
Trà Lĩnh	344,0	316,0	286,5	229,0	204,0	161,0
Phù Địch	204,5	193,5	181,5	166,0	148,0	126,0
Hải Phòng						
Bến Cánh	288,0	260,0	232,0	198,0	158,3	125,0
Ga	359,0	318,0	273,5	228,0	173,6	129,4
Phủ Liễn	517,0	432,4	344,0	242,0	166,0	133,0
Cát Bi	278,0	252,5	229,5	195,0	159,0	128,0
Cát Bà	455,0	388,0	316,0	234,0	171,0	144,0
Quảng Ninh						
Phố ba Chẽ	421,0	383,0	356,0	290,0	228,0	170,0
Đồng Bái	530,0	441,0	340,0	239,0	156,0	112,0
Cầm phả Mỏ	613,0	533,0	458,0	356,0	252,0	172,6
Hồng Gai	445,0	384,0	317,0	246,0	187,0	160,0
Bến Vạn Hoa	533,0	476,0	421,0	342,0	249,5	168,0
Cửa Ông	303,5	291,5	280,0	262,0	235,0	204,5
Mũi Ngọc	408,0	392,5	340,0	292,5	237,5	186,0
Cô Tô	314,0	291,0	268,5	234,0	194,5	154,0
Hà Cối	447,0	415,0	381,0	332,0	274,0	215,0
Móng Cái	420,0	398,0	372,0	334,0	285,5	236,0
Dinh Cáp	398,5	358,0	318,0	260,0	198,0	160,0
Tiên Yên	495,0	440,0	389,0	320,0	217,0	188,5

Phu lục 1 (tiếp theo)

1	2	3	4	5	6	7
Quảng Yên	294,4	267,0	240,0	205,0	165,0	130,0
Mạo Khê	332,0	298,0	266,0	218,0	168,0	123,3
Uông Bí	384,5	341,0	300,0	241,0	190,0	144,0
Nam Định	374,0	328,5	268,5	223,5	189,0	138,3
Vụ Bản	316,0	290,0	234,0	229,0	185,0	144,0
Đại Đồng	386,0	354,0	280,5	278,5	231,0	190,0
Vân Lý	513,0	446,0	326,3	286,0	208,5	153,0
Phủ Lý	336,0	299,0	262,0	221,6	173,0	134,0
Ninh Bình	260,0	241,0	218,0	179,0	166,0	136,0
Gia Viễn	308,0	275,0	242,0	200,0	157,0	124,0
Yên Khánh	354,4	324,0	290,0	255,0	206,0	159,0
Rịa	328,0	278,0	226,0	187,7	149,0	130,0
Nho Quan	308,7	276,0	234,0	202,0	163,0	134,0
Ghềnh	362,0	324,0	275,0	236,0	182,0	138,0
Phát Diệm	573,0	484,0	400,0	317,0	242,0	182,5
Thanh Hoá	487,0	418,0	310,0	260,0	194,0	161,0
Hồi Xuân	398,5	351,0	304,0	244,0	187,0	141,5
Phong Y	288,0	258,0	220,6	190,5	150,0	121,0
Bái Thượng	391,5	340,0	300,0	235,0	169,3	115,6
Du Độ	371,0	342,0	316,0	272,0	224,0	172,0
Yên Mỹ	320,0	307,5	278,0	256,5	217,5	170,0
Lạch Trường	352,0	324,0	296,0	258,0	212,5	170,0
Như Xuân	430,0	387,0	346,0	288,0	227,0	176,5
Cầm Thuý	300,0	358,0	240,0	198,0	152,0	104,0
Nghệ Tĩnh						
Dù	427,5	380,0	340,0	278,0	212,5	165,0
Tương Dương	161,0	151,0	142,0	128,5	112,0	96,5
Tây Hiếu	293,0	270,0	247,5	214,0	193,5	134,0
Đô Lương	184,0	350,0	317,0	269,0	211,0	154,0
Phủ Quý	353,0	324,0	296,0	255,0	205,0	155,0
Kê Bôn	200,0	184,5	170,5	146,0	117,5	88,0
Phủ Nghĩa	270,0	246,0	219,5	189,0	153,0	122,0
Mường Xén	121,5	109,0	94,0	77,7	57,6	39,2
Cửa Rào	162,0	153,0	143,3	131,2	115,0	100,0
Vạn Phần	236,0	220,0	203,0	182,5	157,0	132,5
Sông Con	335,0	310,5	285,0	217,0	202,5	157,0
Nghi Lộc	417,0	383,0	340,0	299,5	240,0	186,5
Vinh	434,0	380,0	312,2	257,5	197,0	155,0
Thanh Sơn	216,0	203,0	187,0	172,0	159,0	128,0
Nghĩa Dân	366,0	334,0	294,0	258,0	203,5	152,5

1	2	3	4	5	6	7
Nam Đàn	348,0	320,0	275,0	256,0	212,0	170,0
Kẻ gỗ	577,0	528,0	482,0	410,0	382,0	262,0
Cầm Trảng	399,0	473,0	344,0	305,0	256,0	208,0
Chu Lễ	670,0	590,0	492,0	390,0	287,0	217,0
Tiên Tri	447,0	401,0	369,0	311,0	218,0	187,0
Kỳ Anh	472,0	433,0	393,0	338,0	272,0	207,0
Hộ Độ	396,0	366,0	338,2	296,5	247,5	200,1
Phổ Châu	355,0	324,5	297,5	254,0	206,0	160,6
Gia Hội	580,0	539,0	498,0	435,0	362,0	290,0
Đồng Hới	367,0	355,0	338,0	316,0	267,0	188,5
La Trùng	356,0	329,0	294,3	264,2	220,0	178,0
Quảng Khê	362,0	333,0	305,0	260,0	608,0	156,7
Huế	800,0	684,0	520,0	410,0	291,0	213,4
Đà Nẵng	345,0	327,0	300,0	273,0	227,0	212,0
Quảng Ngãi	680,0	590,0	478,0	290,0	278,0	190,2
Quy Nhơn	460,0	405,0	384,0	280,0	214,0	163,5
Tuy Hoà	222,0	218,0	212,0	200,5	170,5	107,7
Phan Rang	219,0	200,0	176,0	153,5	125,5	94,0
Phan Thiết	140,0	132,0	120,0	109,0	92,0	75,8
Ban Mê Thuột	166,0	154,0	138,0	124,0	102,0	80,6
Chư Hău Lân	185,0	180,0	159,0	141,0	114,8	90,0
Bình Thành	171,0	161,0	146,0	133,0	111,0	89,0
Plây Cù	200,5	176,3	143,1	121,3	99,8	90,6
Bình Đức	139,0	132,0	121,5	112,0	95,3	76,0
Bảo Lộc	260,0	225,0	179,0	145,0	106,0	79,0
Di Linh	93,2	92,6	92,0	91,5	83,5	69,0
Dại Ngải	222,0	207,0	185,5	166,2	134,0	99,0
Phan Ri Châm	149,0	137,0	122,0	109,0	90,0	71,2
Tác Trung	216,0	193,0	167,0	145,0	116,8	14,6
Bình Lộc	181,0	170,0	154,0	140,0	107,0	92,4
Trảng Bom	233,0	212,6	187,0	164,6	130,0	96,5
An Lộc	228,0	205,0	175,5	153,0	122,0	98,5
Long Thành	183,0	176,0	164,5	154,0	133,0	106,0
Trảng Bom (Đất đỏ)	209,5	187,0	158,8	137,0	110,0	90,0
Hàm Tân	262,0	236,0	205,0	178,0	137,0	93,4
Biên Hoà	187,0	153,0	139,0	125,5	106,0	86,5
Vũng Tàu	208,5	184,0	152,0	128,0	99,5	78,0
Sài Gòn	193,0	171,0	141,0	120,0	97,3	92,8
Sài Gòn (khí tượng)	177,0	169,0	157,0	140,0	123,9	95,5
Vĩnh Bình	150,0	146,0	139,0	133,0	120,0	101,5

1	2	3	4	5	6	7
Mộc Hoá	210,0	192,0	168,0	145,0	105,0	75,4
Tây Ninh	164,0	150,0	143,2	131,8	109,0	71,1
Hàng Gòn	173,0	160,5	143,2	129,0	109,0	90,5
Mỹ Tho	158,0	147,0	132,0	118,0	97,0	75,5
Vĩnh Long	224,0	193,5	151,0	124,0	98,5	88,5
Trục Giang	336,0	278,0	200,0	149,0	98,0	97,0
Cần Thơ	134,5	128,8	120,0	113,0	101,1	90,0
Rạch Giá	282,0	250,0	212,0	181,0	137,0	101,0
Khánh Hưng	234,0	214,0	188,0	174,5	127,0	86,0
Khánh Hưng (khí tượng)	306,2	258,0	232,0	183,0	130,0	104,0
Cồn Sơn	285,0	232,0	204,0	180,0	144,0	101,0
Tân An	145,0	139,0	129,0	120,0	103,0	82,0
Châu Đốc	109,0	106,0	102,0	97,6	88,2	87,6
Đà Lạt	188,0	170,0	148,0	130,0	105,0	82,0
Gò Công	222,0	200,0	170,0	146,0	113,0	85,0
Xuân Lộc	156,8	154,0	149,0	140,8	120,0	87,5
Sa Đéc	162,5	147,0	128,0	113,0	92,5	76,0
An Lạc	128,0	118,3	105,0	95,0	83,0	74,0
Cần Lâm	226,0	217,0	213,0	194,0	176,0	154,0
Dầu Giầy	225,5	206,0	180,3	159,0	130,0	104,0
Phước Quốc	222,0	213,0	200,0	188,0	183,0	132,0
Hoàng Sa	595,0	507,0	270,0	276,0	-	162,0

Phụ lục 2

CÁC HÀM SỐ HYPERBOLIC VÀ HÀM SỐ LƯỢNG GIÁC ĐỂ TÍNH TOÁN MÔ NHẸ

α_x	A_x	B_x	C_x	D_x
1	2	3	4	5
0	1,000	0	0	0
0,001	1,000	0,00100	0	0
0,002	1,000	0,00200	0	0
0,003	1,000	0,00300	0,000005	0
0,004	1,000	0,00400	0,00001	0
0,005	1,000	0,00500	0,000015	0
0,006	1,000	0,00600	0,000020	0
0,007	1,000	0,00700	0,000025	0
0,008	1,000	0,00800	0,00003	0
0,009	1,000	0,00900	0,00004	0
0,010	1,000	0,01000	0,00005	0
0,015	1,000	0,01500	0,000115	0
0,020	1,000	0,02000	0,00020	0
0,030	1,000	0,03000	0,00045	0
0,040	1,000	0,04000	0,00080	0,00015
0,050	1,000	0,0500	0,00125	0,00002
0,060	1,000	0,0600	0,00180	0,00004
0,070	1,000	0,0700	0,00245	0,00006
0,080	1,000	0,0800	0,0032	0,00009
0,090	1,000	0,08995	0,00405	0,00012
0,10	1,000	0,1000	0,0050	0,00017
0,11	1,000	0,1100	0,00605	0,00022
0,12	1,000	0,1200	0,0072	0,00029
0,13	1,000	0,1300	0,00845	0,00035
0,14	0,9999	0,1400	0,0098	0,00045
0,15	0,9999	0,1500	0,01125	0,00055
0,16	0,9999	0,1600	0,0128	0,00068
0,17	0,9999	0,1700	0,01445	0,0008
0,18	0,9998	0,17995	0,0162	0,00098
0,19	0,9998	0,1900	0,0185	0,00115
0,20	0,9997	0,2000	0,0200	0,00135
0,21	0,9996	0,2100	0,02205	0,00155
0,22	0,9995	0,21995	0,0242	0,00178
0,23	0,9994	0,22995	0,02645	0,00203
0,24	0,9993	0,02400	0,0288	0,0023
0,25	0,9992	0,2500	0,03125	0,0026
0,26	0,9991	0,25995	0,0338	0,00293

1	2	3	4	5
0,27	0,9990	0,26995	0,03645	0,00327
0,28	0,9989	0,27995	0,0392	0,00367
0,29	0,9988	0,28995	0,04205	0,00408
0,30	0,9987	0,2999	0,0450	0,0045
0,31	0,9984	0,3099	0,04805	0,00495
0,32	0,9983	0,3100	0,0512	0,00545
0,33	0,9980	0,32985	0,05445	0,0060
0,34	0,9978	0,33985	0,0578	0,0066
0,35	0,9975	0,3498	0,06125	0,00715
0,36	0,9972	0,3593	0,0648	0,00775
0,37	0,9968	0,3698	0,06845	0,00845
0,38	0,9965	0,3797	0,0722	0,00915
0,39	0,9961	0,3897	0,07605	0,0099
0,40	0,9957	0,39965	0,0800	0,0107
0,41	0,9953	0,4096	0,0840	0,0115
0,42	0,9948	0,08815	0,01235	0,01235
0,43	0,9943	0,4295	0,0924	0,01325
0,44	0,9938	0,43945	0,09675	0,0142
0,45	0,9932	0,1494	0,1012	0,01525
0,46	0,9925	0,45935	0,10575	0,0162
0,47	0,9919	0,4692	0,1104	0,0173
0,48	0,9912	0,4791	0,11515	0,0184
0,49	0,9904	0,48905	0,11995	0,0196
0,50	0,9895	0,49895	0,1249	0,0208
0,51	0,9887	0,50885	0,12995	0,0221
0,52	0,9878	0,51875	0,1351	0,0234
0,53	0,9869	0,5286	0,14035	0,0248
0,54	0,9858	0,53845	0,14565	0,0262
0,55	0,9848	0,54835	0,1511	0,0277
0,56	0,9836	0,5582	0,15665	0,02925
0,57	0,9824	0,5680	0,16225	0,03085
0,58	0,9811	0,5778	0,1680	0,0325
0,59	0,9788	0,5876	0,1738	0,0342
0,60	0,9784	0,59745	0,17975	0,0360
0,61	0,9769	0,6072	0,18575	0,0378
0,62	0,9751	0,61695	0,1919	0,0397
0,63	0,9736	0,6267	0,1981	0,04165
0,64	0,9720	0,6364	0,2044	0,04365
0,65	0,9703	0,64615	0,21085	0,0457
0,66	0,9684	0,65585	0,21735	0,0479

1	2	3	4	5
0,67	0,9664	0,6655	0,22395	0,0501
0,68	0,9644	0,67515	0,23065	0,0524
0,69	9,9622	0,6838	0,23745	0,0547
0,70	9,9600	0,6944	0,24435	0,0571
0,71	0,8577	0,7095	0,25135	0,0596
0,72	0,9552	0,71355	0,2584	0,0621
0,73	0,9527	0,7231	0,2656	0,06475
0,74	0,9501	0,7326	0,2729	0,06745
0,75	0,9473	0,7421	9,28025	0,0702
0,76	0,9444	0,75155	0,29775	0,0730
0,77	0,9415	0,7610	0,2953	0,07595
0,78	0,9384	0,7704	0,30295	0,7895
0,79	0,9351	0,77975	0,3107	0,0820
0,80	0,9318	0,7891	0,31855	0,08515
0,81	0,9283	0,7984	0,3265	0,0884
0,82	0,9247	0,8077	0,3345	0,0917
0,83	0,9210	0,81688	0,34265	0,0951
0,84	0,9171	0,8261	0,35085	0,09855
0,85	0,9131	0,8552	0,35915	0,1021
0,86	0,9090	0,84435	0,36755	0,10173
0,87	0,9046	0,8534	0,37605	0,10145
0,88	0,9002	0,8624	0,3846	0,11325
0,89	0,8950	0,8714	0,3933	0,11715
0,90	0,8931	0,88035	0,40205	0,12113
0,91	0,8859	0,88925	0,4109	0,1252
0,92	0,8808	0,89805	0,41985	0,12933
0,93	0,8755	0,90685	0,42885	0,1336
0,94	0,8701	0,91555	0,43795	0,13793
0,95	0,8645	0,9242	0,44715	0,14235
0,96	0,8587	0,93285	0,45645	0,1469
0,97	0,8527	0,94145	0,46585	0,1515
0,98	0,8466	0,8499	0,4753	0,1562
0,99	0,8403	0,95355	0,48485	0,1586
1,00	0,8337	0,96675	0,49445	0,1659
1,01	0,8270	0,9750	0,50415	0,17085
1,02	0,8200	0,98325	0,51395	0,1760
1,03	0,8129	0,9914	0,5238	0,18115
1,04	0,8056	0,9995	0,53375	0,18645
1,05	0,7980	1,00755	0,5438	0,1918

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
106	0,7902	101545	0,55395	0,1973
107	0,7822	10233	0,5641	0,2029
108	0,7740	10311	0,5744	0,2086
109	0,7655	10328	0,58475	0,2144
110	0,7568	104645	0,59515	0,2203
111	0,7479	105395	0,60565	0,2263
112	0,7387	10613	0,61625	0,23235
113	0,7293	10687	0,6269	0,2386
114	0,7196	107595	0,6376	0,2449
115	0,7097	10831	0,6484	0,25135
116	0,6995	109015	0,6593	0,2579
117	0,6891	10971	0,6702	0,26455
118	0,6784	110395	0,68125	0,2713
119	0,6674	111065	0,6923	0,2782
120	0,6561	11173	0,70345	0,28515
121	0,6446	11238	0,71465	0,29225
122	0,6327	11306	0,7259	0,29965
123	0,6206	113645	0,73725	0,3068
124	0,6082	11426	0,74865	0,3142
125	0,5955	11486	0,7601	0,32175
126	0,5824	11545	0,7716	0,3294
127	0,5691	11602	0,7832	0,3372
128	0,5555	11659	0,7948	0,34605
129	0,5415	117135	0,8065	0,3531
130	0,5272	11767	0,81825	0,3612
131	0,5126	11819	0,83005	0,36945
132	0,4977	11870	0,8419	0,3778
133	0,4824	119185	0,8538	0,3863
134	0,4668	11966	0,8657	0,39485
135	0,4058	12012	0,8777	0,4036
136	0,4335	120565	0,83975	0,4124
137	0,4178	120985	0,9018	0,4214
138	0,4008	121395	0,91395	0,4305
139	0,3834	12179	0,9261	0,43965
140	0,3556	122165	0,9383	0,4490
141	0,3474	12252	0,95055	0,45845
142	0,3289	12286	0,9628	0,4680
143	0,3099	123175	0,9751	0,4777
144	0,2907	123335	0,98745	0,4882
145	0,2710	123755	0,9998	0,4974

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
146	0,2509	12402	1,0122	0,5075
147	0,2304	12426	1,0246	0,51765
148	0,2095	12448	1,03705	0,5280
149	0,1882	12468	1,0495	0,5384
150	0,1664	124855	1,06195	0,5490
151	0,1442	12501	1,07445	0,55965
152	0,1216	125145	1,0870	0,5705
153	0,0986	12526	1,0995	0,5814
154	0,0751	12534	1,11205	0,59245
155	0,0512	125405	1,12455	0,6036
156	0,0268	125445	1,1371	0,6149
157	0,0020	12546	1,14965	0,6264
157	1,571	12546	1,15065	0,6273
158	-0,0233	12545	1,1622	0,63795
159	-0,0490	125415	1,17475	0,6496
160	-0,0753	12535	1,18725	0,66145
161	-0,1020	12526	1,1998	0,67335
162	-0,1291	125145	1,21235	0,6854
163	-0,1568	125005	1,22485	0,6976
164	-0,1849	124835	1,23735	0,7099
165	-0,2136	124635	1,2498	0,7214
166	-0,2427	124405	1,26255	0,7349
167	-0,2724	12415	1,2747	0,7476
168	-0,3025	12386	1,2871	0,7604
169	-0,3332	12354	1,29945	0,77335
170	-0,3644	12319	1,3118	0,7864
171	-0,3961	122815	1,3241	0,7996
172	-0,4284	12240	1,33635	0,8129
173	-0,4612	121955	1,34855	0,8263
174	-0,4945	12148	1,36075	0,83985
175	-0,5284	120965	1,37285	0,8535
176	-0,5628	12042	1,38495	0,8673
177	-0,5977	11984	1,29695	0,8812
178	-0,6333	11923	1,4089	0,89525
179	-0,6694	11857	1,4208	0,9094
180	-0,7060	117885	1,4326	0,9237
181	-0,7433	11716	1,4435	0,93805
182	-0,7811	11640	1,45605	0,95255
183	-0,8195	11560	1,46765	0,96715
184	-0,8584	11476	1,47915	0,9819

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
1,85	-0,8980	1,13885	1,4906	0,9968
1,86	-0,9382	1,12965	1,5019	1,0117
1,87	-0,9790	1,2005	1,5132	1,0268
1,88	-0,0203	1,11005	1,52435	1,0420
1,89	-1,0623	1,09965	1,5354	1,0573
1,90	-1,1019	1,0888	1,54635	1,0727
1,91	-1,481	1,0775	1,55715	1,0882
1,92	-1,1920	1,06585	1,5679	1,1038
1,93	-1,2364	1,05375	1,5785	1,1196
1,94	-1,2815	1,0411	1,5895	1,1354
1,95	-1,3237	1,0081	1,5993	1,15135
1,96	-1,3737	1,01455	1,6095	1,1674
1,97	-1,4207	1,00065	1,6196	1,1835
1,98	-1,4683	0,98615	1,62955	1,1998
1,99	-1,5167	0,97125	1,6393	1,2161
2,00	-1,5656	0,95575	1,64895	1,2325
2,01	-1,6153	0,9399	1,6584	1,2421
2,02	-1,6656	0,9235	1,66775	1,26575
2,03	-1,7165	0,9066	1,6769	1,28245
2,04	-1,7682	0,88915	1,6859	1,2993
2,05	-1,8205	0,87125	1,69465	1,3462
2,06	-1,8734	0,85277	1,7033	1,33315
2,07	-1,9271	0,83375	1,7117	1,3502
2,08	-2,9715	0,8142	1,71995	1,3674
2,09	-2,0365	0,7939	1,7280	1,3845
2,10	-2,0923	0,7735	1,73585	1,40195
2,11	-2,1487	0,7523	1,7435	1,41935
2,12	-2,2058	0,73055	1,7509	1,4368
2,13	-2,2636	0,70815	1,7581	1,4544
2,14	-2,3221	0,68525	1,76505	1,4720
2,15	-2,3814	0,66175	1,7718	1,4897
2,16	-2,4413	0,6376	1,7783	1,5074
2,17	-2,5020	0,6129	1,78455	1,52525
2,18	-2,5633	0,5876	1,79055	1,5431
2,19	-2,6354	0,5616	1,7963	1,56105
2,20	-2,6882	0,5351	1,8018	1,5705
2,21	-2,7517	0,50785	1,8070	1,5971
2,22	-2,8160	0,48005	1,81195	1,6152
2,23	-2,8810	0,44155	1,8166	1,6333
2,24	-2,9470	0,4224	1,82095	1,6515

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
2,25	-3,0130	0,3926	1,82505	1,66975
2,26	-3,0802	0,3621	1,8288	1,6880
2,27	-3,1481	0,3310	1,83225	1,7063
2,28	-3,2167	0,2992	1,83545	1,72465
2,29	-3,2861	0,26665	1,83825	1,7430
2,30	-3,3562	0,23345	1,84075	1,7614
2,31	-3,4270	0,19955	1,84295	1,7798
2,32	-3,4986	0,16485	1,84475	1,7983
2,33	-3,5709	0,12955	1,8462	1,8167
2,34	-3,6439	0,0935	1,8478	1,8352
2,35	-3,7177	0,05668	1,8481	1,85365
2,36	-3,7922	0,0191	1,84845	1,84845
2,37	-3,8675	0,01915	1,8485	1,8906
2,38	-4,9434	-0,05825	1,84805	1,9091
2,39	-4,0202	-0,09805	1,8473	1,9276
2,40	-4,0076	-0,01386	1,8461	1,94605
2,41	-4,4759	-0,017995	1,84455	1,9645
2,42	-4,2548	-0,2221	1,8425	1,98215
2,43	-4,3345	-0,2651	1,8401	2,00135
2,44	-4,4149	-0,30885	1,83725	2,0198
2,45	-4,4961	-0,3534	1,8339	2,0181
2,46	-4,5780	-0,39875	1,83015	2,0154
2,47	-4,6606	-0,44495	1,8259	2,0747
2,48	-4,7440	-0,4920	1,82125	2,09295
2,49	-4,8280	-0,53985	1,81605	2,1111
2,50	-4,9128	-0,5885	1,81045	2,12925
2,51	-4,9984	-0,6381	1,8043	2,14735
2,52	-5,0846	-0,6885	1,79765	2,16535
2,53	-5,1716	-0,7398	1,79055	2,1833
2,54	-5,2693	-0,79195	1,7829	2,2012
2,55	-5,3477	-0,8450	1,7747	2,21895
2,56	-5,4368	-0,8989	1,7660	2,23665
2,57	-5,5266	-0,95375	1,7567	2,2543
2,58	-5,6171	-1,00945	1,7469	2,2718
2,59	-5,7084	-1,0661	1,7365	2,2892
2,60	-5,8003	-1,1236	1,72555	2,3065
2,61	-5,8929	-1,18205	1,71405	2,3237
2,62	-5,9862	-1,2415	1,7019	2,3408
2,63	-6,0802	-1,3018	1,6892	2,35775
2,64	-6,1748	-1,36305	1,6759	2,3746

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
2.65	-6.2701	-14253	166195	2.39125
2.66	-6.3661	-148845	166735	2.4078
2.67	-6.4627	-155265	16322	2.4242
2.68	-6.5600	-16177	16163	2.44045
2.69	-6.6580	-16838	16027	2.45655
2.70	-6.7565	-17509	158255	2.47245
2.71	-6.8557	-181895	15648	2.4882
2.72	-6.9556	-188805	154625	2.5037
2.73	-7.0561	-195805	152705	2.5191
2.74	-7.1571	-2.02915	15071	2.5343
2.75	-7.2588	-2.10121	148645	2.54925
2.76	-7.3617	-2.1743	146505	2.5640
2.77	-7.4639	-2.2484	144295	2.57855
2.78	-7.5674	-2.3236	142201	2.59285
2.79	-7.6713	-2.2998	139645	2.60695
2.80	-7.7759	-2.4770	13721	2.6208
2.81	-7.8810	-2.5553	134695	2.6344
2.82	-7.9867	-2.63465	13210	2.6477
2.83	-8.0928	-2.71505	129425	2.6608
2.84	-8.1995	-2.7965	12667	2.6736
2.85	-8.30671	-2.8790	12383	2.68615
2.86	-8.4144	-2.96265	12091	2.6984
2.87	-8.5226	-3.0473	117905	2.7103
2.88	-8.6312	-3.1331	114815	2.72195
2.89	-8.7403	-3.21995	11164	2.7333
2.90	8.8471	-3.3079	108375	2.7443
2.91	-8.9599	-3.3969	105025	2.75495
2.92	-9.0703	-3.48715	10158	2.7653
2.93	-9.1811	-3.57835	0.98045	2.7753
2.94	-9.2923	-3.6707	0.94425	2.7849
2.95	-9.4039	-3.7642	0.90705	2.79415
2.96	-9.5158	-3.8588	0.86895	2.80305
2.97	-9.6281	-3.9545	0.82985	2.8115
2.98	-9.7407	-4.05135	0.78985	2.8196
2.99	-9.8537	-4.1493	-0.74885	2.8273
3.00	-9.9669	-4.24845	0.70685	2.8346
3.01	-10.0804	-4.34865	0.66385	2.8414
3.02	-10.1942	-4.45005	0.61985	2.8479
3.03	-10.3083	-4.55255	0.57485	2.8538
3.04	-10.4225	-4.6562	0.52885	2.85935

1	2	3	4	5
3,05	-10,5370	-4,7610	0,4817	2,86442
3,06	-10,6517	-4,86695	0,4336	2,8690
3,07	-10,7665	-4,97405	0,3844	2,7731
3,08	-10,8815	-5,6823	0,3341	2,87665
3,09	-10,9966	-5,19165	0,28275	2,8790
3,10	-11,1119	-5,3025	0,2303	2,8825
3,11	-11,2272	-5,4139	0,1767	2,83435
3,12	-11,3426	-5,5268	0,1220	2,88585
3,13	-11,4581	-5,64075	0,06615	2,8868
3,14	-11,5736	-5,75595	0,00915	2,8872
3,15	-11,6890	-5,8722	-0,09895	2,08695
3,16	-11,8045	5,98975	-0,1083	2,8862
3,17	-11,9199	-6,10835	-0,16875	2,8848
3,18	-12,0353	-6,2281	-0,23045	2,8828
3,19	-12,1505	-6,34905	-0,29335	2,8802
3,20	-12,2656	-6,47105	-0,3574	2,8796
3,21	-12,3807	-6,5943	-0,4227	2,87305
3,22	-12,4955	-6,71875	-0,48935	2,8685
3,23	-12,602	-6,8442	-0,5571	2,86325
3,24	-12,7246	-6,97095	-0,6562	2,8573
2,25	-12,8387	-7,0988	-0,6966	2,8107
3,26	-12,9256	-7,2277	-0,76815	2,81434
3,27	-13,0662	-7,3578	-0,8411	2,8354
3,28	-13,1794	-7,48905	-0,9155	2,8266
3,29	-13,2923	-7,62135	-0,99080	2,8171
3,30	-13,4048	-7,7519	-1,0678	2,80675
3,31	-13,5188	-7,88915	-1,14595	2,7957
3,32	-13,6284	-8,0252	-1,22555	2,78385
3,33	-13,7395	-8,16095	-1,30645	2,7712
3,34	-13,8501	-8,3000	-1,3888	2,7577
3,35	-13,9602	-8,4390	-1,4725	2,7434
3,36	-14,0696	-8,5792	-1,55765	2,7282
3,37	-14,1784	-8,72045	-1,6441	2,7122
3,38	-14,2866	-8,8628	-1,73205	2,69535
3,39	-14,3940	-9,0062	-1,82135	2,6776
3,40	-14,5008	-9,15005	-1,9121	2,6589
3,41	-14,6067	-9,2962	-2,0044	2,6393
3,42	-14,7119	-9,4027	-2,0980	2,61885
3,43	-14,8162	-9,59045	-2,19325	2,5974
3,44	-14,9197	-9,73915	-2,2899	2,5750

1	2	3	4	5
3,45	-15,0222	-9,8888	-2,3880	2,5516
3,46	-15,1238	-10,03955	-2,4876	2,5272
3,47	-15,2244	-10,1913	-2,58885	2,5018
3,48	-15,3239	-10,4405	-2,6915	2,4754
3,49	-15,4224	-10,49775	-2,7957	2,4480
3,50	-15,5198	-10,65245	-2,9014	2,4195
3,51	-15,6159	-10,8081	-3,00875	2,38995
3,52	-15,7109	-10,9647	-3,1176	2,3593
3,53	-15,8046	-11,1223	-3,2280	2,3276
3,54	-15,8971	-11,28085	-3,34005	2,2948
3,55	-15,9882	-11,4403	-3,4537	2,26075
3,56	-16,0779	-11,6007	-3,5689	2,22565
3,57	-16,1663	-11,76185	-3,68565	2,1894
3,58	-16,2531	-11,9240	-3,8041	2,15195
3,59	-16,3384	-12,08695	-3,92415	2,1133
3,60	-16,4218	-12,25075	-4,04585	2,0735
3,61	-16,5043	-12,4154	-4,1693	2,0324
3,62	-16,5847	-12,5808	-4,2942	1,99005
3,63	-16,6634	-12,7470	-4,4208	1,9465
3,64	-16,7404	-12,91415	-4,5491	1,9017
3,65	-16,8156	-13,08185	-4,6791	1,8555
3,66	-16,8888	-13,2504	-4,81075	1,80805
3,67	-16,9602	-13,4196	-4,9441	1,7593
3,68	-17,0296	-13,5896	-5,07915	1,7092
3,69	-17,0969	-13,6745	-5,2159	1,7006
3,70	-17,1622	-13,9315	-5,35435	1,60485
3,71	-17,2253	-17,10335	-5,4945	1,5506
3,72	-17,2862	-14,2759	-5,6364	1,49495
3,73	-17,3449	-14,4492	-5,78005	1,43790
3,74	-17,4012	-14,62285	-5,9254	1,3793
3,75	-17,4552	-14,79715	-6,0725	1,3194
3,76	-17,5067	-14,97195	-6,22135	1,2579
3,77	-17,5556	-15,14725	-6,37195	1,1949
3,78	-17,6023	-15,32315	-6,5243	1,1305
3,79	-17,6462	-15,4994	-6,6787	1,06445
3,80	-17,6875	-15,67605	-6,8342	0,9969
3,81	-17,7259	-15,8531	-6,99195	0,92775
3,82	-17,7616	-16,0304	-7,1513	0,85705
3,83	-17,7945	-16,2083	-7,31155	0,7847
3,84	-17,8244	-16,3864	-7,4755	0,7108

1	2	3	4	5
3,85	-17,8513	-16,56485	-7,6403	0,6357
3,86	-17,8752	-16,74335	-7,80685	0,5597
3,87	-17,8959	-16,9223	-7,9751	0,4791
3,88	-17,9135	-17,1013	-8,14525	0,39845
3,89	-17,9278	-17,28045	-8,3171	0,3161
3,90	-17,9387	-17,45985	-8,4909	0,2321
3,91	-17,9463	-17,6393	-8,66635	0,14635
3,92	-17,9504	-17,81875	-8,8437	0,0587
3,93	-17,9510	-17,9983	-9,0227	-0,0305
3,94	-17,9480	-18,17785	-9,20365	-0,12168
3,95	-17,9413	-18,3572	-9,3863	-0,21465
3,96	-17,9308	-18,53655	-9,57075	-0,3095
3,97	-17,9165	-18,71585	-9,75705	-0,4061
3,98	-17,8983	-18,8949	-9,94505	-0,50455
3,99	-17,8761	-19,0738	-10,13495	-0,60495
4,00	-17,8498	-19,25235	-10,3265	-0,7073
4,01	-17,8195	-19,4307	-10,51995	-0,8115
4,02	-17,7849	-19,60875	-10,7157	-0,9176
4,03	-17,7460	-19,7865	-10,91215	-1,0258
4,04	-17,7028	-19,96375	-11,11095	-1,1359
4,05	-17,6551	-20,14055	-11,31145	-1,2481
4,06	-17,0029	-20,3169	-11,51375	-1,36215
4,07	-17,5461	20,49255	-11,7178	-1,4783
4,08	-17,4846	-20,6677	-11,92355	-1,59655
4,09	-17,4184	-20,84225	-12,1311	-1,7168
4,10	-17,3472	-21,0160	-12,3404	-1,8392
4,11	-17,2712	-21,18905	-12,55135	-1,9536
4,12	-17,1902	-21,3614	-12,76415	-2,0902
4,13	-17,1040	-21,5329	-12,97785	-2,2189
4,14	-17,0126	-21,70345	-13,1948	-2,3498
4,15	-16,9159	-21,8731	-13,41265	-2,4828
4,16	-16,8139	-21,0417	-13,6322	-2,6180
4,17	-16,7065	-21,2094	-13,85355	-2,7555
4,18	-16,5935	-22,3759	-14,0765	-2,89515
4,19	-16,4749	-22,54125	-14,30105	-3,0370
4,20	-16,3505	-22,70545	-14,52735	-3,1812
4,21	-16,2204	-22,86815	-14,75505	-3,3275
4,22	-16,0843	-23,02985	-14,9847	-3,4763
4,23	-15,9422	-23,18995	-15,21575	-3,6272
4,24	-15,7941	-23,3485	-15,44835	-3,78055

1	2	3	4	5
4,25	-15,6397	-23,50585	-15,6827	-3,9362
4,26	-15,4791	-23,66155	-15,91865	-4,0942
4,27	-15,3122	-23,8153	-16,1559	-4,2545
4,28	-15,1387	-23,96765	-16,3949	-4,4174
4,29	-15,9587	-24,11805	-16,63525	-4,5825
4,30	-14,7222	-24,26685	-16,8773	-4,7015
4,31	-14,5787	-24,4136	-17,12065	-4,9200
4,32	-14,3785	-24,5584	-17,3655	-5,0924
4,33	-14,1713	-24,7012	-17,61185	-5,2673
4,34	-13,9571	-24,8417	-17,85945	-5,4447
4,35	-13,7357	-24,98015	-18,10855	-5,6245
4,36	-13,5071	-25,11635	-18,35905	-5,8069
4,37	-13,2711	-25,2500	-18,6110	-5,9915
4,38	-13,0277	-25,38185	-18,86415	-6,1792
4,39	-12,7767	-25,51075	-19,1185	-6,3690
4,40	-12,5180	-25,63725	-19,37425	-6,5615
4,41	-12,2518	-25,7612	-19,6313	-6,7565
4,42	-11,9776	-25,88235	-19,88745	-6,9541
4,43	-11,6954	-26,00065	-20,44885	-7,1543
4,44	-11,4052	-26,1161	-20,4095	-7,3571
4,45	-11,1068	-26,2073	-20,6711	-7,5517
4,46	-10,8001	-26,3384	-20,9311	-7,7705
4,47	-10,4852	-26,4447	-21,1980	-7,9812
4,48	-10,1617	-26,5479	-21,1629	8,1845
4,49	-9,8296	-26,6479	-21,7288	-8,4404
4,50	-9,4890	-26,7446	-21,9959	-8,6290
4,51	-9,1392	-26,8377	-21,2638	-8,8503
4,52	-8,7807	-26,9272	-22,5326	-9,0744
4,53	-8,4132	-27,0032	-22,8022	-9,30095
4,54	-8,0366	-27,0956	-23,0729	-9,5304
4,55	-7,6508	-27,1739	-23,3441	-9,7624
4,56	-7,2556	-27,2485	-23,6163	-9,9972
4,57	-6,8509	-27,3191	23,8892	-10,2348
4,58	-6,4368	-27,3854	-24,1627	-10,4751
4,59	-6,0129	-27,4477	-24,4369	-10,7181
4,60	-5,5793	-27,5056	-24,7116	-10,9638
4,61	-5,1357	-27,5592	-24,9869	-11,2123
4,62	-4,6823	-27,6068	-25,2629	-11,4635
4,63	-4,2186	-27,6531	-25,2392	-11,7175
4,64	-3,7448	-27,6928	-25,8158	-11,9712

Phu lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
4,65	-3,2607	-27,7277	-26,0928	-12,2338
4,66	-3,2661	-27,7581	-26,3705	-12,4961
4,67	-2,2609	-27,7831	-26,6481	-12,7612
4,68	-1,7451	-27,8031	-26,9262	-13,0293
4,69	-1,2486	-27,8180	-27,2942	-13,2998
4,70	-0,6812	-27,8274	-27,4823	-13,5731
4,71	-0,1327	-27,8316	-27,7608	-13,8495
4,72	0,4269	-27,8300	-28,0390	-14,1284
4,73	0,9977	-27,8228	-28,3171	-14,4101
4,74	1,5797	-27,8100	-28,5954	-14,6948
4,75	2,1733	-27,7913	-28,8734	-14,9820
4,76	2,7784	-27,7675	-29,4513	-15,2723
4,77	3,3951	-27,7356	-29,4287	-15,5952
4,78	4,0236	-27,6987	-29,7061	-15,8609
4,79	4,6640	-27,6551	-29,9827	-16,1592
4,80	5,3164	-27,6051	-30,2589	-16,4604
4,81	5,9809	-27,5487	-30,5348	-16,7645
4,82	6,6576	-27,4859	-30,8101	-17,0712
4,83	7,3466	-27,4155	-31,5841	-17,3806
4,84	8,0481	-27,3389	-31,3588	-17,6928
4,85	8,7621	-27,2546	-31,6313	-18,0070
4,86	9,4887	-27,1634	-31,9035	-18,3256
4,87	10,2281	-27,0649	-32,1746	-18,6460
4,88	10,9804	-26,9588	-32,4447	-18,9690
4,89	11,7457	-26,84515	-32,7137	-18,2948
4,90	12,5239	-26,7238	-32,9814	-19,6332
4,91	13,3156	-26,5946	-33,2481	-19,9544
4,92	14,1204	-26,4577	-33,5135	-20,2882
4,93	14,9387	-26,3122	-33,7073	-20,6248
4,94	15,7704	-26,1587	34,0396	-20,9638
4,95	16,6158	-25,9967	-34,3002	-21,3053
4,96	17,4749	-25,8262	-34,5594	-21,6497
4,97	18,3478	-25,6472	-34,8168	-21,9966
4,98	19,2347	-25,4594	-35,0726	-22,3462
4,99	20,1356	-25,2623	-35,3259	-22,6980
5,00	21,0504	-25,0564	-35,5774	-23,0525
5,01	21,9798	-24,8412	-35,8271	-23,4097
5,02	22,9234	-24,6170	-36,0744	-23,7691
5,03	23,8814	-24,3826	-36,3192	-24,1311
5,04	24,8539	-24,1391	-36,5619	-24,4954

1	2	3	4	5
5,05	25,8410	-23,8859	-36,8022	-24,8623
5,06	26,8429	-23,6225	-37,0397	-25,2315
5,07	27,8526	-23,3489	-37,2747	-25,6032
5,08	28,8112	-23,0650	-37,5067	-25,9771
5,09	29,9378	-22,7711	-37,7359	-26,3532
5,10	30,0997	-22,4660	-37,9618	-26,7317
5,11	32,0763	-22,1508	-38,1582	-27,1126
5,12	33,1685	-21,8245	-38,4050	-27,4955
5,13	34,2760	-21,4874	-38,6216	-27,8856
5,14	35,3990	-21,1391	-38,8348	-28,2679
5,15	36,5375	-20,7795	-39,0445	-28,6574
5,16	37,6916	-20,4083	-39,2501	-28,0486
5,17	38,8614	20,0254	-39,4524	-29,4423
5,18	40,0470	-19,6309	-39,6509	-29,8379
5,19	41,2484	-19,2247	-39,8452	-30,2354
5,20	42,4658	-18,8057	-40,035	-30,6346
5,21	43,6992	-18,3753	-40,2213	-31,0361
5,22	44,9487	-17,9321	-40,4028	-31,4391
5,23	46,2144	-17,4758	-40,5796	-31,8440
5,24	47,4963	-17,0073	-40,7520	-32,2504
5,25	48,7945	-16,5258	-40,9196	-32,5690
5,26	50,1090	-16,0316	-40,0826	-33,0690
5,27	51,4400	-15,5239	-41,2403	-33,4806
5,28	52,7875	-15,0029	-41,3932	-33,8939
5,29	54,1515	-14,4684	-41,5405	-34,3084
5,30	55,5315	-13,9202	-41,6825	-34,7244
5,31	56,9295	-13,3573	-41,8167	-35,1421
5,32	58,3436	-12,7808	-41,9493	-35,5609
5,33	59,7744	-12,1903	-42,0741	-35,9810
5,34	61,2220	-11,5856	-42,1931	-36,4023
5,35	62,6866	-10,9659	-42,3060	-36,8250
5,36	64,1681	-10,3321	-42,4127	-37,2485
5,37	65,6865	-9,6822	-42,5124	-37,6731
5,38	67,1819	-9,0183	-42,6000	-38,0986
5,39	68,7144	-8,3390	-42,6928	-38,5251
5,40	70,2637	-7,6440	-42,7726	-38,9524
5,41	71,8306	6,9336	-42,8458	-39,3807
5,42	73,4144	-6,2076	-42,9117	-39,8095
5,43	75,0154	-5,4651	-42,9699	-40,2390
5,44	76,6336	-4,7071	-43,0210	-40,6691

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
5,45	58,2689	-3,9328	43,0641	-41,0993
5,46	79,9215	-3,1418	-43,0996	-41,5303
5,47	81,5913	-2,3339	-43,1267	-41,9613
5,48	83,2784	-1,5095	-43,1458	-42,3926
5,49	84,9827	-0,6682	-43,1568	-42,8241
5,50	86,7044	0,1900	-43,1592	-43,2557
5,51	87,4431	1,0656	-43,1531	-43,6873
5,52	90,1993	1,9588	-43,1381	-44,1189
5,53	91,9727	2,8692	-43,1140	-44,5500
5,54	92,7633	3,7984	-43,0806	-44,9812
5,55	95,5712	4,7435	-43,0377	-45,4117
5,56	97,3962	5,7095	-42,9857	-45,8418
5,57	99,2385	0,6927	-42,9237	-46,2713
5,58	101,0979	7,6950	-42,8515	-46,7002
5,59	102,9745	8,7148	-42,7695	-47,1281
5,60	104,8687	9,7543	-42,6774	-47,5558
5,61	104,7789	10,8125	-42,5744	-47,9818
5,62	108,7067	11,8902	-42,4609	-48,4071
5,63	110,6515	12,98645	-42,3366	-48,8309
5,64	112,6132	14,10285	-42,2013	-49,2538
5,65	114,5917	15,2389	-42,0547	-42,6752
5,66	116,5871	16,3949	-41,8959	-50,0941
5,67	118,5993	17,5705	-41,7267	-50,5130
5,68	120,6281	18,7666	-41,5448	-50,5291
5,69	122,6736	19,9835	-41,3506	-51,3633
5,70	124,7352	21,2199	-41,1453	-51,7562
5,71	126,8141	22,4784	-40,9265	-52,1661
5,72	128,9089	23,7570	-40,6952	-52,5746
5,73	131,0200	25,0568	-40,4513	-52,9806
5,74	133,1973	26,2810	-40,1365	-52,3359
5,75	135,2907	27,7192	-39,9238	-53,7842
5,76	137,4500	29,0831	-39,6396	-54,1819
5,77	139,6252	30,4692	-39,3410	-54,5770
5,78	141,8161	31,8755	-38,0304	-54,9689
5,79	144,0227	33,3052	-38,7041	-55,3574
5,80	146,2448	34,7564	-38,3639	-55,7428
5,81	148,4821	36,2300	-38,0089	-56,1246
5,82	150,7346	37,7255	-37,6394	-56,5029
5,83	153,0023	39,2449	-37,2545	-56,8776
5,84	155,2848	40,7858	-37,8545	-57,2481

1	2	3	4	5
5,85	157,5820	42,3503	-36,4384	-57,6143
5,86	159,8939	43,9378	-36,0077	-57,9771
5,87	162,2201	45,5484	-35,5601	-58,3349
5,88	164,5606	47,1825	-35,09635	-58,68815
5,89	166,9151	48,8394	-34,61605	-59,03625
5,90	169,2837	50,5203	-34,1198	-59,38045
5,91	171,6655	52,22545	-33,6055	-59,7187
5,92	174,0609	53,95415	-33,0746	-60,0521
5,93	176,4696	55,7067	-32,5268	-60,3806
5,94	178,8913	57,4833	-31,96085	-60,70295
5,95	181,3257	59,2852	-31,3764	-61,09145
5,96	183,7727	61,7303	-30,77505	-61,0201
5,97	186,2321	63,30865	-30,15455	-61,4608
5,98	188,7034	64,83465	-29,5155	-61,9332
5,99	191,1866	66,7344	-28,8575	-62,2251
6,00	193,6813	68,65775	-28,2116	-62,5106
6,01	196,1874	70,6079	-27,48455	-62,78885
6,02	198,7044	72,58215	-26,7689	-63,0603
6,03	201,2321	74,5817	-26,03295	-63,3241
6,04	203,7702	76,60665	-25,2774	-63,5810
6,05	206,3184	78,6574	-24,50085	-63,82985
6,06	208,8764	80,73305	-23,70405	-64,0708
6,07	211,4439	82,83495	-22,88545	-64,3032
6,08	214,0206	84,96215	-22,0469	-64,5282
6,09	216,6061	87,11495	-21,1870	-64,7447
6,10	219,2004	89,29465	-20,30425	-64,9518
6,11	221,8021	91,49915	-19,4005	-65,1503
6,12	224,4119	93,72995	-18,47425	-65,3394
6,13	227,0292	95,9871	-17,52625	-65,51995
6,14	229,6534	98,27075	-16,55505	-65,6906
6,15	232,2843	100,55375	-15,56015	-65,8372
6,16	234,9213	102,91675	-14,54245	-66,0010
6,17	237,5642	105,27325	-13,50155	-66,1413
6,18	240,2125	107,6680	-12,4370	-66,2711
6,19	242,8658	110,08315	-11,34845	-66,3901
6,20	245,5249	113,5249	-10,2356	-66,4981
6,21	248,1855	114,99335	-9,09795	-66,5947
6,22	250,8510	117,48875	-7,93515	-66,6796
6,23	253,5197	120,0113	-6,74805	-66,75375
6,24	256,1912	122,55985	-5,5350	-66,8150

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
6,25	258,8648	125,13455	-4,2969	-66,8642
6,26	261,5401	127,7369	-3,03205	-66,9005
6,27	264,2167	130,36565	-1,74135	-66,9242
6,28	266,8939	133,01945	-0,4257	-66,9354
6,29	269,5713	135,7033	0,91855	-66,9331
6,30	272,2487	138,41235	2,28910	-66,9171
6,31	274,9245	141,14825	3,66685	-66,8872
6,32	277,5992	143,91085	5,11215	-66,84328
6,33	280,2718	146,7002	6,56515	-66,7849
6,34	282,94028	149,5163	8,04625	-66,71185
6,35	85,618	152,35905	9,5556	-66,60388
6,36	288,2715	155,22845	11,0935	-66,52068
6,37		158,12445	12,66025	-66,40193
6,38	293,5834	161,0470	14,2561	-66,26735
6,39	296,2312	163,9961	15,8818	-66,11670
6,40	298,8909	166,97165	17,5362	-65,94963
6,41	301,5069	169,97355	19,2208	-65,7650
6,42	304,1336	173,00175	20,93565	-65,56513
6,43	306,7519	176,0562	22,4809	-65,34705
6,44	309,3611	179,13675	24,4568	-65,11163
6,45	311,9605	182,24335	26,23755	-64,85783
6,46	314,5495	185,3759	28,10180	-64,58600
6,47	317,1272	188,53435	29,97135	-64,29568
6,48	319,6929	191,71845	31,8726	-63,98648
6,49	322,2458	191,92815	33,8058	-63,65813
6,50	324,7861	198,1633	35,77125	-63,31025
6,51	327,3104	201,4233	37,76915	-62,9426
6,52	329,8204	204,70945	39,7998	-62,55478
6,53	332,3145	208,02015	41,8634	-62,14648
6,54	334,7919	211,3557	43,9603	-61,71740
6,55	337,2510	214,74095	46,0906	-61,26668
6,56	339,6929	218,10065	48,2547	-60,79548
6,57	342,1149	221,5097	50,4527	-60,30195
6,58	344,5168	224,9419	52,68495	-59,78630
6,59	346,8976	228,4000	54,95165	-59,24815
6,60	349,2554	231,8808	57,25306	-58,68715
6,61	351,5922	235,38505	59,58935	-58,10298
6,62	353,9043	238,91255	61,9605	-57,49523
6,63	356,1915	242,46305	64,36765	-56,86363
6,64	358,4530	246,03625	66,81015	-56,20778

1	2	3	4	5
6,65	360,6878	249,6320	69,28845	-55,52705
6,66	362,8949	253,24995	71,80285	-54,82188
6,67	365,0732	256,88985	74,35355	-53,09113
6,68	367,2218	260,5513	76,94075	-53,3347
6,69	369,3397	261,73165	29,51465	-52,55218
6,70	371,4244	269,9380	82,2255	-51,74325
6,71	374,4788	271,66255	84,92445	-50,90758
6,72	375,4979	275,40745	87,6588	-50,09468
6,73	377,4820	279,67215	90,4317	-49,15425
6,74	379,4299	282,9570	93,2423	-48,23590
6,75	381,3405	286,76085	96,0909	-47,28928
6,76	383,2126	290,58365	98,9776	-46,31398
6,77	385,0425	294,450	101,9026	-45,3096
6,78	386,8370	298,28445	104,86615	-44,27578
6,79	388,5869	302,1616	107,86835	-43,21215
6,80	390,2974	306,0558	110,90945	-42,11830
6,81	391,9559	309,96735	113,97955	-40,99383
6,82	393,5726	313,8950	117,10885	-39,83835
6,83	395,1425	317,8386	120,2675	-38,65150
6,84	396,6644	321,7977	123,46565	-37,4329
6,85	398,1368	325,71775	126,7035	36,18208
6,86	399,5585	329,76025	129,58115	-34,89868
6,87	400,9282	333,76275	133,29875	-33,58233
6,88	402,2446	337,77865	136,65645	-32,23258
6,89	403,5064	341,8074	190,05435	-30,84905
6,90	404,7145	345,8486	143,4927	-29,43135
6,91	405,8604	349,9015	146,9714	-27,97905
6,92	406,9500	353,9656	150,4907	-26,49180
6,93	407,9793	358,04025	154,05075	-24,96913
6,94	408,9470	362,1250	157,65155	-23,41065
6,95	409,8517	366,2190	161,29325	-21,81595
6,96	410,6918	370,3218	164,97595	-20,18465
6,97	411,4659	371,93255	168,6997	-18,5163
6,98	412,1726	378,5509	177,46465	-16,8105
6,99	412,8103	382,67585	176,27075	-15,06688
7,00	413,3762	386,81185	180,11815	-13,28498
7,01	413,8726	390,9431	184,0069	-11,46438
7,02	414,2941	395,08405	187,93705	-9,85968
7,03	414,6404	399,2288	191,9086	-7,70550
7,04	414,9100	403,3766	195,92365	-5,76635

1	2	3	4	5
7,05	415,1012	407,52675	204,0722	-3,78693
7,06	415,2124	411,6779	208,2067	-1,76670
7,07	415,2420	415,8307	208,2067	0,29965
7,08	415,1883	419,98295	212,3888	2,39763
7,09	415,0496	424,1342	216,60935	4,54260
7,10	414,3263	428,2836	220,87145	6,72995
7,11	414,5106	432,4304	225,17505	6,4602
7,12	414,1069	436,57355	229,52005	11,23358
7,13	413,6114	440,7122	233,9065	13,55070
7,14	413,0223	444,84515	238,3344	15,91438
7,15	412,3378	448,97235	242,8034	18,31753
7,16	411,5563	453,0919	247,3137	20,76805
7,17	410,6758	457,20315	251,8682	23,26393
7,18	409,6945	461,3051	256,45775	25,80550
7,19	408,6107	465,3967	261,09125	20,39320
7,20	407,4216	469,47695	265,76565	31,02748
7,21	406,1279	473,5148	270,48075	33,70865
7,22	404,7251	477,59915	275,2365	36,43473
7,23	403,2122	481,63895	280,0327	39,21353
7,24	401,5874	485,6630	284,8692	42,03300
7,25	399,8486	489,6203	289,7459	44,9135
7,26	397,9939	493,6596	294,66255	47,81805
7,27	396,0213	497,62975	299,61805	50,80443
7,28	393,9289	501,57935	304,6651	53,82543
7,29	391,7196	505,53945	309,65055	56,89688
7,30	389,3783	505,41360	314,72515	60,01870
7,31	386,9124	513,29505	314,83875	63,19147
7,32	384,3204	517,15135	324,9910	66,41563
7,33	381,5985	520,97105	330,18165	69,69148
7,34	378,7444	524,78285	335,4105	73,01938
7,35	375,7562	528,55545	340,67725	76,14978
7,36	372,6317	532,2975	345,98155	79,83305
7,37	369,3689	536,00765	351,3231	83,31953
7,38	365,9655	539,68445	356,70155	86,85963
7,39	362,4194	543,3265	362,1665	90,45370
7,40	358,7306	546,93235	367,56800	94,10208
7,41	354,8904	550,50055	373,00515	97,80518
7,42	350,9033	554,02965	378,57785	101,5333
7,43	346,7647	557,5181	384,13565	105,37685

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
7,44	342,4724	560,96445	389,7281	109,24612
7,45	338,0242	564,36705	395,35347	113,67152
7,46	333,4179	567,7244	401,01525	117,15310
7,47	328,6512	571,03485	406,7091	121,19193
7,48	318,6274	574,29685	412,4358	125,28762
7,49	313,3658	577,50875	418,19485	129,44078
7,50	313,3700	580,66885	423,9858	133,65163
7,51	307,9345	583,7755	429,80805	137,92060
7,52	302,3313	586,8270	435,66115	142,24790
7,53	296,5539	589,82155	441,5444	146,63393
7,54	290,5998	502,75745	447,45735	151,07888
7,55	284,4668	595,63295	453,39935	155,58313
7,56	278,1524	598,44625	459,36985	160,14698
7,57	271,6542	601,1954	465,3681	164,77065
7,58	264,9699	603,87715	471,3935	169,45443
7,59	258,0971	606,49415	477,44545	174,19858
7,60	251,0334	609,03995	483,52315	179,00343
7,61	243,7760	611,5142	489,6260	183,86915
7,62	236,3229	613,91485	495,7532	188,72103
7,63	228,6715	616,23995	501,90405	193,78427
7,64	220,8193	618,48755	508,07775	198,83418
7,65	212,7639	620,6557	514,2735	203,9459
7,66	204,5028	622,74225	520,4906	209,11973
7,67	196,0335	624,74505	526,7281	214,35578
7,68	187,3535	626,66215	532,9852	219,65433
7,69	178,4603	630,23065	545,5547	230,43963
7,80	65,8475	642,1835	609,596	288,1681
2,5	0	643,9927	643,9926	321,9964
7,90	-62,0375	642,5872	573,6057	352,3123
8,00	-216,8647	628,8779	737,3101	422,8713
8,10	-401,1647	598,2344	788,8179	499,7008
8,20	-617,4142	547,5808	856,2878	582,4975
8,30	-867,091	473,5998	907,5542	670,7544
8,40	-1154,6587	372,7866	950,1158	763,7226
8,50	1479,3701	241,4136	981,0984	860,3917
8,60	-1843,2880	75,6088	997,2527	959,4484
2,75	-1997,5106	0,0001	998,7553	998,7553
8,70	-2247,0402	-128,5821	994,9377	1059,2289
8,80	-2690,4845	-375,1167	970,1255	1157,68375
8,90	-3172,6917	-667,9797	918,3664	1252,3561

Phụ lục 2 (tiếp theo)

1	2	3	4	5
9,00	-3692,4815	-1010,8800	834,8609	1340,3007
9,10	-4243,551	-1407,3690	714,4085	1418,0930
9,20	-4824,0587	-1860,5365	551,4928	1481,7611
9,30	-5426,5154	-2372,9486	340,3091	1526,7834
9,40	-6042,3167	-2946,2708	74,8875	1548,0229
3	-6195,8239	-3097,9120	0	1548,9560
9,50	-6660,9594	-3581,4756	-250,99585	1539,7419
9,60	-7269,3664	-4278,16925	-643,4861	1495,5985
9,70	-7851,7063	-5034,47135	-1108,6182	1408,61742
9,80	8389,5687	-5837,0360	-1652,2517	1271,2663
9,90	-8860,9431	-6710,20695	-2279,73540	1075,36802
10,00	-9240,87333	-7616,14615	2995,70945	812,36357

Phụ lục 3
(GỒM PL3A VÀ PL3B)
(DÙNG CHO CHƯƠNG V)

Phụ lục 3A : Các bảng dùng để tính toán kết cấu công theo trạng thái giới hạn - gồm 2 phần :

- I - Cường độ tính toán của các loại vật liệu (bảng 1 đến bảng 8)*
II - Cường độ tính toán của đất nền.

I. CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA CÁC LOẠI VẬT LIỆU

Bảng 1

Cường độ tính toán cơ bản chịu nén dọc trục R_{np} của khối xây (kG/cm² - sau 28 ngày)

Loại khối xây	Số hiệu vữa sau 28 ngày	Cường độ tính toán với chiều cao lớp xây	
		180 ÷ 250	500 trở lên
1	2	3	4
1. Khối xây bằng đá đẽo			
a) Gia công vữa (chỗ lồi lõm dưới 10mm) khi số hiệu đá không nhỏ hơn 1000 và chiều dày mạch xây không lớn hơn 15mm	200	105	170
b) Gia công vữa khi số hiệu của đá không nhỏ hơn 800 và bề dày mạch xây không lớn hơn 15mm	200	90	140
c) Bảng đá gia công thô thành hình khối đều (chỗ lồi lõm dưới 20mm) khi số hiệu đá không nhỏ hơn 600	150	85	140
d) Bảng các khối bê tông, khi chiều dài mạch xây không lớn hơn 15mm	100	55	100
số hiệu bê tông 400	200	65	105
số hiệu bê tông 300	150	50	80
số hiệu bê tông 200	100	35	60
2. Khối xây đá hộc.			
a) Bảng các phiến đá chọn lựa đẽo thô có chiều dày không nhỏ hơn 200mm và không nhỏ hơn 1/4 chiều dài của chúng, khi số hiệu đá không nhỏ hơn:			
1000	{ 200		48
	{ 100		40
400	{ 200		32
	{ 100		25
b) Bảng các phiến đá số hiệu không nhỏ hơn :			
1000	{ 200		36
	{ 100		30
400	{ 200		24
	{ 100		20
c) Bảng đá hộc loại thường số hiệu không nhỏ hơn:			
1000	{ 200		24
	{ 100		20
400	{ 200		16
	{ 100		12

Bảng 2

Cường độ tính toán của bê tông dùng khi tính về cường độ và độ chịu nứt

Số thứ tự	Loại cường độ	Ký hiệu	Điều kiện sản xuất bê tông	Cường độ tính toán của bê tông tính bằng kg/cm^2 khi số hiệu thiết kế của bê tông theo cường độ chịu nén						
				150	200	250	300	400	500	600
a) Đối với bê tông cốt thép loại thường và loại ứng suất trước										
1	Nén dọc trục	R _{np}	A	-	78	100	125	165	205	245
2	Nén khi uốn	R _u	A	-	72	95	115	150	190	225
				-	97	125	150	205	255	305
				-	90	115	140	190	240	280
b) Đối với bê tông cốt thép ứng suất trước:										
3	Nén dọc trục (khi tính độ chịu nứt theo vết nứt dọc)	R _{np}	A	-	-	-	135	190	245	295
4	Nén khi uốn (tính độ chịu nứt theo vết nứt dọc)	R _u	A	-	-	-	125	175	255	275
				-	-	-	165	235	310	365
5	Ứng suất nén chủ	R _{r.cn}	A	-	-	-	155	215	285	335
				-	-	-	105	140	175	210
6	Ứng suất kéo chủ	R _{r.p.n}	A và	-	-	-	100	130	160	190
7	Kéo	R _{p.n}	A và	-	-	-	20	24	27	28,5
8	Cắt khi uốn	R _{ck}	A -	-	-	-	35	16	18	29
				-	32	38	44	53	61	70
c) Đối với bê tông cốt thép loại thường										
9	Ứng suất kéo chủ qui ước	R _{r.p.o}	A và	-	24	28	32	37	42	46
10	Kéo dọc trục	R _{p.o}	A và	-	6,5	8,0	9,5	11	12,5	13,5
d) Đối với các kết cấu bê tông										
11	Nén dọc trục	R _{np}		55	65	-	105	135	-	-
12	Nén khi uốn	R _u		65	80	-	125	170	-	-

Bảng 3

Cường độ tính toán của cốt thép không căng trước khi tính về cường độ

Loại cốt thép	Cường độ tính toán chịu kéo và chịu nén tính bằng kg/cm^2 . R _a và R _{ac}
Loại A.I. Cán nóng, tròn, bằng thép số hiệu BMC, 3cn	1900
Loại A.II. Cán nóng có gờ bằng thép lò mac-tanh số hiệu CT5 (đường kính đến 40mm) và (đường kính từ 45 - 90mm)	2400
Loại A. III. Cán nóng có gờ bằng thép số hiệu 25n2C và 35rC (đường kính đến 40mm) và 18r2c (đường kính 6 - 8mm)	3000

Bảng 4
Cường độ tính toán bê tông khi tính về độ chịu mỏi với $\rho \leq 0,1$

Số thứ tự	Loại cường độ	Ký hiệu	Điều kiện sản xuất bê tông	Cường độ tính toán bê tông chịu mỏi (kG/cm ²) với số hiệu thiết kế của bê tông					
				200	250	300	400	500	600
1	Nén dọc trục	R _{np}	A	60	75	90	130	160	190
			B	55	70	95	120	145	175
2	Nén khi uốn	R _u	A	75	95	115	160	195	235
			B	70	85	105	150	180	220
3	Kéo	R _p	A và B	-	-	10,5	12,5	13,5	14,5

Bảng 5
Mô đun đàn hồi ban đầu và mô đun cắt ban đầu của bê tông

Dạng chịu lực của bê tông	Ký hiệu	Mô đun đàn hồi ban đầu và mô đun cắt ban đầu của bê tông (kG/cm ²) với những số hiệu bê tông						
		150	200	250	300	400	500	600
Khí nén	E _đ	230000	265000	290000	315000	350000	380000	400000
Khí cắt	G _đ	92000	105000	115000	125000	140000	150000	160000

Bảng 6
Mô đun đàn hồi cốt thép

TT	Loại cốt thép	Mô đun đàn hồi cốt thép (KG/cm ²)
1	Cốt thép cán nóng bằng thép cấp A - I và A - II	2,1.10 ⁶
2	Cốt thép cán nóng bằng thép cấp A - III	2.10 ⁶
3	Cốt thép cán nóng bằng thép cấp A - IV	2.10 ⁶
4	Thép sợi cường độ cao, trơn và có gờ, bó thép sợi cường độ cao, cốt thép bện bảy sợi	1,8.10 ⁶

Bảng 7
Hệ số n₁

Loại cốt thép	Trị số hệ n ₁ với số hiệu bê tông theo thiết kế					
	200	250	300	400	500	600
Thép thanh	7,7	7,1	6,5	5,8	5,4	5,1
Thép sợi	6,7	6,2	5,7	5,2	4,8	4,5

Bảng 8
Số hiệu bê tông xây và các loại khối xây

Số thứ tự	Tên và số hiệu vật liệu	Phạm vi sử dụng
1	Khối xây bằng tấm bê tông (chiều cao khối đến 500mm) hoặc bằng các khối bê tông lớn (chiều cao 500mm trở lên) với bê tông số hiệu tối thiểu 200	Kết cấu nhịp cầu vòm và vành vòm cống
2	Như trên, nhưng số hiệu bê tông tối thiểu 150	Mố trụ cầu và móng cống
3	Khối xây bằng đá thiên nhiên số hiệu tối thiểu là 600 Khối xây bằng đá học số hiệu tối thiểu là 400	Kết cấu nhịp cầu vòm và vành vòm cống. Mố trụ cầu và móng cống.

II. CƯỜNG ĐỘ TÍNH TOÁN CỦA ĐẤT NỀN

Khi thiết kế, cường độ tính toán của đất nền được xác định theo các đặc trưng cơ lý của đất.

Cường độ chịu nén tính toán của đất không có đá dưới móng R (kg/cm^2) được tính theo công thức :

$$R = 1,2 \{ R'[1 + K_1(b - 2)] + K_2 \gamma'(h - 3) \}$$

Trong đó:

R' - cường độ quy ước của đất (kg/cm^2) lấy theo các bảng III.1, III.2, III.3;

b - chiều rộng đáy móng (cạnh nhỏ hoặc đường kính) tính bằng m, khi chiều rộng lớn hơn 6m thì lấy bằng 6m;

h - chiều sâu đặt móng, tính bằng m, với cống tính từ mặt đất thiên nhiên. Với cống có đường chu vi kín thì được cộng thêm một nửa chiều cao đắp đất trên đốt cống;

γ' - dung trọng tính đối của đất trên đáy móng, tính bằng T/m^2 ,

$$\text{xác định theo công thức: } \gamma' = \frac{\sum \gamma_i h_i}{\sum h_i}$$

Với γ_i , h_i - dung trọng và chiều dày của mỗi lớp đất riêng biệt nằm trên đáy móng;

K_1 và K_2 - hệ số lấy theo bảng III.4.

Bảng III.1
Cường độ quy ước R' của đất sỏi sạn (kg/cm^2) trong nền

Tên loại đất	R'
Đá dăm (cuội) có cát lấp đầy lỗ hổng	6,0 ÷ 10,0
Sỏi sạn do các mảnh đá kết tinh vỡ ra	5,0 ÷ 8,0
Sỏi sạn do các mảnh đá trầm tích vỡ ra	3,0 ÷ 5,0

Bảng III.2
Cường độ quy ước R' của đất sét (kG/cm^2) không lún sụt ở nền

Tên loại đất	Hệ số lỗ hổng (ϵ)	Hệ số độ sét						
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Á cát (Khi $W_n < 5$)	0,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-
	0,7	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-	-
Á sét ($10 \leq W_n \leq 15$)	0,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
	0,7	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-
	1,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-	-
Sét (khi $W_n > 20$)	0,5	6,0	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
	0,6	5,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0
	0,8	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-
	1,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	-	-

Bảng III.3
Cường độ quy ước R' của đất cát (kG/cm^2)

Tên đất và độ ẩm có xét đến khả năng biến đổi sau này của đất	R'	
	Đất chặt	Chặt vừa
Cát lẫn sỏi, cát thô không phụ thuộc độ ẩm	4,5	3,5
Cát hạt vừa : ít ẩm	4,0	3,0
rất ẩm và bão hoà	3,5	2,5
Cát hạt nhỏ : ít ẩm	3,0	2,0
rất ẩm và bão hoà	2,5	1,5
Cát bột : ít ẩm	2,5	2,0
rất ẩm	2,0	1,5
Bão hoà nước	1,5	1,0

Bảng III.4
Hệ số k_1 và k_2

Tên loại đất	$K_1 (\text{m}^{-1})$	K_2
Sỏi sạn, cát lẫn sỏi, cát thô, cát trung	0,10	0,30
Cát nhỏ	0,08	0,25
Cát bột, á cát	0,06	0,20
Á sét, sét cứng và sét nửa cứng	0,04	0,20
Á sét và sét dẻo cứng, sét dẻo mềm	0,02	0,15

Cường độ chịu nén của đá ở nền được xác định theo công thức :

$$R = mkR_n$$

Trong đó:

R_n - cường độ giới hạn (bình quân) chịu nén một trục của mẫu đá thí nghiệm ở trạng thái bão hoà ;

k - hệ số đồng nhất của đất theo cường độ chịu nén giới hạn một trục, khi không có số liệu cho phép lấy $K = 0,17$.

m - hệ số điều kiện làm việc, lấy $m = 3$.

Phụ lục 3B

CÁC BẢNG DÙNG ĐỂ TÍNH TOÁN KẾT CẤU CÔNG THEO ỨNG SUẤT CHO PHÉP (CHƯƠNG V)

I. ỨNG SUẤT CHO PHÉP CỦA CÁC LOẠI VẬT LIỆU

Bảng 1

Ứng suất chịu nén cho phép của đá và khối bê tông đúc sẵn [σ_a] (kg/cm²)

Loại vật liệu	Mức đá và cấu kiện bê tông đúc sẵn	Mức vữa							Hệ số an toàn k
		125	100	75	50	25	15	10	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Khối đá lát. Đá có chiều dày không nhỏ hơn 15cm, khi lát đã bạt các chỗ lồi, lát bằng phẳng và dùng đá nhỏ chèn các lỗ rỗng	1000	24	22	19	16	13	10	9	3
	800	21	19	17	14	11	9	8	
	600	18	17	15	12	9	8	7	
	500	17	15	13	11	8	7	6	
	400	15	13	12	10	7	6	5	
	300	13	11	10	8	6	5	4	
	250	11	10	9	7	6	5	4	
2. Khối đá xây : Đá có chiều dày từ 20 ÷ 30cm, dạng hình khối vuông, chiều rộng bằng 1 ÷ 1,5 chiều dày ; chiều dài bằng 1,5 ÷ 3 chiều rộng ; lát với chiều dày bằng nhau và miết mạch	1000	59	55	50	46	40	38	37	2,5
	800	49	45	42	38	33	31	30	
	600	39	36	33	29	26	24	23	
	500	34	31	28	25	22	20	19	
	400	29	26	24	21	18	17	16	
	300	23	21	19	17	14	13	12	
	250	20	18	16	15	12	11	10	
3. Khối xây bằng đá thô : Đá có chiều dày 20 ÷ 30cm, chiều rộng bằng 1 ÷ 1,5 chiều dày, chiều dài bằng 2,5 ÷ 4 chiều rộng, các chỗ lõm không sâu quá 2cm, dạng hình khối hoặc hình sáu mặt, miết mạch chiều rộng mạch không quá 2cm	1000	69	66	63	60	55	53	51	2,5
	600	46	44	41	39	35	33	32	
	500	40	38	36	33	30	28	27	
	400	33	32	30	28	25	23	22	
	300	27	25	24	22	19	18	17	
	250	23	22	21	19	17	16	15	
4. Khối xây bằng cấu kiện bê tông đúc sẵn, như khối xây đá thô, nhưng bề mặt bằng phẳng, chiều rộng mạch vữa không quá 1cm	300	38	36	34	31	28	26	24	2,5
	250	34	32	30	28	24	22	21	
	200	29	27	25	23	20	18	17	
	150	23	22	20	18	16	14	13	
	100	18	16	15	13	11	10	10	
5. Khối xây bằng gạch tiêu chuẩn : chiều rộng mạch không lớn hơn 1cm	200	21	20	18	16	14	13	12	2,5
	100	18	17	15	14	12	10	10	
	155	16	15	14	12	10	9	9	
	120	15	14	12	11	9	8	7	
	75	13	12	11	10	8	7	6	

Chú thích 1. Cường độ vữa tính sau 28 ngày

2. Khi chiều dày của đá học, đá thô hoặc khối bê tông là 31 ÷ 40 cm thì ứng suất cho phép được nhân với 1,25 ; lớn hơn 40cm thì nhân với 1,45

Bảng 2
Ứng suất cho phép của bê tông (kG/cm²)

Loại ứng suất	Mác bê tông				
	100	150	200	250	300
Ứng suất nén dọc trục [σ_a]	35	55	70	90	105
Ứng suất cắt trực tiếp [σ_j]	5,5	7,5	9,5	12	13,5
Ứng suất kéo [σ_L]	3	3,5	4,5	5,5	6
Ứng suất kéo uốn [σ_{ku}]	4,5	5,5	7	8	9

Bảng 3
Ứng suất cắt trực tiếp, ứng suất kéo ; ứng suất kéo uốn cho phép của khối xây gạch đá và bê tông đúc sẵn (kG/cm²)

Loại ứng suất		Mặt cắt	Mác vữa							Hệ số an toàn k
			125	100	75	50	25	15	10	
Ứng suất cắt trực tiếp $[\sigma_j]$	Mạch thường	Khối xây các loại	12	11	0,9	0,8	0,5	0,4	0,4	3
	Mạch gờ cao	Khối xây đá phiến	2,4	2,2	1,8	1,6	1,0	0,8	0,8	
		Khối xây đá gia công	Xem chú thích							
Ứng suất kéo $[\sigma_L]$	Mạch gờ	Khối xây đá phiến	1,1	1,1	0,9	0,8	0,6	0,6	0,5	3
		Khối xây đá gia công	1,6	1,5	1,3	1,2	0,9	0,8	0,7	
Ứng suất kéo uốn $[\sigma_{ku}]$	Mạch thường	Các loại khối xây	1,8	1,6	1,4	1,1	0,8	0,6	0,6	3
	Mạch gờ	Khối xây đá phiến	2,1	2,0	1,8	1,5	1,2	1,1	0,9	
		Khối xây đá gia công	3,0	2,8	2,5	2,2	1,7	1,5	1,3	

Chú thích: - Khối xây đá gia công bao gồm : đá hộc, đá hộc thô, khối bê tông đúc sẵn, gạch.

- Khối xây đá gia công khi chịu cắt theo hướng mạch gờ thì không tính tác dụng chống cắt của mạch vữa mà tính cho đá chịu ứng suất cắt trực tiếp cho phép của vật liệu đã cho ở bảng 4.

Bảng 4

Ứng suất cắt trực tiếp cho phép của vật liệu đá gia công (kg/cm^2)

Mác vật liệu	≥ 200	150	100	75	50	Hệ số an toàn
Ứng suất cắt trực tiếp	8,8	7,2	5,6	4,8	3,6	$K = 3$

Bảng 5

Ứng suất cho phép của khối bê tông đá phiến

Loại ứng suất	Mác bê tông			Hệ số an toàn K
	200	150	100	
Ứng suất chịu nén đúng tâm $[\sigma_a]$	32	28	24	3
Ứng suất cắt trực tiếp $[\sigma]$	2,4	2,2	2,0	3
Ứng suất kéo uốn $[\sigma_{ku}]$	2,2	2,0	1,8	3

Ghi chú: - Khối bê tông đá phiến là khối bê tông trong đó có phần lớp lát đá phiến, hàm lượng đá phiến chiếm $50 \div 60\%$ thể tích khối xây.

- Khi đầm bằng đầm chấn động, ứng suất cho phép tăng lên 1.15.
- Mác đá phiến không thấp hơn 250.

Bảng 6

Mô đun đàn hồi của cốt thép, bê tông các khối đúc sẵn bê tông, gạch đá (kg/cm^2)

Loại cốt thép	Cốt thép CT3 (cấp I)			Cốt thép CT5 (cấp II, III)	
Mô đun đàn hồi của cốt thép	$2,1 \times 10^6$			$2,0 \times 10^6$	
Mác bê tông	100	150	200	250	300
Mô đun đàn hồi chịu nén của bê tông	$1,9 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$2,7 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$	$3,1 \times 10^5$
Mác vữa	≥ 50		25		10
Mô đun đàn hồi của các khối gạch đá, bê tông đúc sẵn	800k $[\sigma_a]$		700k $[\sigma_a]$		600k $[\sigma_a]$
Mô đun đàn hồi của các khối đá hộc, bê tông, đá phiến	500k $[\sigma_a]$				

Ghi chú: k - Hệ số an toàn chịu nén đúng tâm, xem bảng ứng suất chịu nén đúng tâm cho phép của các khối gạch đá và bê tông đúc sẵn.

$[\sigma_a]$ - Ứng suất chịu nén đúng tâm cho phép của khối xây, như trên.

Bảng 7
Ứng suất cho phép của cốt thép (kG/cm²)

Cấp cốt thép	$[\sigma_t]$
Cốt thép CT3 (cốt thép cấp I)	1350
cốt thép cấp II	1850
cốt thép cấp III	2100
cốt thép CT5	1000

Bảng 8
Hệ số tăng ứng suất cho phép

Tổ hợp tải trọng	k
1. Tổ hợp chủ yếu	1
2. Tổ hợp phụ	1,25
3. Tải trọng thi công	1,30
4. Lực động đất	1,50

Bảng 9
Ứng suất cho phép của khối xây đá phiến, đá hộc bê tông đá nhỏ, (kG/cm²)

Loại ứng suất	Loại khối xây	Số hiệu đá	Mác bê tông đá nhỏ				Hệ số an toàn k
			200	150	100	50	
Ứng suất chịu nén đứng tâm $[\sigma_a]$	Khối xây đá phiến	1000	44	41	34	25	30
		800	43	37	31	22	
		600	27	25	21	14	
		500	24	21	18	13	
		400	21	19	16	12	
		300	18	16	14	11	
		250	17	15	13	10	
	Khối xây đá hộc	1000	82	74	61	44	25
		800	67	59	49	36	
		600	49	43	36	26	
		500	42	37	31	23	
		400	37	34	29	20	
		300	31	29	25	19	
		250	29	16	23	18	
Ứng suất cắt trực tiếp $[\sigma_j]$	Đá phiến đá hộc miết mạch thường		1,4	1,2	1,0	0,7	3
	Mạch có gỗ		2,4	2,0	1,6	1,4	3
Ứng suất kéo uốn $[\sigma_{ku}]$	Mạch có gỗ		2,4	2,4	2,4	1,6	3

Chú thích - đường kính đá nhỏ không lớn hơn 2cm.

Bảng 10

Ứng suất cho phép của vật liệu đá (kG/cm^2)

Loại ứng suất	Số hiệu đá					
	300	400	500	600	800	1000
Ứng suất chịu nén đúng tâm [σ_a]	90	120	150	180	240	300
Ứng suất kéo [σ_k]	3,5	5	6	7	9,5	12
Ứng suất kéo uốn [σ_{ku}]	6	8	10	12	16	20

Bảng 11

Hệ số tính đối số hiệu đá

Kích thước mẫu thử (cm)	20 X 20 X 20	15 x 15 x 15	10 x 10 x 10	7,07 x 7,07 x 7,07	5 x 5 x 5
Hệ số tính đối	10	0,9	0,8	0,7	0,6

II. CÁC HỆ SỐ TÍNH TOÁN CẤU KIỆN CHỊU UỐN

Bảng 12

Chiều dài tính toán l_0 của cấu kiện chịu uốn dọc trục

	Hình thức liên kết ở hai đầu cấu kiện	Chiều dài tính toán
Cột đứng	Hai đầu cố định	0,5l
	Một đầu cố định, một đầu khớp	0,7l
	Hai đầu đều là khớp không di động	1,0l
	Một đầu cố định, một đầu tự do	2,0l
Vòm	Vòm ba khớp	0,58 S
	Vòm hai khớp	0,54 S
	Vòm không khớp	0,36 S

l - chiều dài giữa các điểm gối của cấu kiện

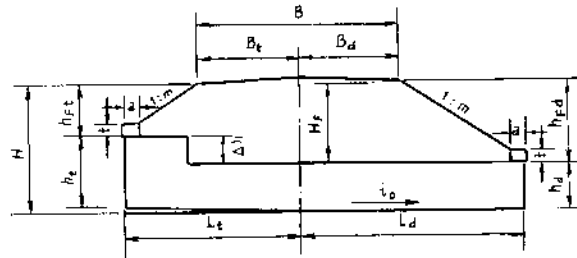
S - chiều dài trục vòm

Phụ lục 4

TÍNH CHIỀU DÀI CỐNG

I. CÔNG THỨC TÍNH CHIỀU DÀI CỐNG

1. Trường hợp cống và tuyến đường giao nhau thẳng góc



Hình 1. Một kiểu mái taluy của nền đường

Trong đó:

B - chiều rộng nền đường (m);

B_t, B_d - chiều rộng từ tim đường đến vai nền đường về thượng và hạ lưu, khi nền đường không mở rộng là $0,5B$ (m);

H - tổng chiều cao đất đắp nền đường từ đáy tim cống đến cao độ vai nền đường (m);

h_1, h_2 - chiều cao kiến trúc của cửa cống phía thượng lưu và hạ lưu (m);

m - độ dốc mái taluy nền đường (1 : m);

i_0 - độ dốc đáy cống;

L_t, L_d - chiều dài cống phía thượng lưu và hạ lưu.

Từ hình 1 đồng thời giả định điểm giao nhau giữa mép ngoài tường đầu với đáy của đá vữa nằm trên đường kéo dài của mái taluy thì:

Chiều dài cống $L = L_t + L_d$

Từ $L_t = B_t + m(H - h_1 - L_t \cdot i_0)$

$$L_t (1 + m i_0) = B_t + m(H - h_1)$$

Ta được
$$L_t = \frac{B_t + m(H - h_1)}{1 + m i_0} \quad (1)$$

Từ $L_d = B_d + m(H - h_2 - L_d \cdot i_0)$

$$L_d (1 + m i_0) = B_d + m(H - h_2)$$

Ta được
$$L_d = \frac{B_d + m(H - h_d)}{1 - m i_o} \quad (2)$$

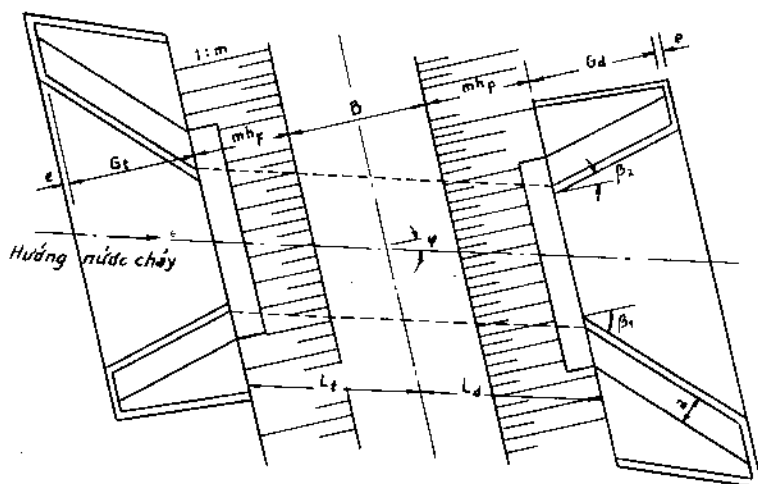
Khi giao điểm của đáy đá vữa và mép ngoài tường đầu không nằm trên đường nối dài của mép taluy thì trong các công thức (1) và (2) thay $h_{t,d} + t$ vào $h_{t,d}$ của các công thức trên, đồng thời thêm hệ số a vào, thì được:

$$L_t = \frac{B_t + m(H - h_t - t) + a}{1 + m i_o} \quad (1')$$

$$L_d = \frac{B_d + m(H - h_d - t) + a}{1 - m i_o} \quad (2')$$

Sau đây nếu gặp trường hợp này đều có thể dựa theo cách này để sửa lại các công thức tính.

2. Trường hợp cống giao chéo với tuyến đường, cửa cống chéo (song song với tuyến đường)



Hình 2. Cống giao chéo - Cửa cống chéo

Trong hình 2: φ - góc kẹp giữa tim cống và đường thẳng góc với tim tuyến.

Từ hình 1 và hình 2 có thể viết:

$$L_t = \frac{B_t + m(H - h_t - L_t i_o)}{\cos \varphi}$$

$$L_t \cos \varphi = B_t + m(H - h_t - L_t i_o)$$

$$L_t (\cos \varphi + m i_o) = B_t + m(H - h_t)$$

Cho nên
$$L_t = \frac{B_t + m(H - h_t)}{\cos \varphi + m i_o} \quad (3)$$

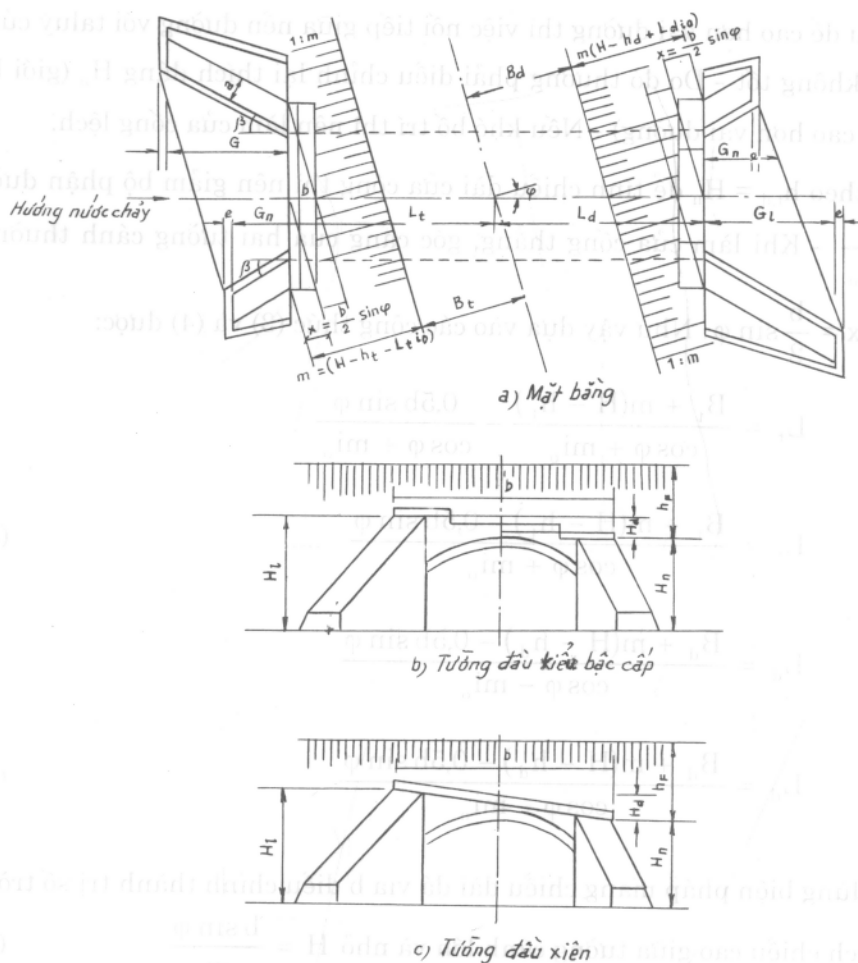
Từ
$$L_d = \frac{B_d + m(H - h_d + L_d i_o)}{\cos \varphi}$$

$$L_d \cos \varphi = B_d + m(H - h_d + L_d i_o)$$

$$L_d (\cos \varphi - m i_o) = B_d + m(H - h_d)$$

Ta được
$$L_d = \frac{B_d + m(H - h_d)}{\cos \varphi - m i_o} \quad (4)$$

3. Trường hợp cống vạp tim đường giao chéo, cửa cống làm thẳng (thẳng góc với tường)



Hình 3. Cống chéo - Cửa cống làm thẳng

Khi cống giao chéo mà cửa cống làm thẳng thì thường dùng kiểu cửa cống như ở hình 3-b; có khi để thì công thuận tiện cũng có thể dùng kiểu cửa cống 3-c nhưng làm theo kiểu này cần phải chú ý gia cố taluy nền đường do dòng nước thường thuận theo đá vĩa chảy thốc vào.

Trong hình 3:

$H_{\text{L}}, H_{\text{N}}$ - chiều cao của tường cánh lớn và tường cánh nhỏ;

H - chênh cao của tường cánh lớn và tường cánh nhỏ;

b - chiều dài đá vĩa;

$h_{\text{PL}}, h_{\text{PD}}$ - chênh cao giữa cao trình vai đường thượng, hạ lưu với đáy của đá vĩa (m).

Cống giao chéo của cống thẳng, thường xác định chiều cao tường cánh nhỏ trước, đồng thời cho $H_{\text{N}} = h_{\text{PL}}$ sau đó dựa vào $H_{\text{L}} + H$ tính ra H_{N} và chú ý không để nó cao hơn vai đường. Nếu để cao hơn vai đường thì việc nối tiếp giữa nền đường với taluy của tường cánh sẽ xử lý không tốt - Do đó thường phải điều chỉnh lại thích đáng H_{N} (giới hạn lớn nhất là đá vĩa cao hơn vai đường) - Nếu khó bố trí thì nên làm cửa cống lệch.

Khi dựa theo $h_{\text{PL}} = H_{\text{N}}$ để tính chiều dài cửa cống thì nên giảm bộ phận đường tìm đi $\frac{x}{\cos \varphi \pm m i_{\text{N}}}$ - Khi làm cửa cống thẳng, góc căng của hai tường cánh thường bằng nhau, khi đó $x = \frac{b}{2} \sin \varphi$. Như vậy dựa vào các công thức (3) và (4) được:

$$\begin{aligned} \text{Từ} \quad L_{\text{L}} &= \frac{B_{\text{L}} + m(H - h_{\text{L}})}{\cos \varphi + m i_{\text{N}}} - \frac{0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi + m i_{\text{N}}} \\ \text{Nên} \quad L_{\text{L}} &= \frac{B_{\text{L}} + m(H - h_{\text{L}}) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi + m i_{\text{N}}} \quad \dots\dots \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Từ} \quad L_{\text{d}} &= \frac{B_{\text{d}} + m(H - h_{\text{d}}) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi - m i_{\text{N}}} \\ \text{Nên} \quad L_{\text{d}} &= \frac{B_{\text{d}} + m(H - h_{\text{d}}) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi - m i_{\text{N}}} \quad \dots\dots \quad (6) \end{aligned}$$

Thường dùng biện pháp mang chiều dài đá vĩa b điều chỉnh thành trị số tròn.

$$\text{Chênh lệch chiều cao giữa tường cánh lớn và nhỏ } H = \frac{b \sin \varphi}{m} \quad (7)$$

$$\text{Chiều cao tường cánh lớn } H_{\text{L}} = H_{\text{N}} + H \quad (8)$$

Trong trường hợp thông thường, chiều cao tường cánh lớn phía thượng lưu nếu không cao hơn vai đường, thì ở hạ lưu cũng vậy. Nhưng do ảnh hưởng của độ dốc dọc của nền đường, cho nên có thể chiều cao tường chắn phía hạ lưu là cao hơn và có khi cần phải tiến hành kiểm toán.

4. Xét đến ảnh hưởng của độ dốc dọc nền đường khi cống giao chéo với tim đường

Khi xét đến ảnh hưởng của độ dốc dọc nền đường trong trường hợp cống giao chéo với đường, thì dù ở thượng lưu hoặc ở hạ lưu, chiều cao tính toán của nó đều khác với ở giữa tim, bên phía gần điểm thấp thì phải giảm nhỏ, bên phía gần điểm cao thì phải tăng lên. Gọi i_2 là độ dốc dọc của nền đường thì trị số giảm hoặc tăng là:

$$\Delta H = L_{t,d} \sin \varphi i_2 \quad (9)$$

Lấy các công thức (3) và (4) làm ví dụ, thì

Phía gần điểm thấp: $L_{t,d} = \frac{B_{t,d} + m(H - h_{t,d} - L_{t,d} \sin \varphi i_2)}{\cos \varphi \pm m i_0}$

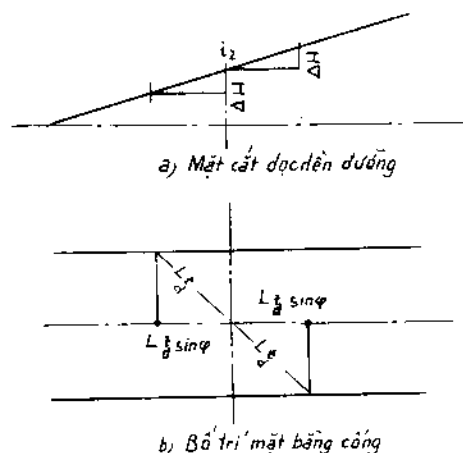
Tức: $(\cos \varphi \pm m i_0) L_{t,d} + L_{t,d} \sin \varphi i_2 m = B_{t,d} + m(H - h_{t,d})$

$$L_{t,d} (\cos \varphi \pm m i_0 + \sin \varphi i_2 m) = B_{t,d} + m(H - h_{t,d})$$

và $L_{t,d} = \frac{B_{t,d} + m(H - h_{t,d})}{(\cos \varphi \pm m i_0) + \sin \varphi i_2 m}$

Tương tự, bên phía gần điểm cao:

$$L_{t,d} = \frac{B_{t,d} + m(H - h_{t,d})}{(\cos \varphi \pm m i_0) - \sin \varphi i_2 m}$$



Hình 4. Xét tới ảnh hưởng của độ dốc dọc nền đường

Như vậy với cống chéo thì dù của cống là chéo hoặc thẳng, khi xét đến ảnh hưởng của độ dốc dọc nền đường, không kể là ở thượng hoặc hạ lưu, phía tiếp cận với điểm thấp của dốc dọc nền đây phải thêm trị số $\sin \varphi_{i_2} m$ vào mẫu số của công thức ban đầu, ngược lại thì trừ bớt giá trị $\sin \varphi_{i_2} m$ ở mẫu số, tức là các công thức (3), (4), (5), (6) sẽ viết thành:

Phía gần điểm thấp của độ dốc dọc nền đường:

$$L_{t,d} = \frac{B_{t,d} + m(H - h_t)}{\cos \varphi \pm m i_0 + (\sin \varphi_{i_2} m)} \quad (10)$$

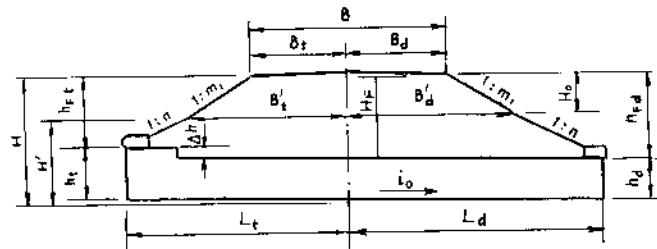
Phía gần điểm cao của độ dốc dọc nền đường:

$$L_{t,d} = \frac{B_{t,d} + m(H - h_t)}{\cos \varphi \pm m i_0 - (\sin \varphi_{i_2} m)} \quad (11)$$

5. Điều chỉnh các tham số tính toán liên quan trong trường hợp dưới đây

Để cho công thức tính toán trên đây không có quá nhiều tham số, đồng thời có thể ứng dụng trong trường hợp dưới đây, cho nên dùng phương pháp điều chỉnh tham số tính toán và giải quyết như sau:

1) Khi mái taluy nền đường có hai độ dốc (hình 5)



Hình 5. Nền đường có taluy hai độ dốc

Trong đó:

$B'_{t,d}$ - chiều rộng điểm đối dốc taluy nền đường thượng, hạ lưu (m);

H_0 - chiều cao từ điểm đối dốc đến vai đường (m);

H' - chiều cao từ điểm đối dốc đến tim đáy cống (m);

m_1 - tỉ số độ dốc taluy nền đường đoạn trên.

$$\text{Từ đó ta có: } B'_t = B_t + m_1 H_0 \quad (12)$$

$$B'_d = B_d + m_1 H_0 \quad (13)$$

$$H' = H - H_0 \quad (14)$$

Vì vậy khi nền đường có taluy hai độ dốc nếu dùng các công thức trên đây tính chiều dài cống thì chỉ cần thay $B_{t,d}$ và H thành $B'_{t,d}$ và H' là được.

2) Khi nền đường có siêu cao và mở rộng

a) i_0 và i_1 cùng một hướng (hình 6)

Trong hình 6:

W - độ mở rộng nền đường (m);

i_1 - độ dốc ngang siêu cao của nền đường, %;

$H_{t,d}$ - chiều cao từ vai đường thượng, hạ lưu đến tim đáy cống.

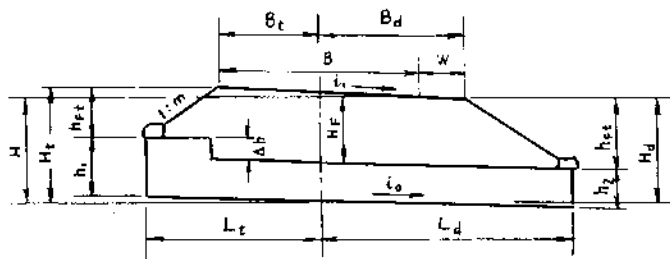
$$B_t = 0,5B \dots (15)$$

$$B_d = 0,5B + W \dots (16)$$

$$H_t = H + Bi_1 \dots (17)$$

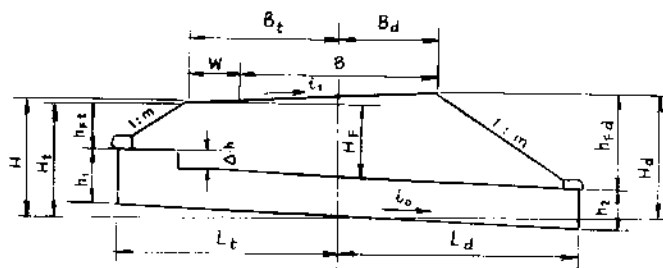
$$H_d = H - Wi_1 \dots (18)$$

Khi nền đường có siêu cao, mở rộng mà dùng các công thức trên để tính chiều dài cống thì giá trị H phân biệt thay bằng H_t hoặc H_d



Hình 6. Độ dốc đáy cống và dốc siêu cao cùng hướng

b) i_0 và i_1 ngược hướng (hình 7)



Hình 7. Độ dốc đáy cống và dốc siêu cao khác hướng.

Các ký hiệu trong hình vẽ như trên.

Từ hình 7 ta có:

$$B_t = 0,5B + W \dots (16)$$

$$B_d = 0,5B \dots (15)$$

$$H_t = H + Bi_1 \dots (17)$$

$$H_d = H - Wi_1 \dots (18)$$

Như vậy dù các điều kiện thay đổi (như thay đổi độ dốc mái taluy hoặc do ảnh hưởng của siêu cao và mở rộng, cũng có thể dùng biện pháp điều chỉnh các tham số tính toán, rồi sử dụng các công thức cơ bản ở trên để tiến hành tính toán.

6. Tổng hợp các công thức tính chiều dài cống

Tình hình bố trí cống			Thượng lưu	Hạ lưu
Cống và đường giao thẳng góc			$\frac{B_l + m(H - h_l)}{1 + m i_u}$ (1)	$\frac{B_d + m(H - h_d)}{1 - m i_u}$ (2)
Cống và nền đường giao chéo	Không xét ảnh hưởng của dốc dọc nền đường	Cửa cống làm chéo (song song với tuyến đường	$\frac{B_l + m(H - h_l)}{\cos \varphi + m i_u}$ (3)	$\frac{B_d + m(H - h_d)}{\cos \varphi - m i_u}$ (4)
		Cửa cống làm thẳng (thẳng góc với tường cống)	$\frac{B_l + m(H - h_l) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi + m i_u} \dots$ (5)	$\frac{B_d + m(H - h_d) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi - m i_u}$ (6)
	Có xét ảnh hưởng của dốc dọc nền đường	Phía gần điểm thấp của dốc dọc nền đường	Các công thức (3) (4) (5) (6)	$\frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots + (\sin \varphi i_2 m)}$ (10)
		Phía gần điểm cao của dốc dọc nền đường	$\pm$ trong mẫu số	$\frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots - (\sin \varphi i_2 m)}$ (11)
Trong các trường hợp bên, điều chỉnh các tham số liên quan trong công thức	Khi taluy nền đường có hai độ dốc (Thay $B'_{l,d}$ và H' cho $B_{l,d}$ và H trong các công thức trên)		$B'_l = B_l + m_1 H_u$ (12)	$B'_d = B_d + m_1 H_u$ (13)
			$H' = H - H_u$ (14)	
	Nền đường có siêu cao và mở rộng	Khi i_u và i_l cùng hướng	$B_l = 0,5B$ (15) $H_l = H + Bi_l$ (17)	$B_d = 0,5B + W$ (16) $H_d = H - Wi_l$ (18)
		Khi i_u và i_l ngược hướng	$B_l = 0,5B + W$ (16) $H_l = H - Wi_l$ (18)	$B_d = 0,5B$ (15) $H_d = H + Bi_l$ (17)

II. CÁC BẢNG DÙNG ĐỂ TÍNH TOÁN

Để đơn giản hoá việc tính toán, đã mang các thông số hữu quan trong các công thức từ (1) đến (18) soạn thành bảng để tra cứu.

Bảng 1. Bảng các giá trị của $\frac{1}{1 + m i_n}$ và K (với $m = 1,5$)

Bảng 2. Bảng giá trị của $0,5b \sin \varphi$.

Bảng 3. Bảng giá trị của $H_d = \frac{b \sin \varphi}{m}$ ($m = 1,5$).

Bảng 4. Trị số của $\sin \varphi_2$

Bảng 5. Trị số của $\sin \varphi_2 m$ ($m = 1,5$).

Bảng 6. Bảng chiều dài cống giao thẳng góc.

Bảng 7. Giá trị chiều dài cống hiệu chỉnh ΔL ($m = 1,5$).

Bảng 1. Bảng các giá trị của $\frac{1}{1 \pm m_0}$ và K (m = 1,5)

i_0	0	1%				2%				3%				
	$1 + m_1$	1,015				1,030				1,045				
	$\frac{1}{1 + m_1}$	0,985				0,971				0,957				
	$1 - m_1$	0,985				0,970				0,955				
	$\frac{1}{1 - m_1}$	1,015				1,031				1,047				
φ	$\cos \varphi$	$\frac{1}{\cos \varphi}$	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4
	1,000	1,000	1,015	0,985	0,985	1,015	1,030	0,971	0,970	1,031	1,045	0,957	0,955	1,047
	0,9962	1,004	1,011	0,989	0,981	1,019	1,026	0,974	0,966	1,035	1,041	0,960	0,951	1,051
	0,9848	1,015	1,000	1,000	0,970	1,031	1,015	0,985	0,955	1,045	1,030	0,971	0,940	1,064
	0,9659	1,035	0,981	1,019	0,951	1,052	0,996	1,004	0,936	1,068	1,011	0,989	0,921	1,086
	0,9397	1,064	0,955	1,047	0,925	1,081	0,970	1,031	0,910	1,099	0,985	1,016	0,895	1,118
	0,9063	1,103	0,921	1,085	0,891	1,122	0,937	1,068	0,876	1,141	0,951	1,051	0,861	1,161
	0,8660	1,155	0,881	1,135	0,851	1,175	0,896	1,116	0,836	1,196	0,911	1,098	0,821	1,218
	0,8192	1,221	0,834	1,199	0,804	1,243	0,849	1,178	0,789	1,267	0,864	1,157	0,774	1,292
	0,7660	1,305	0,781	1,281	0,751	1,331	0,796	1,256	0,736	1,359	0,811	1,233	0,721	1,387
	0,7071	1,414	0,722	1,384	0,692	1,445	0,737	1,356	0,677	1,477	0,752	1,329	0,662	1,510
	0,6428	1,556	0,658	1,520	0,628	1,592	0,673	1,486	0,613	0,631	0,688	1,453	0,598	1,672
	0,5736	1,743	0,589	1,699	0,559	1,791	0,604	1,657	0,544	1,840	0,619	1,617	0,529	1,892
0,5000	2,000	0,515	1,942	0,485	2,062	0,530	1,887	0,470	2,128	0,545	1,835	0,455	2,198	

Bảng 1 (tiếp theo)

I_0	4%				5%				6%				10%			
	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4
$1 \pm m_0$ và số ngịch đảo của nó	1,060				1,075				1,090				1,150			
	0,943				0,930				0,917				0,870			
	0,940				0,925				0,910				0,850			
	1,064				1,081				1,099				1,176			
φ	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4
0°	1,060	0,943	0,940	1,064	1,075	0,930	0,925	1,081	1,090	0,917	0,910	1,099	1,150	0,870	0,850	1,176
5°	1,056	0,947	0,936	1,068	1,071	0,934	0,921	1,086	1,086	0,921	0,906	1,104	1,146	0,872	0,846	1,182
10°	1,045	0,957	0,925	1,081	1,060	0,944	0,910	1,099	1,075	0,930	0,895	1,118	1,135	0,881	0,835	1,198
15°	1,026	0,975	0,906	1,104	1,041	0,961	0,891	1,122	1,056	0,947	0,876	1,142	1,116	0,896	0,816	1,226
20°	1,000	1,000	0,880	1,137	1,015	0,986	0,865	1,157	1,030	0,971	0,850	1,177	1,090	0,918	0,790	1,266
25°	0,966	1,035	0,846	1,182	0,981	1,019	0,831	1,203	0,996	1,004	0,816	1,225	1,056	0,947	0,756	1,322
30°	0,926	1,080	0,806	1,241	0,941	1,063	0,791	1,264	0,956	1,046	0,776	1,289	1,016	0,984	0,716	1,397
35°	0,879	1,137	0,759	1,318	0,894	1,118	0,744	1,344	0,909	1,100	0,729	1,371	0,969	1,032	0,669	1,494
40°	0,826	1,211	0,706	1,416	0,841	1,189	0,691	1,447	0,856	1,168	0,676	1,479	0,916	1,092	0,616	1,623
45°	0,767	1,304	0,647	1,545	0,782	1,279	0,632	1,582	0,797	1,255	0,617	1,620	0,857	1,167	0,557	1,795
50°	0,703	1,422	0,583	1,715	0,718	1,393	0,568	1,761	0,733	1,365	0,553	1,809	0,793	1,261	0,493	2,029
55°	0,634	1,578	0,514	1,947	0,649	1,542	0,499	2,006	0,664	1,507	0,484	2,068	0,724	1,382	0,424	2,361
60°	0,560	1,786	0,440	2,273	0,575	1,739	0,425	2,353	0,590	1,695	0,410	2,439	0,650	1,538	0,350	2,857

Bảng 1 (tiếp theo)

$\frac{i_0}{1 \pm m_i \text{ và}}$		15%				20%				25%				30%			
số ngịch đảo của nó		1,225				1,300				1,375				1,450			
		0,816				0,769				0,727				0,690			
		0,775				0,700				0,625				0,550			
		1,290				1,429				1,600				1,818			
φ		K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4	K_1	K_2	K_3	K_4
0°		1,225	0,816	0,775	1,290	1,300	0,769	0,700	1,429	1,375	0,727	0,625	1,600	1,450	0,690	0,550	1,818
5°		1,221	0,819	0,771	1,297	1,296	0,771	0,696	1,436	1,371	0,729	0,621	1,610	1,446	0,691	0,546	1,831
10°		1,210	0,827	0,760	1,316	1,285	0,778	0,685	1,460	1,360	0,735	0,610	1,640	1,435	0,697	0,535	1,870
15°		1,191	0,840	0,741	1,350	1,266	0,790	0,666	1,502	1,341	0,746	0,591	1,692	1,416	0,706	0,516	1,938
20°		1,165	0,859	0,715	1,400	1,240	0,807	0,640	1,563	1,315	0,761	0,565	1,771	1,390	0,720	0,490	2,042
25°		1,131	0,884	0,681	1,468	1,206	0,829	0,606	1,649	1,281	0,780	0,531	1,882	1,356	0,737	0,456	2,192
30°		1,091	0,917	0,641	1,560	1,166	0,858	0,566	1,767	1,241	0,806	0,491	2,037	1,316	0,760	0,416	2,404
35°		1,044	0,958	0,594	1,684	1,119	0,893	0,519	1,926	1,194	0,837	0,444	2,251	1,269	0,788	0,369	2,709
40°		0,991	1,009	0,541	1,848	1,066	0,938	0,466	2,146	1,141	0,876	0,391	2,558	1,216	0,822	0,316	3,165
45°		0,932	1,073	0,482	2,074	1,007	0,993	0,407	2,456	1,082	0,924	0,332	3,011	1,157	0,864	0,257	3,890
50°		0,868	1,152	0,418	2,393	0,943	1,061	0,343	2,917	1,018	0,983	0,268	3,734	-	-	-	-
55°		0,799	1,252	0,349	2,869	0,874	1,145	0,274	3,655	-	-	-	-	-	-	-	-
60°		0,725	1,379	0,275	3,636	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tra bảng: $K_1 = \cos \varphi + m_i$

$$K_2 = \frac{1}{\cos \varphi + m_i}$$

$K_3 = \cos \varphi - m_i$

$$K_4 = \frac{1}{\cos \varphi - m_i}$$

Bảng 2. Bảng giá trị của $0,5b\sin\varphi$

Đơn vị: cm

φ $\sin\varphi$ $0,5b$	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
	0,0872	0,1736	0,2588	0,3420	0,4226	0,5000	0,5736	0,6428	0,7071	0,7660	0,8192	0,8660
75	7	13	19	26	32	38	43	48	53	57	61	65
100	9	17	26	34	42	50	57	64	71	77	82	87
125	11	22	32	43	53	63	72	80	88	96	102	108
150	13	26	39	51	63	75	86	96	106	115	123	130
175	15	30	45	60	74	88	100	112	124	134	143	152
200	17	35	52	68	85	100	115	129	141	153	164	173
225	20	39	58	77	95	113	129	145	159	172	184	195
250	22	43	65	86	106	125	143	161	177	192	205	217
275	24	48	71	94	116	138	158	177	194	211	225	238
300	26	52	78	103	127	150	172	193	212	230	246	260
325	28	56	84	111	137	163	186	209	230	249	266	281
350	31	61	91	120	148	175	201	225	247	268	287	303
375	33	65	97	128	158	188	215	241	265	287	307	325
400	35	69	104	137	169	200	229	257	283	306	328	346

Chú thích: Khi chiều dài b của đá vữa không phải là số tròn thì có thể nội suy.

Bảng 3. Bảng giá trị của $H_d = \frac{b \sin \phi}{m}$ ($m = 1,5$)

Đơn vị: cm

ϕ b	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
150	9	17	26	34	42	50	57	64	71	77	82	87
200	12	23	35	46	56	67	76	86	94	102	109	115
250	15	29	43	57	70	83	96	107	118	128	137	144
300	17	35	52	68	85	100	115	129	141	153	164	173
350	20	41	60	80	99	117	134	150	165	179	191	202
400	23	46	69	91	113	133	153	171	189	204	218	231
450	26	52	78	103	127	150	172	193	212	230	246	260
500	29	58	86	114	141	167	191	214	236	255	273	289
550	32	64	95	125	155	183	210	236	259	281	300	318
600	35	69	104	137	169	200	229	257	283	306	328	346
650	38	75	112	148	183	217	249	279	306	332	355	375
700	41	81	121	160	197	233	268	300	330	357	382	404
750	44	87	129	171	211	250	287	321	354	383	410	433
800	47	93	138	182	225	267	306	343	377	409	437	462

Chú thích: 1) Nếu chiều dài của đá vữa b không phải là số chẵn, có thể nội suy;
 2) H_d là chênh cao của tường cánh lớn và nhỏ.

Bảng 4. Trị số của $\sin\varphi i_2$

$\varphi \backslash i_2$	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
5°	0,001	0,002	0,003	0,003	0,004	0,005	0,006	0,007	0,008
10°	0,002	0,003	0,005	0,007	0,009	0,010	0,012	0,014	0,016
15°	0,003	0,005	0,008	0,010	0,013	0,016	0,018	0,021	0,023
20°	0,003	0,007	0,010	0,014	0,017	0,021	0,024	0,027	0,031
25°	0,004	0,008	0,013	0,017	0,021	0,025	0,030	0,034	0,038
30°	0,005	0,010	0,015	0,020	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045
35°	0,006	0,011	0,017	0,023	0,029	0,034	0,040	0,046	0,052
40°	0,006	0,013	0,019	0,026	0,032	0,039	0,045	0,051	0,058
45°	0,007	0,014	0,021	0,028	0,035	0,042	0,049	0,057	0,064
50°	0,008	0,015	0,023	0,031	0,038	0,046	0,054	0,061	0,069
55°	0,008	0,016	0,025	0,033	0,041	0,049	0,057	0,066	0,074
60°	0,009	0,017	0,026	0,035	0,043	0,052	0,061	0,069	0,078

Bảng 5. Trị số $\sin\varphi i_2 m$ ($m = 1,5$)

$\varphi \backslash i_2$	1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%
5°	0,001	0,003	0,004	0,005	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012
10°	0,003	0,005	0,008	0,010	0,013	0,016	0,018	0,021	0,023
15°	0,004	0,008	0,012	0,016	0,019	0,023	0,027	0,031	0,035
20°	0,005	0,010	0,015	0,021	0,026	0,031	0,036	0,041	0,046
25°	0,006	0,013	0,019	0,025	0,032	0,038	0,044	0,051	0,057
30°	0,008	0,015	0,023	0,030	0,038	0,045	0,053	0,060	0,068
35°	0,009	0,017	0,026	0,034	0,043	0,052	0,060	0,069	0,077
40°	0,010	0,019	0,029	0,039	0,048	0,058	0,067	0,077	0,087
45°	0,011	0,021	0,032	0,042	0,053	0,064	0,074	0,085	0,095
50°	0,011	0,023	0,034	0,046	0,057	0,069	0,080	0,092	0,103
55°	0,012	0,025	0,037	0,049	0,061	0,074	0,086	0,098	0,111
60°	0,013	0,026	0,039	0,052	0,065	0,078	0,091	0,104	0,117

6. Bảng chiều dài cống giao thẳng góc

Thuyết minh:

1) Bảng này thích hợp với $B = 750\text{cm}$, $m = 1.5$, không siêu cao, mở rộng.

2) Bảng này được tính theo công thức $L_{l,d} = \frac{0,5B + 1,5(H - h)}{1 \pm 1,5i_o}$

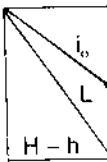
3) $H - h$ trong bảng cách nhau 5cm, nếu cách nhau dưới 5cm thì dựa theo bảng dưới đây để hiệu chỉnh.

$H - h$ (cm)	Tri số hiệu chỉnh L_l	Tri số hiệu chỉnh L_d
1	1	2
2	3	3
3	4	5
4	6	6

Bảng 6

$\begin{matrix} i_o \\ L \\ H - h \end{matrix}$	1%		2%		3%		4%		5%	
	L_l	L_d	L_l	L_d	L_l	L_d	L_l	L_d	L_l	L_d
10	384	396	379	402	373	408	368	415	363	422
15	392	404	386	410	380	416	375	423	370	430
20	399	411	393	418	388	424	382	431	377	438
25	406	419	401	426	395	432	389	439	384	446
30	414	426	408	433	402	440	396	447	391	454
35	421	434	415	441	409	448	403	455	398	462
40	428	442	422	448	416	455	410	463	405	470
45	436	449	430	456	423	463	417	471	412	478
50	443	457	437	464	431	471	425	479	419	486
55	451	464	444	472	438	479	432	487	426	495
60	458	472	451	479	445	487	439	495	433	503
65	466	480	459	487	452	495	446	503	440	511
70	473	487	466	495	459	503	453	511	447	519
75	480	495	473	503	467	510	460	519	453	527
80	488	503	481	510	474	518	467	527	460	535
85	495	510	489	518	481	526	474	535	467	543
90	502	518	495	526	488	534	481	543	474	551

Bảng 6 (tiếp theo)

	1%		2%		3%		4%		5%	
	L_1	L_d	L_1	L_d	L_1	L_d	L_1	L_d	L_1	L_d
95	510	525	562	534	495	542	488	551	481	559
100	517	533	510	541	502	550	495	559	488	568
105	525	541	517	549	510	558	502	566	495	576
110	532	548	524	557	517	565	509	574	502	584
115	539	556	532	564	524	573	517	582	509	592
120	547	563	539	572	531	581	524	590	516	600
125	554	571	546	580	538	589	531	598	523	608
130	562	579	553	588	545	597	538	606	530	616
135	569	586	561	595	553	605	545	614	537	624
140	576	594	568	603	560	613	552	622	544	632
145	584	602	575	611	567	620	559	630	551	641
150	591	609	583	619	574	628	566	638	558	649
155	599	617	590	626	581	636	573	646	565	657
160	606	624	597	634	589	644	580	654	572	665
165	613	632	604	642	596	652	587	662	579	673
170	621	640	612	649	603	660	594	670	586	681
175	628	647	619	657	610	668	601	678	593	689
180	635	655	626	665	617	675	608	686	600	697
185	643	662	633	673	624	683	616	694	607	705
190	650	670	641	680	632	691	623	702	614	714
195	658	678	648	688	639	699	630	710	621	722
200	665	685	655	696	646	707	637	718	628	730
205	672	693	663	704	653	715	644	726	635	738
210	680	701	670	711	660	723	651	734	642	746
215	687	708	677	719	667	730	658	742	649	754
220	695	716	684	727	675	738	665	750	656	762
225	702	723	692	735	682	746	672	758	663	770
230	709	731	699	742	689	754	679	766	670	778
235	727	739	706	750	696	762	686	774	677	786
240	724	746	714	758	703	770	693	782	684	795

Bảng 6 (tiếp theo)

$\begin{array}{c} i_0 \\ L \\ H - h \end{array}$	1%		2%		3%		4%		5%	
	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d
245	732	754	721	765	711	777	700	790	691	803
250	739	761	728	773	718	785	708	798	698	811
255	746	769	735	781	725	793	715	806	705	819
260	754	777	743	789	732	801	722	814	712	827
265	761	784	750	796	739	809	729	822	719	835
270	768	792	757	804	746	817	736	830	726	843
275	776	799	765	812	754	825	743	838	733	851
280	783	807	772	820	761	832	750	846	740	859
285	791	815	779	827	768	840	757	854	747	868
290	798	822	786	835	775	848	764	862	753	877
295	805	830	794	843	782	856	771	870	760	884
300	813	838	801	851	789	864	778	878	767	892
305	820	845	808	858	797	872	785	886	774	900
310	828	853	816	866	804	880	792	894	781	908
315	835	860	823	874	811	887	800	902	788	916
320	842	868	830	881	818	895	807	910	795	924
325	849	876	837	889	825	903	814	918	802	932
330	857	883	845	897	833	911	821	926	809	941
335	865	891	852	905	840	919	828	934	816	949
340	872	898	859	912	847	927	835	941	823	957
345	879	906	867	920	854	935	842	949	830	965
350	887	914	874	928	861	942	849	957	837	973
355	894	921	881	936	868	950	856	965	844	981
360	901	929	888	943	876	958	863	974	851	989
365	909	937	896	951	883	966	870	982	858	997
370	916	944	903	959	890	974	877	989	865	1005
375	924	952	910	967	897	982	884	997	872	1014
380	931	959	917	974	904	990	892	1005	879	1022
385	938	967	925	982	911	997	899	1013	886	1030

Bảng 6 (tiếp theo)

$\begin{array}{c} i_0 \\ \swarrow \\ L \\ \searrow \\ H - h \end{array}$	1%		2%		3%		4%		5%	
	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d
390	946	975	932	990	919	1005	906	1021	893	1038
395	953	982	939	997	926	1013	913	1029	900	1046
400	961	990	947	1005	933	1021	920	1037	907	1054
405	968	997	954	1013	940	1029	927	1045	914	1062
410	975	1005	961	1021	947	1037	934	1053	921	1070
415	983	1013	968	1028	955	1045	941	1061	928	1078
420	990	1020	976	1036	962	1052	948	1069	935	1088
425	998	1028	983	1044	969	1060	955	1077	942	1095
430	1005	1036	990	1052	976	1068	962	1085	949	1103
435	1012	1043	998	1059	983	1076	969	1093	956	1111
440	1020	1051	1005	1067	990	1084	976	1101	963	1119
445	1027	1058	1012	1075	998	1092	983	1109	970	1127
450	1034	1066	1019	1082	1005	1099	991	1117	977	1135
455	1042	1074	1027	1090	1012	1107	998	1125	984	1143
460	1049	1081	1034	1098	1019	1115	1005	1133	991	1151
465	1057	1089	1041	1106	1026	1123	1012	1141	998	1159
470	1064	1096	1049	1113	1033	1131	1019	1149	1005	1168
475	1071	1104	1056	1121	1041	1139	1026	1157	1012	1176
480	1079	1112	1063	1129	1048	1147	1033	1165	1019	1184
485	1086	1119	1070	1137	1055	1154	1040	1173	1026	1192
490	1094	1127	1078	1144	1062	1162	1047	1181	1033	1200
495	1101	1132	1085	1152	1069	1170	1054	1189	1040	1209
500	1108	1142	1092	1160	1077	1178	1061	1197	1047	1216
505	1116	1150	1100	1168	1084	1186	1068	1206	1054	1225
510	1123	1157	1107	1175	1091	1194	1075	1213	1060	1232
515	1131	1165	1115	1184	1099	1202	1083	1221	1068	1241
520	1138	1172	1122	1191	1105	1209	1089	1229	1074	1249
525	1146	1180	1129	1199	1113	1218	1097	1237	1082	1257
530	1152	1188	1136	1206	1120	1225	1103	1245	1088	1265

Bảng 6 (tiếp theo)

$\begin{matrix} i_0 \\ L \\ H-h \end{matrix}$	1%		2%		3%		4%		5%	
	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d	L_t	L_d
535	1160	1196	1144	1215	1127	1233	1111	1253	1096	1273
540	1167	1203	1151	1222	1134	1241	1117	1261	1102	1281
545	1175	1211	1158	1230	1142	1249	1125	1269	1109	1290
550	1182	1218	1165	1237	1148	1256	1132	1277	1116	1297
555	1190	1226	1173	1245	1156	1265	1139	1285	1123	1306
560	1197	1233	1180	1253	1163	1272	1146	1293	1130	1313
565	1205	1241	1188	1261	1170	1280	1153	1301	1137	1322
570	1212	1248	1194	1268	1177	1288	1160	1309	1144	1330
575	1219	1257	1202	1276	1185	1296	1167	1317	1151	1338
580	1226	1264	1209	1284	1191	1304	1174	1325	1158	1346
585	1234	1272	1217	1299	1192	1312	1182	1333	1165	1354
590	1241	1279	1223	1292	1206	1319	1188	1341	1172	1362
595	1249	1287	1231	1307	1213	1327	1196	1349	1179	1370
600	1256	1294	1238	1315	1220	1335	1202	1357	1186	1378

Bảng 7. Giá trị chiều dài công hiệu chỉnh ΔL ($m = 1,5$)

i_0	1%			2%			3%			4%			5%		
	ΔL	ΔL_q	ΔL	ΔL_q	ΔL_t	ΔL_d	ΔL	ΔL_t	ΔL_s	ΔL	ΔL_t	ΔL_d	ΔL	ΔL_t	ΔL_d
	B														
450	- 300	- 148	- 152	- 301	- 146	- 155	- 301	- 144	- 157	- 301	- 141	- 160	- 302	- 140	- 162
650	- 100	- 49	- 51	- 101	- 49	- 52	- 100	- 48	- 52	- 100	- 47	- 53	- 101	- 47	- 54
750	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
850	+ 100	+ 49	+ 51	+ 101	+ 49	+ 52	+ 100	+ 48	+ 52	+ 100	+ 47	+ 53	+ 101	+ 47	+ 54
1000	+ 250	+ 123	+ 127	+ 250	+ 121	+ 129	+ 251	+ 120	+ 131	+ 251	+ 118	+ 133	+ 251	+ 116	+ 135
1200	+ 450	+ 222	+ 228	+ 450	+ 218	+ 232	+ 451	+ 215	+ 236	+ 451	+ 212	+ 239	+ 452	+ 209	+ 243

Chú thích: $\Delta L_{t_1} = \frac{1}{1 + m_{i_0}} (0,5\Delta B)$; $\Delta L_{t_d} = \frac{1}{1 - m_{i_0}} (0,5\Delta B)$; $\Delta L = \Delta L_t + \Delta L_{t_d}$

Khi $B = 750 + \Delta B$, trị số chiều dài công tra ở bảng 6 phải cộng thêm các trị số ΔL_{t_d} ở bảng 7.

III. VÍ DỤ TÍNH TOÁN

Ví dụ 1: Một cống có mặt cắt ngang như hình 1, chiều rộng nền đường là 8,5m, cao độ vai đường ở vị trí cọc tim là 52,00m, cao độ tim của đáy cống là 44,25m. Nền đường đắp bằng đất rời, độ dốc mái taluy là 1:1,5. Cao độ kiến trúc của cửa vào cống là 4,70m, của cửa ra là 3,30m, độ dốc dọc cống là 3%, hãy tính chiều dài cống.

$$\begin{array}{lll} \text{Giải:} & B = 8,50\text{m} & m = 1:1,5 & i_0 = 0,03 \\ & H = 52,00 - 44,25 = 7,75 & h_1 = 4,70\text{m} & h_d = 3,30\text{m} \end{array}$$

1. Tính toán

Dùng công thức (1) và (2) tính được:

$$L_t = \frac{B_t + m(H - h_1)}{1 + mi_0}$$

$$H - h_1 = 7,75 - 4,70 = 3,05\text{m}$$

Tra bảng 1: $\frac{1}{1 + mi_0} = 0,957$

$$L_t = (4,25 + 1,5 \times 3,05) \times 0,957 = 8,83 \times 0,957 = 8,45\text{m}$$

$$L_d = \frac{B_d + m(H - h_d)}{1 - mi_0}$$

$$H - h_d = 7,75 - 3,30 = 4,45\text{m}$$

Tra bảng 1: $\frac{1}{1 - mi_0} = 1,047$

$$L_d = (4,25 + 1,5 \times 4,45) \times 1,047 = 10,93 \times 1,047 = 11,44\text{m}$$

Do đó: $L = L_t + L_d = 8,45 + 11,44 = 19,89\text{m}$

2. Tra bảng

Có thể trực tiếp tra các bảng 6 và 7.

Từ $H - h_1 = 3,05\text{m}$

được $L_t = 797 + 48 = 845\text{cm}$

Từ $H - h_d = 4,45\text{m}$

được $L_d = 1092 + 52 = 1144\text{cm}$

$$L = L_t + L_d = 845 + 1144 = 1989\text{cm}.$$

Ví dụ 2: Các số liệu đã cho như ví dụ 1, nhưng là cống vòm đá 1 – 3m, tim cống giao với tim đường một góc 45°, nền đường mở rộng 0,4m, độ dốc siêu cao là 4%, ngược với hướng của độ dốc dọc cống, tường chữ bát có góc căng là 30°, độ dốc dọc nền đường của đoạn này là 7%. Điểm thấp của dốc dọc gần với phía thượng lưu, cửa cống thẳng.

Hãy tính chiều dài cống không xét đến và có xét đến ảnh hưởng của độ dốc dọc nền đường.

Giải $\varphi = 45^\circ \quad \omega = 0,40 \quad i_1 = 0,04 \quad i_2 = 0,07$

Chiều dài đá vữa $b = 3,00 + (0,46 \times 2) + (0,04 \times 2) = 4,00\text{m}$ (lấy tròn số)

Theo công thức (16) $B_t = 0,5B + W = 4,25 + 0,40 = 4,65\text{m}$

(15) $B_d = 0,5B = 4,25\text{m}$

(18) $H_t = H - Wi_1 = 7,75 - 0,4 \times 0,04 = 7,73\text{m}$

(17) $H_d = H + Bi_1 = 7,75 + 8,5 \times 0,04 = 8,09\text{m}$

$H_t - h_t = 7,73 - 4,70 = 3,03\text{m}$

$H_d - h_d = 8,09 - 3,30 = 4,79\text{m}$

1. Không xét đến ảnh hưởng của độ dốc dọc nền đường

Theo công thức (5) và (6), sử dụng các bảng 1 và 2 để tính

$$L_t = \frac{B_t + m(H_t - h_t) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi + m i_o}$$

$$= [4,65 + (1,5 \times 3,03) - 1,41] \times 1,329$$

$$= 7,79 \times 1,329 = 10,35\text{m}$$

$$L_d = \frac{B_d + m(H_d - h_d) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi - m i_o}$$

$$= [4,25 + (1,5 \times 4,79) - 1,41] \times 1,51$$

$$= 10,02 \times 1,51 = 15,15\text{m}$$

2. Có xét đến ảnh hưởng của độ dốc dọc nền đường

Điểm thấp của độ dốc dọc nền đường phần phía thượng lưu, dựa theo các công thức 5, 6, 10, 11 để tính, đồng thời theo các bảng từ 1 ÷ 5, được:

$$L_t = \frac{B_t + m(H_t - h_t) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi + m i_o + \sin \varphi i_2 m}$$

$$= \frac{1,79}{0,752 + 0,074} = \frac{7,79}{0,826} = 9,43\text{m}$$

$$L_d = \frac{B_d + m(H_d - h_d) - 0,5b \sin \varphi}{\cos \varphi - m i_o - \sin \varphi i_2 m}$$

$$= \frac{10,03}{0,662 - 0,074} = \frac{10,03}{0,588} = 17,06\text{m}$$

Chênh cao độ của cửa cống thượng, hạ lưu với cọc vị trí cống tính theo công thức (9); sử dụng bảng 4 tra được $\sin \varphi i_2 = 0,049$.

Trị số hạ thấp ở thượng lưu $\Delta H = L_1 \sin \varphi_2 = 9,43 \times 0,049 = 0,46$

Trị số tăng cao ở hạ lưu $\Delta H = L_2 \sin \varphi_2 = 17,06 \times 0,049 = 0,84$.

Đất đắp trên mặt đỉnh tường cánh nhỏ ở cửa cống:

$$hF_l = H_1 - h_1 - \Delta H = 7,73 - 4,70 - 0,46 = 2,57\text{m}$$

$$hF_d = H_d - h_d + \Delta h = 8,09 - 3,30 + 0,04 = 5,63\text{m}$$

Từ công thức (7) và sử dụng bảng 3 tìm được $H_d = \frac{b \sin \varphi}{m} = 1,89\text{m} < 2,57$ và

5,63m cho nên có thể thấy là chiều cao của mặt đỉnh tường cánh lớn ở hạ lưu đều thấp hơn vai đường.

Từ ví dụ trên có thể thấy với cống chéo, ảnh hưởng của việc xét đến độ dốc dọc của nền đường đối với chiều dài cống là rất lớn, cho nên trong thực tế không thể bỏ qua được.

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
LỜI NÓI ĐẦU	3
Chương I. KHẢO SÁT CẦU NHỎ VÀ CỐNG	5
1.1. Khảo sát thủy văn	5
1.2. Công tác đo đạc vị trí cầu cống	10
1.3. Các nội dung đo đạc điều tra khác	11
Chương II. TÍNH TOÁN LƯU LƯỢNG	13
2.1. Xác định lưu lượng theo các phương pháp đơn giản của Liên Xô cũ	13
2.2. Xác định lưu lượng thiết kế theo "quy trình tính dòng chảy lũ do mưa rào ở lưu vực nhỏ" của viện thiết kế giao thông, 1979	18
2.3. Phương pháp hình thái	26
2.4. Tính lưu lượng bằng phương pháp so sánh trực tiếp	35
Chương III. PHÂN LOẠI CỐNG, CHỌN KIỂU CỐNG VÀ BỐ TRÍ CỐNG	42
3.1. Khái niệm về cống, phân loại cống	42
3.2. Chọn loại cống	44
3.3. Bố trí cống	45
3.4. Bố trí cửa cống	49
Chương IV. TÍNH TOÁN THỦY LỰC CỐNG, CẦU NHỎ	59
4.1. Tính khẩu độ cống, cầu nhỏ có xét đến tích nước trước công trình	59
4.2. Tính toán khẩu độ cầu nhỏ	65
4.3. Tính toán khẩu độ cống	80
4.4. Tính toán cống xi phong	107
4.5. Đường tràn	111
4.6. Tính toán thủy lực các công trình thoát nước ở miền núi	119
4.7. Chống xói lở ở hạ lưu cống, cầu nhỏ	146

Chương V. THIẾT KẾ KẾT CẤU CỐNG	153
5.1. Nguyên lý thiết kế kết cấu cống	153
5.2. Phương pháp tính toán cống tròn cứng	161
5.3. Tính toán cống bản	168
5.4. Phương pháp tính toán cống vòm	192
5.5. Móng, khe phòng lún và lớp phòng nước của cống	227
5.6. Tính toán tường cánh kiểu chữ bát	230
Chương VI. TÍNH TOÁN KẾT CẤU CẦU BÀN MỖ NHẹ	235
6.1. Tính kết cấu nhịp	235
6.2. Tính móng nhẹ	245
CÁC PHỤ LỤC	
Phụ lục 1. Lượng mưa ngày ứng với tần suất thiết kế (Chương II)	248
Phụ lục 2. Các hàm số hypebolic và hàm số lượng giác để tính toán móng nhẹ (Chương V)	249
Phụ lục 3. Các bảng dùng để tính toán kết cấu cống theo ứng suất cho phép (Chương V)	255
Phụ lục 4. Tính chiều dài cống	287

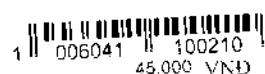
NHÀ XUẤT BẢN GIAO THÔNG VẬN TẢI

80B Trần Hưng Đạo – Hà Nội

ĐT: 9423345 - FAX: 8224784

TÌM ĐỌC

- TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐƯỜNG Ô TÔ
- TIÊU CHUẨN KHẢO SÁT ĐƯỜNG Ô TÔ
- TIÊU CHUẨN KỸ THUẬT THI CÔNG VÀ NGHIỆM THU NỀN MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ
- THIẾT KẾ NỀN MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ
- THIẾT KẾ ĐƯỜNG Ô TÔ - TẬP II
- THIẾT KẾ TUYẾN ĐƯỜNG Ô TÔ CAO TỐC
- XÂY DỰNG MẶT ĐƯỜNG Ô TÔ
- XÂY DỰNG NỀN ĐƯỜNG Ô TÔ
- TỔ CHỨC THI CÔNG ĐƯỜNG Ô TÔ



Giá: 45.000đ